



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO EN FITOSANIDAD
ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

ANÁLISIS DE RIESGO DEL ESCARABAJO AMBROSÍA DEL LAUREL
(*Xyleborus glabratus* Eichhoff.) COMO UNA PLAGA POTENCIAL
PARA EL CULTIVO DE AGUACATE
(*Persea americana* Mill.)

DANIELA ALEJANDRA BOCANEGRA FLORES

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO

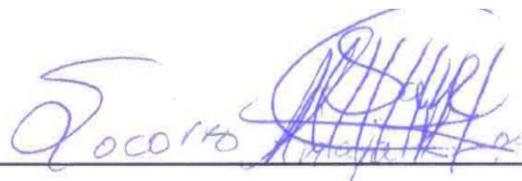
2012

Laurel (*Xyleborus glabratus* Eichhoff.) como una plaga potencial para el cultivo de aguacate (*Persea americana* Mill.) en México", realizada por la alumna **Daniela Alejandra Bocanegra Flores**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRA EN CIENCIAS
FITOSANIDAD
ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA**

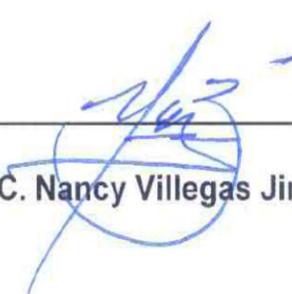
CONSEJO PARTICULAR:

CONSEJERO: _____



Dra. Socorro Anaya Rosales

ASESOR: _____



M en C. Nancy Villegas Jiménez

ASESOR: _____



Dr. Samuel Ramírez Alarcón

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Julio de 2012.

ANÁLISIS DE RIESGO DEL ESCARABAJO AMBROSÍA DEL LAUREL (*Xyleborus glabratus* Eichhoff.) COMO UNA PLAGA POTENCIAL PARA EL CULTIVO DE AGUACATE (*Persea americana* Mill.)

RESUMEN

La detección de una nueva enfermedad en el Continente Americano concretamente en el sureste de los Estados Unidos de América (EUA), se ha denominado como “Laurel wilt”. Es ocasionada por el hongo *Raffaelea lauricola* (T.C. Harr., Aghayeva, y Fraedrich.), introducida a EUA en madera sólida de embalaje, junto con su vector natural *Xyleborus glabratus* [Eichhoff.] (Curculionidae: Scolytinae: Scolytini), ambos plagas nativas del sureste asiático en árboles de la familia Lauraceae. En los EUA este complejo plaga-patógeno, a partir de su introducción, ha ocasionado cuantiosas pérdidas ambientales y económicas superiores al 80 % en áreas naturales con laurel rojo (*Persea borbonia* L.). En el año 2010, se reportó la incidencia del complejo en el cultivo de aguacate (*Persea americana* Mill.) en el estado de Florida, con estimación de pérdidas económicas potenciales a esta industria. El objetivo del presente documento es proporcionar información respecto a la biología, desarrollo y distribución del complejo causal de la enfermedad, con la finalidad de determinar el estatus fitosanitario en México. Con el objeto de determinar el nivel de riesgo que implica la introducción, del complejo causal del Laurel wilt, se realizó el estudio del Análisis de Riesgo por Plaga (ARP) de acuerdo a lo establecido en el estándar internacional contenido en la Norma Internacional para Medidas Fitosanitarias (NIMF) No. 11, de la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (CIPF); como resultado se concluye que el complejo *Xyleborus glabratus-Raffaelea lauricola* son plagas cuarentenarias para México, con alto potencial de ocasionar importantes pérdidas económicas, por lo cual se determinan como de Riesgo alto. Se recomienda que el complejo sea incorporado al Programa Nacional de Plagas Bajo Vigilancia Epidemiológica, del Sistema Nacional de Vigilancia Fitosanitaria (SINAVEF), de la Dirección General de Sanidad Vegetal (DGSV) del SENASICA/SAGARPA como una plaga a vigilar.

Palabras Clave: Laurel wilt, *Raffaelea lauricola*, *Xyleborus glabratus*, *Persea americana*, *Persea borbonia*, plaga cuarentenaria.

RISK ANALYSIS OF THE AMBROSIA BEETLE (*Xyleborus glabratus* Eichhoff.) AS A POTENTIAL PEST FOR AVOCADO CROP (*Persea americana* Mill.)

ABSTRACT

The detection of a new disease in the Americas specifically in the southeastern United States of America (USA), has been called "Laurel wilt." It is caused by the fungus *Raffaelea lauricola* (TC Harr., Aghayeva, and Fraedrich.), Introduced to the United States in solid wood packaging, together with the natural vector *Xyleborus glabratus* [Eichhoff.] (Curculionidae: Scolytinae: Scolytini), both native pests in trees in Southeast Asia Lauraceae family. In the U.S. this pest-pathogen complex, since its introduction, has caused environmental and economic losses of over 80% in natural areas with red bay (*Persea borbonia* L.). In 2010, the incidence was reported in growing complex of avocado (*Persea americana* Mill) in the state of Florida, with estimated potential economic losses to the industry. The aim of this paper is to provide information regarding the biology, development and distribution of the causative complex, in order to determine the phytosanitary status in Mexico. In order to determine the level of risk involved in the introduction, the complex causal Laurel wilt, the study was conducted by the Pest Risk Analysis (PRA) in accordance with the provisions of the international standard contained in the International Standard for Measures phytosanitary Measures (ISPM) No. 11 of the International Plant Protection Convention (IPPC), as a result it is concluded that the complex *Xyleborus glabratus-Raffaelea lauricola* are quarantined for Mexico, with high potential to cause significant economic losses, which are determined as high risk. It is recommended that the complex is incorporated into the National Pest Under Epidemiological Surveillance, National Surveillance System Plant (SINAVEF) of the Plant Health Directorate (DGSV) SENASICA / SAGARPA as a pest to watch.

Additional key words: Laurel wilt, *Raffaelea lauricola*, *Xyleborus glabratus*, *Persea americana*, *Persea borbonia*, quarantine pest.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y al pueblo de México, por la contribución mediante sus impuestos subsidiaron mis estudios de Maestría en Ciencias.

Al Colegio de Postgraduados, por ser el centro de mi enseñanza y permitirme formarme en sus aulas y laboratorios.

Al Departamento de Análisis de Riesgo de la Dirección General de Sanidad Vegetal (DGSV) del SENASICA/SAGARPA, por permitirme desarrollar este tema de investigación y con ello colaborar con la protección fitosanitaria de México.

Al Laboratorio de Análisis y Referencia en Sanidad Forestal (LARSF) de la Dirección General de Gestión Forestal y Suelos (DGGFS) de la SEMARNAT, por su colaboración en la investigación.

Al PhD James L. Hanula y PhD Scott Horn del USDA-Forestry Service, EUA., por el envío del material biológico del Estado de Georgia, que formará parte de las colecciones entomológicas del Colegio de Postgraduados y del Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria de la DGSV-SAGARPA.

Al grupo de especialistas del Plant Epidemiology and Risk Analysis Laboratory (PERAL): PhD. Robert L. Griffin, PhD. Stephanie Bloem, PhD. Walter Gutiérrez, PhD. Anthony Koop, M. C. Ignacio Báez, PhD. Alison Neely y Lucy Reid, por su tutoría durante mi estancia en las oficinas del APHIS, en North Carolina, USA, además por comentarios, aportaciones y orientación en este trabajo.

Al M en C. Jorge Valdéz Carrasco profesor del Instituto de Fitosanidad de Colegio de Postgraduados, por el apoyo en las imágenes del presente trabajo.

A la Profesora Amalia Pérez Valdéz por apoyarme durante mi estancia en la Universidad y fuera de ella, ayudarme en los momentos más difíciles de mi vida, sus consejos y sabias palabras las recordaré siempre, este trabajo es suyo.

A la Maestra Amelia Ojeda, por sus atinadas recomendaciones y observaciones para este trabajo, y por enseñarme que siempre hay tiempo de ayudar a los demás.

A la Dra. Socorro Anaya Rosales, por aceptar ser mi consejera, pese a los tropiezos y sin sabores, sabe que tiene todo mi respeto por ser la primera que confió en mi trabajo.

A la M en C. Nancy Villegas Jiménez, por aceptar ser mi asesora, por su apoyo y confianza, y por enseñarme que todo lo que nos propongamos lo podemos lograr, pese a los obstáculos que la vida pone en nuestro camino y porque siempre me aconseja mantener la calma.

Al Dr. Samuel Ramírez Alarcón, por su apoyo y colaboración en la realización de este trabajo.

A los miembros del jurado por sus atinadas correcciones y sugerencias.

A mis profesores del Colegio de Postgraduados que compartieron sus conocimientos y experiencias que me ayudaron a diferenciar entre lo que quiero y no quiero ser como profesionalista.

A mis amigos de siempre: Esteban, Evert, Rubén, José Manuel, David, Angélica, René, Mario, Salvador, Iván Cruz, Familia Alonso Losoyo (Gamaliel, Fabiola y David Alejandro) aunque estén lejos saben que tienen un lugar especial en mi corazón.

A mis compañeros de trabajo Carlos Lázaro, Gabriela Escudero, Alba Soberanes, Delia Bastida, José Luis Zapata y Berenice Juárez, por darme ánimos de cumplir con este objetivo profesional.

A mis nuevos amigos Juan Arturo Treviño (Conta), Enrique Alvarado (Quique), Julieta Castro, Iliana Callejas, Alma Rosa Peregrino, Pilar Arjona, Ricardo del Ángel y toda la Fonobanda, por permitirme conocerlos y saber que son también mi Familia.

Dra. María Mendoza Martínez y su familia, Maestro Tecoztzin Ilhuilcamina (Teco), gracias por su amistad, lealtad y sabios consejos., ¡los quiero mucho!

A las Familias Hernández Ulage (Sergio, Edith, Alexandra) y Ulage Rodríguez por su alegría y cariño que siempre me han demostrado, aún cuando tenemos poco tiempo de conocerlos.

“Existen personas en nuestras vidas que nos hacen felices por la simple casualidad de haberse cruzado en nuestro camino... (Jorge Luis Borges)”

DEDICATORIA

A mis Padres

Daniel Bocanegra Medina y Magdalena Flores López por darme la vida, por apoyarme en todas mis decisiones, porque siempre están para sus hijos, porque nos han enseñado que todo en la vida requiere de sacrificios, gracias por la mejor herencia que han podido darnos: la educación.

A mis Abuelos:

Daniel Bocanegra Pérez y Teresa Medina Arrieta, ustedes saben que son mis también mis papás, gracias por su cariño y confianza.

Espiridión Flores Espinoza[†] y Justina López Alvarado[†] donde quiera que estén.

A mis Hermanos

Sara Eugenia, Maricruz, Daniel, Maricela Iveth, Omar, Jair y Erick, que siempre me animan a seguir adelante.

A mis Tíos:

Francisco, Manuel Apuleyo, María Teresa, Guadalupe Sara, por su cariño y confianza.

A mis Primos

Nataly, Mario Alejandro y Sebastián que mi trabajo sea para ustedes un estímulo para seguir adelante.

A mis Sobrinos

Celso Julián y Carla Midori, sean felices.

A Rodolfo Pérez González

Porque cuando creí que estaría sola, llegaste a mi lado, por tu comprensión en los momentos difíciles, sé que estarás conmigo ayudándome, diciéndome que no me rinda, que siempre me cuidarás, tú lo sabes este trabajo también es tuyo.

¡Todo lo que he logrado es por ustedes!

Gracias a todos

CONTENIDO

| | |
|--|-----|
| RESUMEN | iii |
| ABSTRACT | iv |
| INDICE DE CUADROS | x |
| INDICE DE FIGURAS | xi |
| 1. INTRODUCCIÓN GENERAL | 1 |
| 2. OBJETIVOS | 3 |
| 3. REVISIÓN DE LITERATURA | 3 |
| 3.1 La Regulación Internacional en materia Fitosanitaria en México. | 4 |
| 2.2 Concepto de Análisis de Riesgo de Plagas (ARP). | 4 |
| 2.3 El Análisis de Riesgo de Plagas en la regulación fitosanitaria en México. | 5 |
| 2.4 Componentes del Análisis de Riesgo de Plagas | 5 |
| 2.4.1 Etapa I: Inicio | 6 |
| 2.4.2 Etapa II Evaluación del Riesgo de Plagas | 7 |
| 2.4.3 Etapa III: Manejo del riesgo de plagas | 19 |
| 4. MATERIALES Y MÉTODO | 22 |
| 4.1 Localización | 22 |
| 4.2 Recopilación de información | 23 |
| 4.3 Fuentes de información | 23 |
| 4.4 Procesamiento de la información | 23 |
| 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 25 |
| 5.1 Etapa I: Iniciación de un Análisis de Riesgo de Plagas | 25 |
| 5.1.1 Identificación del Área de ARP | 25 |
| 5.1.2 Información técnica de los agentes causales de la Marchitez del laurel | 26 |
| 5.2 Etapa II: Evaluación del riesgo de plagas | 57 |

| | |
|---|-----------|
| 5.2.1 Categorización de una plaga | 57 |
| 5.2.2 Evaluación de la probabilidad de introducción (entrada y establecimiento) y dispersión..... | 60 |
| 5.2.3 Evaluación de los efectos económicos y ambientales | 80 |
| 5.3 Etapa III: Medidas de Mitigación | 86 |
| 6. CONCLUSIONES GENERALES | 88 |
| 7. LITERATURA CONSULTADA..... | 89 |

INDICE DE CUADROS

| | |
|---|-----------|
| Cuadro 1: Distribución geográfica de <i>R. lauricola</i> en Estados Unidos de Norteamérica..... | 37 |
| Cuadro 2. Producción de aguacate (<i>Persea americana</i> var. Hass) en México..... | 75 |
| Cuadro 3. Principales municipios productores de aguacate var. Hass en el estado de Michoacán..... | 78 |
| Cuadro 4. Probabilidad de introducción y establecimiento de <i>Xyleborus glabratus</i> en México..... | 83 |
| Cuadro 5. Resumen de las probabilidades de impacto para <i>Xyleborus glabratus</i> en evaluación..... | 83 |
| Cuadro 6. Riesgo identificado para <i>Xyleborus glabratus</i> en evaluación.... | 84 |
| Cuadro 7. Nivel de incertidumbre detectado en el análisis de riesgo de <i>Xyleborus glabratus</i> para México..... | 85 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|---|-----------|
| Figura 1. Vista dorsal y lateral de la hembra de <i>Xyleborus glabratus</i> , Foto tomada por Jorge Valdés Carrasco-Colegio de Postgraduados, 2012..... | 27 |
| Figura 2. Declive elitral de la hembra de <i>Xyleborus glabratus</i> , Foto tomada por Jorge Valdés Carrasco-Colegio de Postgraduados, 2012..... | 27 |
| Figura 3. Vista lateral de la hembra adulta de <i>Xyleborus glabratus</i> ,. Foto tomada por Jorge Valdés Carrasco-Colegio de Postgraduados, 2012..... | 29 |
| Figura 4. Vista dorsal del pronoto de la hembra de <i>Xyleborus glabratus</i> , tomado Foto tomada por Jorge Valdés Carrasco-Colegio de Postgraduados, 2012..... | 29 |
| Figura 5. Margen anterior del pronoto de una hembra de <i>Xyleborus glabratus</i> , Foto tomada por Jorge Valdés Carrasco-Colegio de Postgraduados, 2012..... | 30 |
| Figura 6. Vista lateral del macho adulto de <i>Xyleborus glabratus</i> , tomado de Mann <i>et al.</i> , (2011)..... | 30 |
| Figura 7. Huevos de <i>Xyleborus glabratus</i> , en una galería hecha por hembras, tomado de Mann <i>et al.</i> , (2011)..... | 31 |
| Figura 8. Larvas de <i>Xyleborus glabratus</i> , en una galería hecha por hembras, tomado de Mann <i>et al.</i> , (2011)..... | 31 |
| Figura 9. Adultos recién emergidos (presentan exoesqueleto poco esclerosado) y exuvias de pupas de <i>Xyleborus glabratus</i> | 32 |
| Figura 10. Conidióforos y conidios de <i>Raffaelea lauricola</i> , Arriba, foto de Harrington <i>et al.</i> , 2008. Abajo, foto: Freadrich <i>et al.</i> , 2008..... | 33 |
| Figura 11. Colonias de <i>Raffaelea lauricola</i> . Foto: Freadrich <i>et al.</i> , 2008..... | 34 |
| Figura 12. Distribución mundial del complejo <i>Raffaelea lauricola</i> - <i>Xyleborus glabratus</i> . Fuente: DARP, 2012..... | 36 |
| Figura 13. Distribución de los condados con la enfermedad de la marchitez del laurel sobre <i>Persea borbonia</i> (laurel rojo), desde la detección inicial al año 2011 (USDA, Centro Nacional de Información de Especies Invasoras: Laurel Wilt)..... | 37 |
| Figura 14. Número promedio de escarabajos <i>X. glabratus</i> y <i>X. crassiusculus</i> capturados en trampas de luz, colocadas en árboles de laurel rojo en Hunting Island State Park, South Carolina (Hanula <i>et al.</i> , 2008). | 40 |

| | |
|--|-----------|
| Figura 15. Estructuras del aparato bucal de <i>X. glabratus</i> llamadas micangios donde se almacenan las esporas de <i>R. lauricola</i> , foto de Myke Ulishen..... | 43 |
| Figura 16. Galerías de los escarabajos de ambrosía en el laurel rojo (Jonhson, 2005)..... | 44 |
| Figura 17: Ciclo de la enfermedad marchitez del laurel (<i>Raffaelea lauricola</i>) tomado de Hughes y Mayfield (2009)..... | 45 |
| Figura 18. Tapones pequeños de viruta compactada sobresalen de los pequeños agujeros taladrados a lo largo de troncos y ramas. Crédito de fotografía: cortesía de Albert Mayfield, Florida Department of Agriculture and Consumer Services..... | 47 |
| Figura 19. Signos de infestación severa de <i>Xyleborus glabratus</i> en árboles de laurel rojo, en las que se observan los orificios de entrada de los escarabajos de ambrosía (Mayfield y Thomas, 2009)..... | 48 |
| Figura 20. Perforaciones en troncos, que muestran los sitios de entrada de las hembras adultas, se observan residuos de los tapones de viruta (Mayfield y Thomas, 2009)..... | 48 |
| Figura 21. Síntomas de la colonización del hongo causante de la marchitez del laurel rojo (<i>Raffaelea lauricola</i>): a) la eliminación de la corteza revela una coloración oscura en la albura y b) la coloración oscura en zonas más profundas de la albura indica que el árbol ha sido infestado por el escarabajo ambrosia del laurel rojo y que el leño ha sido colonizado por el hongo de la marchitez del laurel. Las hifas del hongo que ha colonizado la albura bloquean el movimiento de agua y nutrientes en el árbol. Crédito de fotografías: cortesía de Albert Mayfield, Florida Department of Agriculture and Consumer Services..... | 49 |
| Figura 22. Hojas y ramas jóvenes marchitas en aguacates infestados. Crédito de fotografía: cortesía de Jason Smith, IFAS, Department of Forestry and Conservation, Gainesville, Florida..... | 50 |
| Figura 23. Síntomas del ataque de la enfermedad de la marchitez del laurel en los bosques con laurel rojo (Johnson, 2005)..... | 50 |
| Figura 24. Distribución de la mortalidad del laurel rojo en los distritos de Carolina del Sur y Georgia en los años 2006 y 2007 (USDA-NPDRS, 2011).... | 52 |
| Figura 25. Trampa de embudo Lindgren en plantaciones de laurel rojo para el monitoreo de la actividad de vuelo de <i>Xyleborus glabratus</i> (Mayfield, 2005)..... | 53 |

| | |
|--|-----------|
| Figura 26. Trampa de embudo Lindgren cebada con aceite de manuka suspendida de un árbol de laurel rojo (<i>Persea borbonia</i>) en Miami, Florida para monitoreo de la actividad de vuelo de <i>Xyleborus glabratus</i> (Derksen, 2005)..... | 54 |
| Figura 27: Comercio internacional entre México y países del continente Asiático en el 2010, de todos los productos. Fuente: SCT (2012)..... | 61 |
| Figura 28: Comercio internacional entre México y países del continente Americano en el 2010, de todos los productos. Fuente: SCT (2012)..... | 62 |
| Figura 29. Muestras incineradas o retornadas a su origen por país en el 2005 (SEMARNAT, 2006)..... | 63 |
| Figura 30. Porcentaje de insectos y hongos de importancia forestal detectados en el material de cajas, embalajes, huacales, polines, tablas y tarimas en México en el año 2005 [sobre un total de 171 remisiones] (SEMARNAT, 2006)..... | 64 |
| Figura 31. Países de procedencia de los productos detectados con insectos y hongos de importancia cuarentenaria forestal en el año 2005 (SEMARNAT, 2006)..... | 65 |
| Figura 32. Área de distribución de <i>X. glabratus</i> en Asia y Estados Unidos (encerrada en una elipse) [Magarey <i>et al.</i> , 2008]..... | 68 |
| Figura 33. Mapa mostrando condiciones de temperaturas mínimas similares (regiones con condiciones similares se muestran en un mismo color) [Magarey <i>et al.</i> , 2008]. | 69 |
| Figura 34. Mapa con la ddistribución mundial de lauráceas, Avocado Resource..... | 70 |
| Figura 35. Distribución del género <i>Persea</i> en Estados Unidos (Floristic Synthesis of NA. 2010. BONAP. En línea: http://www.bonap.org/); a la derecha la distribución de los condados con la enfermedad de la marchitez del laurel sobre <i>Persea borbonia</i> (laurel rojo), desde la detección inicial al año 2011 (USDA, Centro Nacional de Información de Especies Invasoras: Laurel Wilt)..... | 71 |
| Figura 36. Distribución del género <i>Sassafras</i> en Estados Unidos (Floristic Synthesis of NA. 2010. BONAP. En línea: http://www.bonap.org/); a la derecha la distribución de los condados con la enfermedad de la marchitez del laurel sobre <i>Persea borbonia</i> (laurel rojo), desde la detección inicial al año 2011 (USDA, Centro Nacional de Información de Especies Invasoras: Laurel Wilt)..... | 72 |

| | |
|---|-----------|
| Figura 37. Distribución del género <i>Lindera</i> en Estados Unidos (Floristic Synthesis of NA. 2010. BONAP. En línea: http://www.bonap.org/); a la derecha la distribución de los condados con la enfermedad de la marchitez del laurel sobre <i>Persea borbonia</i> (laurel rojo), desde la detección inicial al año 2011 (USDA, Centro Nacional de Información de Especies Invasoras: Laurel Wilt)..... | 72 |
| Figura 38. Distribución del género <i>Cinnamomum</i> en Estados Unidos (Floristic Synthesis of NA. 2010. BONAP. En línea: http://www.bonap.org/); a la derecha la distribución de los condados con la enfermedad de la marchitez del laurel sobre <i>Persea borbonia</i> (laurel rojo), desde la detección inicial al año 2011 (USDA, Centro Nacional de Información de Especies Invasoras: Laurel Wilt)..... | 73 |
| Figura 39. Distribución del género <i>Litsea</i> en Estados Unidos (Floristic Synthesis of NA. 2010. BONAP. En línea: http://www.bonap.org/); a la derecha la distribución de los condados con la enfermedad de la marchitez del laurel sobre <i>Persea borbonia</i> (laurel rojo), desde la detección inicial al año 2011 (USDA, Centro Nacional de Información de Especies Invasoras: Laurel Wilt)..... | 73 |
| Figura 40. Géneros con mayor número de especies presentes en México de la Familia Lauraceae..... | 74 |
| Figura 41. Principales regiones productoras de aguacate var. Hass en México. Fuente: SINAVEF 2012..... | 76 |
| Figura 42 Rutas comerciales de transporte de aguacate michoacano (SINAVEF, 2012)..... | 77 |
| Figura 43. Matriz de riesgo para la evaluación de las probabilidades resultantes de la Etapa II del ARP, propuesto por el USDA-APHIS..... | 84 |

1. INTRODUCCIÓN GENERAL

Una nueva enfermedad en el continente Americano se ha detectado y diseminado en la parte sureste de los Estados Unidos de América (EUA), la cual ha sido bautizada como “Laurel wilt” (Marchitez del laurel por su nombre común en español). La enfermedad fue observada por primera vez en la localidad de Savannah, estado de Georgia en el año 2002 y desde entonces se ha extendido a toda la planicie baja costera de los estados de Carolina del Sur y Florida atacando árboles de laurel rojo [*Persea borbonia* (L.) Spreng.] (Fraedrich *et al.*, 2008; Harrington *et al.*, 2008) y más recientemente en el estado de Mississippi (Formby *et al.*, 2012). El vector natural, es un insecto conocido como el “escarabajo de ambrosia del laurel rojo” (Exotic redbay ambrosia beetle, por su nombre común en inglés) y cuyo nombre científico es *Xyleborus glabratus* Eichhoff (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) una plaga nativa del sureste de Asia (Fraedrich *et al.*, 2008; Rabaglia *et al.*, 2006), siendo el agente etiológico causante de la enfermedad, un hongo cuyo nombre científico es *Raffaelea lauricola*, aparentemente introducidos a EUA en madera sólida de embalaje. Como es el caso de muchos escarabajos con hábitos ambrosiales (es decir, “barrenadores” de madera de árboles vivos), las hembras de *X. glabratus* poseen en la base de su aparato bucal unas estructuras pareadas llamadas “micangios”, en donde “guardan” esporas de su simbionte, las cuales inoculan en la madera (albura) de los árboles que ataca para alimentarse (Fraedrich *et al.*, 2008).

En Asia, este complejo de plagas sólo se ha observado en árboles de la familia Lauraceae, sin ocasionar daños de importancia económica (Wood, 1992; Rabaglia, 2005), no así en los EUA donde estos simbiontes han ocasionado la pérdida de más 80% en áreas sembradas con laurel rojo (Rabaglia *et al.*, 2006; Fraedrich *et al.*, 2008; Harrington *et al.*, 2011). El impacto ecológico y económico que puede ocasionar este complejo de plagas es potencialmente devastador, ya que una vez infectado, se ha visto que la mortalidad de los árboles puede ocurrir en tan sólo seis semanas (Fraedrich *et al.*, 2008; Harrington *et al.*, 2008).

A partir de la primera detección del complejo causante de la “marchitez del laurel” en los EUA, ésta se ha adaptado con éxito al cultivo del aguacate (*Persea americana* Mill.) dañando importantes áreas (Crane *et al.*, 2008). Por esta razón en el 2011, el Gobierno Estadounidense decretó mediante la “*Presidential Direction Number 9*”, las acciones de ley para implementar el “Plan para la recuperación del ataque de Laurel wilt-avocado, ocasionada por *Raffaelea lauricola*” (USDA-NPDRS, 2011).

Con la expectativa de lo que está ocurriendo actualmente en las zonas aguacateras del estado de Florida en los EUA, así como la colección de germoplasma de aguacate del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA por sus siglas en inglés) en Miami, se estima que esta industria está en riesgo de colapso en la costa este (Mayfield *et al.*, 2008; Ploetz *et al.*, 2009; Ploetz *et al.*, 2011). En los EUA, los estados de Florida y California son los mayores productores de aguacate, los cuales contribuyen con el 9 y 90% de la producción nacional respectivamente (USDA, 2008). Al mes de septiembre del 2011, se estima que este complejo no está presente en California (Eskalen y McDonald, 2011).

La invasión de áreas comerciales de aguacate en la costa oeste de los EUA, así como en las áreas de producción comercial de México (el productor más importante a nivel mundial), puede resultar en alarmantes pérdidas económicas y sociales (Gramling, 2010). México es líder mundial en el mercado del aguacate, participó en 2009 con 27% de la superficie sembrada total; es el principal exportador con el 40% y el de mayor consumo per-cápita, con 10 kg al año. Los rendimientos por hectárea ocupan el cuarto lugar a nivel mundial (10.1 ton·ha⁻¹), por debajo de República Dominicana (19.3 ton·ha⁻¹), Colombia (16.5 ton·ha⁻¹), Brasil (12.9 ton·ha⁻¹), seguido por Chile (10 ton·ha⁻¹) y Estados Unidos e Indonesia (9.8 ton·ha⁻¹) (Secretaría de Economía. 2012).

Bajo este contexto, la importancia de *X. glabratus* radica en que fácilmente perforan aguacateros y de laureles rojos jóvenes y sanos, cuando no hay ninguna otra fuente de alimentación, además de su capacidad para transmitir al agente patógeno causante de la marchitez del laurel (*Raffaelea lauricola*) (Ragbalia, 2007).

2. OBJETIVOS

Objetivo general

Realizar el Análisis de Riesgo del escarabajo de ambrosía del laurel (*Xyleborus glabratus* Eichoff), como vector de la enfermedad de la marchitez roja del laurel (*Raffaelea lauricola*) de acuerdo a lo establecido en la en. Norma Internacional para Medidas Fitosanitarias NIMF No. 11. “Análisis de riesgo de plagas para plagas cuarentenarias, incluido el análisis de riesgos ambientales y organismos vivos modificados” (2004).

2.1 Objetivos específicos

- 2.1.1 Determinar si el vector de la enfermedad de la marchitez del laurel “Laurel wilt” *Xyleborus glabratus* cumple con la definición de plaga cuarentenaria para México, empleando la regulación internacional vigente.
- 2.1.2 Determinar el riesgo de introducción y establecimiento del escarabajo de ambrosía del laurel (*Xyleborus glabratus* Eichoff) en México.
- 2.1.3 Identificar las áreas de riesgo, tomando como referencia la distribución de hospedante (s) con importancia económica para México.

3. REVISIÓN DE LITERATURA

México se incorporó al Acuerdo General Sobre Aranceles Aduaneros y Comercio (GATT) en 1988; en el que se establecen los códigos de conducta, sobresaliendo el tema de las barreras no arancelarias, esto es, las barreras sanitarias y fitosanitarias.

Con el objetivo de que los países no apliquen medidas sanitarias o fitosanitarias injustificadas para restringir el comercio, a partir de 1995 el GATT se consolida como la Organización Mundial del Comercio (OMC) llegando a un acuerdo, en el que se establece, que la aplicación de las medidas sanitarias y fitosanitarias deben basarse en un estudio que determine los riesgos para la vida o la salud humana y para el caso de la fitosanidad, deberán basarse en un Análisis de Riesgo de Plagas (ARP) para determinar su impacto potencial en la economía del país. Al respecto, México, a través

de personal especializado oficial y de tercería, realiza cotidianamente ARP para productos vegetales que se pretenden importar desde diferentes países.

3.1 La Regulación Internacional en materia Fitosanitaria en México.

Entre los acuerdos establecidos por la OMC, está el que corresponde a la aplicación de medidas sanitarias y fitosanitarias, las cuales deben ser aplicadas para proteger la vida y la salud humana, animal o vegetal con base a los riesgos que representan las plagas de importancia cuarentenaria. Para cumplir con este objetivo en materia vegetal, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) a través de la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (CIPF), establece las directrices para la elaboración de los Análisis de Riesgo de Plagas, bajo las cuáles México se ha adherido.

Directrices para la elaboración de ARP, para los países miembros de la IPPC:

- **NIMF N° 2.** “Marco para el Análisis de Riesgo de Plagas”
- **NIMF N° 11.** “Análisis de riesgo de plagas para plagas cuarentenarias, incluido el análisis de riesgos ambientales y organismos vivos modificados”
- **NIMF N° 21.** “Análisis de riesgo de plagas para plagas no cuarentenarias reglamentadas”

3.2 Concepto de Análisis de Riesgo de Plagas (ARP).

Existen varias definiciones de lo que representa el Análisis de Riesgo de Plagas (ARP), por ejemplo:

“procedimiento internacional que permite identificar, evaluar y manejar el riesgo de plagas de interés cuarentenario, que conlleva la movilización de productos vegetales entre países o en el interior de alguno en particular” (DOF, 2007).

“proceso de evaluación de las evidencias biológicas u otras evidencias científicas y económicas para determinar si un organismo es una plaga, si debería ser reglamentado, y la intensidad de cualesquiera medidas fitosanitarias antagonista que

hayan de adoptarse contra él [NIMF n.º 2, 2007; NIMF n.º5, 2010] (interpretación convenida).

3.3 El Análisis de Riesgo de Plagas en la regulación fitosanitaria en México.

La Ley Federal de Sanidad Vegetal publicada el 5 de enero de 1994 (modificada en 2007), señala en su artículo 3º, que las medidas fitosanitarias que establezca la Secretaría serán las necesarias para asegurar el nivel adecuado de protección y calidad fitosanitaria en todo o parte del territorio nacional, para lo cual tomará en consideración el análisis de riesgo, así como las características de la zona donde se origine el problema y las de la zona a la que se destinen los vegetales. En el artículo 20, indica que las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) además de fundarse y motivarse en términos de la Ley y demás disposiciones fitosanitarias, deberán estar basadas en una evaluación de costobeneficio, que incluya un análisis de riesgo. En el artículo 24, señala que cuando el riesgo fitosanitario o la situación concreta a prevenirse no esté contemplada en una NOM específica, los interesados deberán cumplir los requisitos mínimos establecidos en las normas oficiales aplicables en situaciones generales (DOF, 2007). Esto es a través de la norma oficial NOM-006-FITO-1995, *“Por la que se establecen los requisitos mínimos aplicables a situaciones generales que deberán cumplir los vegetales, sus productos y subproductos”*, se solicita al país exportador o de origen que proporcione información fitosanitaria del producto vegetal que desea exportar, para con ello realizar el análisis de riesgo y finalmente establecer las medidas fitosanitarias que deberán aplicarse en la importación del producto. De esta manera, las medidas fitosanitarias se generan a partir de un ARP sustentado en información técnica y científica.

3.4 Componentes del Análisis de Riesgo de Plagas

Todo proceso de Análisis de Riesgo se conforma de tres etapas básicas (FAO, 1995; revisado CIPF, 1997; NIMF n.º 2, 2007; NIMF n.º5, 2010; NOM-006-FITO-1995):

- La Etapa I (inicio del proceso).
- La Etapa II (evaluación del riesgo)

- La Etapa III (manejo del riesgo).

De acuerdo a lo mencionado en la NIMF n°11 "Análisis de Riesgo de Plagas para plagas cuarentenarias, incluido el análisis de riesgos ambientales y organismos vivos modificados (2004)", tiene los siguientes componentes:

3.4.1 Etapa I: Inicio

La finalidad de la etapa inicial es identificar la plaga y vías que son de interés cuarentenario y que deberán considerarse para el análisis de riesgo en relación con el área de ARP.

El proceso de ARP puede iniciarse por tres escenarios: 1) la identificación de una vía que constituya un peligro potencial de plagas, 2) la identificación de una plaga que pueda requerir medidas fitosanitarias y 3) por la revisión de las políticas y prioridades fitosanitarias de cada país.

Los puntos de inicio se refieren con frecuencia a las "plagas". La CIPF define el término plaga como "*cualquier especie, raza o biotipo vegetal, o animal o agente patógeno dañino para las plantas o productos vegetales*" (NIMF N°5) (ver anexos al final del documento). En el caso de organismos sobre los que se carezca de suficiente evidencia de que afectan a las plantas indirectamente, puede ser apropiado efectuar una evaluación basada en la información disponible y pertinente, sobre los daños potenciales para el área de ARP, siguiendo un sistema bien documentado, congruente y transparente.

ARP iniciado por la identificación de una plaga

La necesidad de un ARP nuevo o revisado de una plaga concreta puede surgir por diferentes situaciones como son la aparición de una situación de emergencia al descubrirse una infestación establecida o un brote de una plaga nueva dentro de un área de ARP; generarse por la aparición de una situación de emergencia al interceptarse una plaga nueva en un producto básico importado; por la identificación del riesgo de una plaga nueva mediante investigación científica; al introducirse una plaga

en un área; por la notificación de que una plaga es más perjudicial en un área distinta de su área de procedencia; cuando existen intercepciones recurrentes de una plaga; por solicitud de importaciones de un organismo; la identificación de un organismo como vector de otras plagas o por la alteración genética de un organismo de manera que identifique claramente su potencial como plaga para las plantas.

Identificación de un área de ARP

El área de ARP deberá definirse con la mayor precisión posible a fin de identificar el área para la cual se necesita la información, esta recopilación de información es un elemento básico de todas las etapas del ARP, su importancia radica en que permite aclarar la identidad de la plaga o plagas, su distribución actual y su asociación con plantas hospedantes, productos básicos, etc. El suministro de información oficial sobre el estatus de una plaga es una obligación prevista en la CIPF y facilitada por los puntos de contacto oficiales.

Deberá también comprobarse si las vías, plagas o políticas se han sometido ya al proceso de ARP, bien sea en el ámbito nacional o internacional. Si existe un ARP, deberá comprobarse su validez, dado que las circunstancias y la información pueden haber cambiado. También deberá estudiarse la posibilidad de utilizar un ARP correspondiente a una vía o plaga análoga, con lo que podría eliminarse, en parte o totalmente, la necesidad de un ARP nuevo.

Al final de la Etapa I se habrán identificado el punto de inicio, las plagas y las vías de interés y el área de ARP.

3.4.2 Etapa II Evaluación del Riesgo de Plagas

El proceso para la evaluación del riesgo de plagas puede dividirse en tres pasos relacionados entre sí. El primero es la categorización de las plagas, segundo la evaluación de las probabilidades de introducción y dispersión y tercero la evaluación de las consecuencias económicas potenciales (incluidos los impactos ambientales). En casi todos los casos, estos pasos se aplicarán sucesivamente en el marco de un ARP, pero no es indispensable seguir un determinado orden de sucesión. La evaluación del

riesgo de plagas será tan compleja según la justificación técnica. De este modo la NIMF n°11 permite evaluar un ARP concreto en función de los principios de *necesidad, repercusiones mínimas, transparencia, equivalencia, análisis de riesgos, manejo del riesgo* y la *no discriminación*, estipulados en la NIMF n° 1: “*Principios de cuarentena fitosanitaria en relación con el comercio internacional*” (FAO, 1995).

a) Categorización de plagas

El proceso de categorización examinará, para cada plaga el cumplimiento de los criterios especificados en la definición de *plagas cuarentenarias* según lo convenido en la CIPF. Una ventaja de dicha categorización, es que se puede realizar con poca información; sin embargo, ésta deberá ser suficiente para sustentarla de manera adecuada.

Elementos de la categorización

La categorización de la plaga como plaga cuarentenaria incluye los elementos básicos siguientes:

- i. Identidad de la plaga:** la definición correcta de un organismo (morfología y taxonomía) ayudan a garantizar que la evaluación no se está realizando en un organismo distinto y que la información biológica y de otro tipo utilizada en la evaluación es pertinente para el organismo en cuestión. La unidad taxonómica para la plaga es por lo general la especie. En los casos en que intervenga un vector, éste puede considerarse también una plaga en la medida en que está asociado con el organismo causal y es necesario para la transmisión de la plaga.
- ii. Presencia o ausencia en el área de ARP:** es necesario que la plaga del estudio se encuentre ausente de la totalidad o parte del área de ARP.
- iii. Estatus reglamentario:** se refiere a que si la plaga está presente pero no se encuentra ampliamente distribuida en el área de ARP y si se encuentra bajo control oficial o se espera que esté bajo control oficial en un futuro próximo.
- iv. Potencial de establecimiento y dispersión en el área de ARP:** deberán facilitarse evidencias que justifiquen la conclusión de que la plaga podría

establecerse o dispersarse en el área de ARP. También que esta área deberá tener las condiciones ecológicas/climáticas, incluyendo aquellas en condiciones protegidas, adecuadas para el establecimiento y dispersión de la plaga, así como la presencia de hospedantes y vectores.

- v. **Potencial de consecuencias económicas en el área de ARP:** deberán haber indicaciones de que la plaga probablemente tenga repercusiones económicas inaceptables (incluyendo los impactos ambientales) en el área de ARP. Las repercusiones económicas inaceptables están descritas en el Suplemento nº 2 de la NIMF n.º 5: *Glosario de términos fitosanitarios que trata sobre Directrices para la interpretación de la importancia económica potencial y de términos relacionados*".

Ahora bien se tendrá como conclusión de la categorización de las plagas, las siguientes opciones:

- Si se ha determinado que la plaga tiene el potencial de ser una plaga cuarentenaria, deberá continuar el proceso de ARP.
- Si la plaga no cumple todos los criterios para incluirla como plaga cuarentenaria, podrá interrumpirse el proceso de ARP para esa plaga. En ausencia de información suficiente, se deberán identificar las incertidumbres y el proceso de ARP deberá continuar.

b) Evaluación de la probabilidad de introducción y dispersión

La introducción de la plaga comprende tanto su entrada como su establecimiento. Para evaluar la probabilidad de introducción es necesario un análisis de cada una de las vías con las cuales la plaga puede estar relacionada desde su lugar de procedencia hasta su establecimiento en el área de ARP. En el caso de los análisis de riesgo iniciados para una plaga concreta, sin tomar en consideración ningún producto básico o vía en particular, deberán tenerse en cuenta todas las vías potenciales.

La evaluación de la probabilidad de dispersión se basa principalmente en consideraciones biológicas, análogas a las que se aplican a la entrada y el establecimiento.

Probabilidad de la entrada de una plaga

La probabilidad de entrada de una plaga depende de las vías seguidas desde el país exportador hasta el lugar de destino, y de la frecuencia y cantidad de las plagas asociadas con ellas. Mientras haya más vías, existen mayores probabilidades de que la plaga entre al área de ARP. Se deberán evaluar las vías potenciales que tal vez no existan de momento. Los datos de intercepción de la plaga pueden brindar evidencias de la capacidad de una plaga de estar relacionada con una vía y de sobrevivir durante el transporte o almacenamiento.

- i) **Identificación de vías para un ARP iniciado por una plaga:** es preciso tener en cuenta todas las vías pertinentes. Estas vías pueden identificarse principalmente en relación con la distribución geográfica y el rango de hospedante de la plaga. Los envíos de plantas y productos vegetales que son objeto de comercio internacional son las vías de interés primordial y las modalidades de ese comercio determinarán, en una medida considerable, que vías son pertinentes. Cuando sea apropiado, deberán tenerse en cuenta otras vías, como por ejemplo otros tipos de productos básicos, materiales de empaque, personas, equipaje, correo, transporte e intercambio de material científico. También deberá evaluarse la entrada por medios naturales, debido a que la dispersión natural posiblemente reduzca la eficacia de las medidas fitosanitarias.
- ii) **Probabilidad de que la plaga esté asociada con la vía en el lugar de origen:** deberá determinarse la probabilidad de que la plaga esté asociada, espacial o temporalmente, con la vía en el lugar de origen. Entre los factores que han de considerarse se encuentran la prevalencia de la plaga en el área de procedencia, la presencia de la plaga en un estado de desarrollo asociado con productos básicos, contenedores o medios de transporte, el volumen y

frecuencia de movilizaciones a lo largo de la vía, el calendario estacional y los procedimientos de manejo de plagas y manejo del cultivo.

- iii) **Probabilidad de supervivencia durante el transporte o almacenamiento:** algunos ejemplos de los factores que se han de considerar son: la velocidad y condiciones del transporte y duración del estado de desarrollo de la plaga en relación con el tiempo de transporte y almacenamiento; la vulnerabilidad en el estado de desarrollo durante el transporte y almacenamiento; la prevalencia de plagas probablemente asociadas con un envío; y los procedimientos comerciales (por ejemplo refrigeración) aplicados a los envíos en el país de origen, el país de destino o en el transporte y almacenamiento.
- iv) **Probabilidad de que la plaga sobreviva los procedimientos vigentes de manejo de plagas:** deberán evaluarse los procedimientos vigentes de manejo de plagas (incluidos los procedimientos fitosanitarios) que se aplican a los envíos para combatir otras plagas desde el origen hasta el uso final, con el fin de determinar su eficacia contra la plaga en cuestión. Es preciso calcular la probabilidad de que la plaga no sea detectada durante la inspección o sobreviva a otros procedimientos fitosanitarios vigentes.
- v) **Probabilidad de transferencia a un hospedante apropiado:** se deben considerar: el mecanismo de dispersión (incluyendo los vectores para permitir la movilización desde la vía hacia el hospedante apropiado, que si el producto importado ha de enviarse a pocos o muchos puntos de destino en el área de ARP); la proximidad de los puntos de ingreso, tránsito y destino a especies hospedantes apropiadas; el tiempo del año en el cual se realiza la importación; el uso destinado del producto (por ejemplo, para plantar, elaboración y consumo); los riesgos derivados de subproductos y desechos.

Probabilidad de establecimiento

Con el fin de calcular la probabilidad de establecimiento de una plaga, deberá obtenerse información biológica confiable (por ejemplo: estado de desarrollo, rango del hospedante, epidemiología, supervivencia, etc.) de las áreas en las que actualmente está presente la plaga. Posteriormente, se puede comparar la situación en el área de

ARP con las de las áreas en las que actualmente está presente la plaga y recurrir a la opinión de expertos para evaluar la probabilidad de establecimiento. Entre los ejemplos de factores que han de tenerse en cuenta se incluyen: la disponibilidad, cantidad y distribución de especies hospedantes en el área de ARP; su adaptabilidad al medio ambiente en el área de ARP; el potencial de adaptación de la plaga, la estrategia reproductiva de la plaga; el método de supervivencia de la plaga; las prácticas de cultivos y las medidas de control. Al examinar la probabilidad de establecimiento, deberá tenerse presente que una plaga transitoria (véase la NIMF nº 8: “*Determinación del estatus de una plaga en un área) tal vez no esté en condiciones de establecerse en el área de ARP*” (por ejemplo, a causa de unas condiciones climáticas inadecuadas) puede tener consecuencias económicas inaceptables

- i) **Disponibilidad de hospedantes apropiados, hospedantes alternativos y vectores en el área de ARP:** en este apartado se tendrá en cuenta lo siguiente: si hay presencia de especies hospedantes (silvestres o cultivadas/primarios o secundarios), la abundancia y distribución de las mismas; si hay especies hospedantes lo suficientemente próximas desde el punto de vista geográfico para que la plaga pueda completar su estado de desarrollo; si existen otras especies de plantas que pudieran resultar hospedantes adecuados en ausencia de las especies hospedantes habituales; en caso de que sea necesario un vector para la dispersión de la plaga, si este se encuentra presente en el área de ARP o existen probabilidades de que sea introducido y si en el área de ARP existen otras especies que sean vectores. El nivel taxonómico al que normalmente deberán examinarse las especies hospedantes es la “especie”. El uso de niveles taxonómicos superiores o inferiores deberá justificarse con razones científicas sólidas.
- ii) **Adaptabilidad al medio ambiente:** es preciso identificar aquellos factores relacionados con el medio ambiente (por ejemplo, adaptabilidad al clima, suelo, competencia de las plagas y de los hospedantes) que son decisivos para el desarrollo de la plaga, de su especie hospedante y, en su caso, de su vector, y para su capacidad de sobrevivir a períodos de condiciones

climáticas rigurosas y completar su estado de desarrollo. Cabe señalar que, con toda probabilidad, el medio ambiente tendrá efectos diferentes sobre la plaga, sus especies hospedantes y su vector. Es necesario tener esto presente al determinar si se mantiene en el área de ARP la interacción existente entre estos organismos en el área de procedencia ya sea para beneficio o perjuicio de la plaga.

- iii) **Prácticas de cultivos y medidas de control:** cuando sea apropiado deberán compararse las prácticas empleadas en el cultivo/producción de cultivos hospedantes con el fin de determinar si existen diferencias al respecto entre el área de ARP y el área de procedencia de la plaga que pudieran influir en la capacidad de ésta para establecerse. Podrán tenerse en cuenta los programas de control de plagas o los enemigos naturales ya presentes en el área de ARP que reducen la probabilidad del establecimiento. Deberá considerarse que las plagas para las cuales no es posible un control presentan un mayor riesgo que las plagas a las que puede aplicarse fácilmente un tratamiento. Deberá también considerarse la disponibilidad (o ausencia) de métodos adecuados de erradicación.
- iv) **Otras características de las plagas que influyen en la probabilidad de establecimiento:** estas características pueden incluir: a) estrategia reproductiva y método de supervivencia de la plaga, b) adaptabilidad genética, c) población mínima necesaria para el establecimiento.

Probabilidad de dispersión después del establecimiento: una plaga con alto potencial de dispersión también puede tener alto potencial de establecimiento y se limitan las posibilidades de una contención y/o erradicación exitosa. A fin de calcular la probabilidad de dispersión de la plaga, hay que obtener información biológica fidedigna de las áreas donde está presente en la actualidad. Para después comparar la situación del área de ARP con la de áreas donde está presente la plaga en la actualidad y recurrir a la opinión de expertos para evaluar la probabilidad de dispersión. Es conveniente tener en cuenta casos concretos relativos a plagas comparables. Ejemplos de los factores que han de examinarse se incluyen: a) idoneidad del medio ambiente natural o modificado para la dispersión natural de la

plaga, b) presencia de obstáculos naturales, c) potencial de movilización con productos básicos o medios de transporte, d) uso destinado del producto, e) vectores potenciales de la plaga en el área de ARP, f) enemigos naturales potenciales de la plaga en el área de ARP.

La conclusión sobre la probabilidad de introducción y dispersión deberá expresarse en los términos más adecuados para los datos, los métodos utilizados en el análisis y el público al que van destinados. Esos términos pueden ser cuantitativos o cualitativos, dado que en ambos casos el producto obtenido es el resultado de una combinación de información tanto cuantitativa como cualitativa. Además deberá identificarse, cuando proceda, la parte del área de ARP donde los factores ecológicos favorecen el establecimiento de la plaga con el fin de definir el área en peligro. Esto puede ser toda el área de ARP o parte de la misma.

c) Evaluación de las consecuencias económicas potenciales

Los requisitos que se describen en esta sección indican qué información deberá reunirse sobre la plaga y sus plantas hospedantes potenciales, y sugieren los tipos de análisis económico que podrían llevarse a cabo utilizando esa información con el fin de evaluar todos los efectos de la plaga, es decir, sus consecuencias económicas potenciales. Cuando sea oportuno, deberán obtenerse datos cuantitativos que reflejen valores monetarios. También podrán utilizarse datos cualitativos. En muchos casos, no es necesario un análisis detallado de las consecuencias económicas estimadas si existen evidencias suficientes o, en opinión general, la introducción de una plaga tendría consecuencias económicas inaceptables (incluyendo, consecuencias ambientales). En tales casos, la evaluación del riesgo se centrará principalmente en la probabilidad de introducción y dispersión. Sin embargo, será necesario examinar más detenidamente los factores económicos cuando esté en entredicho el nivel de las consecuencias económicas o cuando sea necesario establecer ese nivel para evaluar la intensidad de las medidas utilizadas en el manejo del riesgo o para determinar la relación costo-beneficio de la exclusión o el control.

Efectos de la plaga

Con el fin de determinar la importancia económica potencial de la plaga, deberá obtenerse información de las áreas donde la plaga está presente en forma natural o se ha introducido. Esta información deberá compararse con la situación en el área de ARP. Los efectos examinados pueden ser directos o indirectos.

- i) Efectos directos de la plaga:** para determinar y caracterizar los efectos directos de la plaga sobre cada una de las especies hospedantes potenciales en el área de ARP, o los efectos que son específicos de una especie hospedante, podrán tenerse en cuenta los ejemplos siguientes: las plantas hospedantes conocidas o potenciales, los tipos, cuantía y frecuencia de los daños, las pérdidas de cultivos, en producción y calidad, los factores bióticos (adaptabilidad y virulencia de la plaga) que influyen en los daños y las pérdidas, los factores abióticos (clima) que influyen en los daños y las pérdidas, la tasa de dispersión, la tasa de reproducción, las medidas de control (incluidas las medidas existentes), su eficacia y su costo, los efectos sobre las prácticas de producción vigentes y los efectos sobre el medio ambiente. Y en el caso del análisis del riesgo ambiental, entre los ejemplos de las consecuencias directas de los efectos de las plagas en las plantas y/o su ambiente que se pueden considerar se incluyen: la reducción de las especies de plantas clave, la reducción de las especies de plantas que constituyan componentes principales de los ecosistemas (en cuanto a abundancia o tamaño), y de las especies de plantas nativas en peligro de extinción (incluidos los efectos a niveles por debajo de la especie cuando haya evidencia de la importancia de tales efectos), la reducción significativa, la sustitución o eliminación de otras especies de plantas.
- ii) Efectos indirectos de la plaga:** para determinar y caracterizar los efectos indirectos de la plaga en el área de ARP, o los efectos que no son específicos de una especie hospedante, podrán tenerse en cuenta los ejemplos siguientes: los efectos sobre los mercados internos y de exportación, en particular los efectos sobre el acceso a los mercados de exportación y las

consecuencias potenciales que podría tener el establecimiento de la plaga para el acceso a los mercados (para ello es necesario examinar la amplitud de cualesquiera reglamentaciones fitosanitarias que se hayan impuesto [o que probablemente impondrán]) los países con los cuales se mantiene relaciones comerciales), los cambios en el costo para los productores o en la demanda de insumos, incluyendo costos de control, los cambios en la demanda interna o externa de consumo de un producto como resultado de variaciones en la calidad; los efectos ambientales y de otro tipo no deseados de las medidas de control; la viabilidad y costo de la erradicación o contención; la capacidad para actuar como vector de otras plagas; los recursos necesarios para investigaciones y consultas complementarias así como los efectos sociales y de otro tipo (por ejemplo sobre el turismo). En el caso del análisis del riesgo ambiental, entre los ejemplos de las consecuencias indirectas de los efectos de las plagas en las plantas y/o su ambiente que se pueden considerar se incluyen: los efectos importantes en las comunidades vegetales; los efectos en áreas ecológicamente vulnerables o protegidas; el cambio importante en los procesos ecológicos y la estructura; la estabilidad o los procesos de un ecosistema; los efectos en las actividades de los seres humanos (por ejemplo, calidad del agua, usos de carácter recreativo, turismo, pastoreo, cacería, pesca) y los costos de la restauración del medio ambiente. También se consideran los efectos en la salud humana y animal (por ejemplo, toxicidad, alergenicidad), en el nivel freático, el turismo, etc., según sea apropiado, por otros organismos/autoridades.

Análisis de las consecuencias económicas

Las estimaciones efectuadas en la sección anterior se refieren a una situación hipotética en la que se supone que la plaga se ha introducido y que sus consecuencias económicas potenciales (por año) se manifiestan plenamente en el área de ARP. Sin embargo, en la práctica las consecuencias económicas se manifiestan con el tiempo, y pueden suscitar preocupación durante un año, varios años o un período indeterminado.

Análisis de las consecuencias comerciales

Como se determinó anteriormente, la mayor parte de los efectos directos de una plaga y algunos de sus efectos indirectos, serán de carácter comercial o tendrán consecuencias para un determinado mercado. Estos efectos, que pueden ser positivos o negativos, deberán ser identificados y cuantificados. Puede que sea conveniente tener en cuenta los factores siguientes: efectos de los cambios inducidos por la plaga en los beneficios de los productores que son el resultado de variaciones en los costos de producción, en la producción o en los precios y los efectos de cambios inducidos por la plaga en las cantidades que los consumidores nacionales e internacionales exijan o en los precios que pagan por los productos. Estos efectos podrían incluir cambios en la calidad de los productos y/o restricciones comerciales relacionadas con la cuarentena como resultado de la introducción de una plaga.

Técnicas analíticas

Existen técnicas analíticas que pueden utilizarse en consulta con los expertos en economía para llevar a cabo un análisis más detallado de los efectos económicos potenciales de una plaga cuarentenaria; sin embargo, el uso de técnicas analíticas a menudo está limitado por la falta de datos, por incertidumbres en cuanto a los datos y el hecho de que sólo puede facilitarse información cualitativa con respecto a ciertos efectos.

Consecuencias no comerciales y ambientales

Algunos de los efectos directos e indirectos de una plaga serán de carácter económico o afectarán a algún tipo de valor, pero no existe para ellos un mercado que pueda identificarse fácilmente. En consecuencia, no es posible medir de manera apropiada los efectos en lo que concierne a los precios en los mercados establecidos de productos o servicios. Entre los ejemplos cabe mencionar, en particular, los efectos ambientales (como por ejemplo estabilidad de los ecosistemas, biodiversidad, valor recreativo) y los efectos sociales (como por ejemplo empleo, turismo). Si no es posible una medición cuantitativa de esas consecuencias, puede facilitarse información cualitativa al

respecto. También deberá proporcionarse una explicación del modo en que se ha incorporado esa información en las decisiones.

Cuando sea oportuno, el resultado de la evaluación de las consecuencias económicas que se describió en esta sección deberá expresarse en función de su valor monetario. También se podrán expresar las consecuencias económicas cualitativamente o utilizando indicadores cuantitativos que no incluyan términos monetarios. Deberán especificarse claramente las fuentes de información, las hipótesis y los métodos de análisis.

Área en peligro

Cuando proceda, deberá indicarse la parte del área de ARP donde la presencia de la plaga daría lugar a importantes pérdidas económicas. Esta indicación es necesaria para definir el área en peligro.

Grado de incertidumbre

La determinación de la probabilidad de introducción de plagas y de sus consecuencias económicas entraña muchas incertidumbres. En particular, esa determinación constituye una extrapolación de la situación en la que se produce la plaga a la situación hipotética en el área de ARP. En la evaluación es importante documentar el ámbito de la incertidumbre y su grado, e indicar si se ha recurrido a la opinión de expertos. Esto es necesario para aumentar la transparencia y puede ser útil para determinar las necesidades de investigación y establecer un orden de prioridades al respecto. Cabe notar que la evaluación de la probabilidad y las consecuencias de los peligros ambientales de las plagas de plantas no cultivadas y no manejadas a menudo implica un mayor grado de incertidumbre que el de las plagas de plantas cultivadas o manejadas. Ello se debe a la falta de información, la mayor complejidad relacionada con los ecosistemas y la variabilidad relacionada con las plagas, los hospedantes o los hábitats.

Como resultado de la evaluación del riesgo de plagas, todas o algunas de las plagas clasificadas podrán considerarse apropiadas para el manejo del riesgo de plagas. Para

cada una de ellas, podrá identificarse la totalidad o parte del área de ARP que constituye un área en peligro.

3.4.3 Etapa III: Manejo del riesgo de plagas

Las conclusiones de la evaluación del riesgo de plagas se utilizan para decidir si es necesario el manejo del riesgo y la intensidad de las medidas que han de aplicarse. Dado que un riesgo cero no es una opción razonable, el principio rector para el manejo del riesgo deberá ser manejar el riesgo para conseguir el grado necesario de seguridad que pueda estar justificado y sea viable dentro de los límites de las opciones y recursos disponibles. El manejo del riesgo de plagas (en sentido analítico) es el proceso mediante el cual se identifican formas de reaccionar ante un riesgo percibido, se evalúa la eficacia de esas medidas y se identifican las opciones más apropiadas. Deberán también tenerse en cuenta e incluirse en la selección de opciones con respecto al manejo de la plaga la incertidumbre señalada en la evaluación de las consecuencias económicas y la probabilidad de introducción. Al examinar el manejo de los riesgos ambientales, hay que subrayar que la finalidad de las medidas fitosanitarias es dar cuenta de la incertidumbre y éstas deben ser elaboradas en proporción al riesgo. Hay que determinar las opciones de manejo del riesgo de plagas, teniendo en cuenta el grado de incertidumbre que arroje la evaluación de las consecuencias económicas, la probabilidad de introducción y la justificación técnica respectiva de estas opciones. En este sentido, el manejo del riesgo al medio ambiente ocasionado por las plagas de plantas no difiere del manejo de otros riesgos de plagas de plantas.

a) Nivel del riesgo

El principio de “manejo del riesgo” (NIMF n° 1: Principios de cuarentena fitosanitaria en relación con el comercio internacional) estipula que: *“Dado que siempre hay algún riesgo de introducción de plagas cuarentenarias, los países deberán convenir en una política de actuación ante los riesgos al formular medidas fitosanitarias”*. Al llevar a la práctica este principio, los países deberán decidir qué nivel del riesgo es aceptable para ellos. El nivel del riesgo aceptable podrá expresarse de diversas formas, por ejemplo: haciendo referencia a los requisitos fitosanitarios vigentes, vinculándolo a las pérdidas

económicas estimadas, determinándolo con arreglo a una escala de tolerancia de riesgos, comparándolo con el nivel del riesgo aceptado por otros países.

b) Información técnica necesaria

Las decisiones adoptadas en el proceso de manejo del riesgo de plagas se basarán en la información obtenida durante las etapas precedentes al ARP. Esta información comprenderá: las razones para iniciar el proceso, la determinación de la probabilidad de introducción en el área de ARP y la evaluación de las consecuencias económicas potenciales en el área de ARP.

c) Aceptabilidad del riesgo

El riesgo global se determina examinando los resultados de las evaluaciones de la probabilidad de introducción y las repercusiones económicas. Si se considera que el riesgo es inaceptable, el primer paso para afrontarlo consiste en identificar las posibles medidas fitosanitarias que reduzcan el riesgo a un nivel aceptable o hasta un punto inferior a ese nivel. Las medidas no son justificables si el riesgo es aceptable o debe aceptarse debido a que no se puede manejar (como puede ser el caso de la dispersión natural). Los países pueden decidir que se mantenga un nivel bajo de monitoreo o inspección para asegurar la identificación de cambios futuros en el riesgo de plagas.

d) Identificación y selección de opciones apropiadas con respecto al manejo del riesgo

Deberán elegirse medidas apropiadas teniendo en cuenta su eficacia para reducir la probabilidad de introducción de la plaga. La elección deberá basarse en varios de los Principios de cuarentena fitosanitaria en relación con el comercio internacional (NIMF n° 1):

- a) *Medidas fitosanitarias de eficacia y viabilidad demostradas*, la ventaja de aplicar medidas fitosanitarias es que la plaga no se introducirá y, por consiguiente, el área de ARP no estará expuesta a las consecuencias económicas potenciales;

- b) *Principio de las “repercusiones mínimas”*, esto es que las medidas no deberán ser más restrictivas para el comercio de lo necesario. Esas medidas deberán aplicarse en la superficie mínima necesaria para la protección eficaz del área en peligro.
- c) *Reevaluación de requisitos anteriores*, si las medidas vigentes son eficaces, no deberán imponerse medidas adicionales.
- d) *Principio de “equivalencia”*, si se identifican medidas fitosanitarias diferentes que producen el mismo efecto, dichas medidas deberán ser aceptadas como alternativas.
- e) *Principio de “no discriminación”*, si la plaga en cuestión se ha establecido en el área de ARP pero tiene una distribución limitada y está bajo control oficial, las medidas fitosanitarias relacionadas con las importaciones no deberán ser más estrictas que las que se aplican en el área de ARP. Análogamente, las medidas fitosanitarias no deberán discriminar entre países exportadores con el mismo estatus fitosanitario.

El riesgo principal de introducción de plagas de plantas se da con los envíos importados de plantas y productos vegetales, sin embargo (especialmente para un ARP realizado para una plaga particular) es necesario considerar el riesgo de introducción con otros tipos de vías, (por ejemplo, materiales de empaque, transporte, viajeros y sus equipajes y la dispersión natural de la plaga).

Las medidas disponibles pueden clasificarse en categorías generales, relacionadas con el estatus de la plaga en la vía del país de origen, como son:

- medidas aplicadas al envío
- medidas aplicadas para prevenir o reducir la infestación original del cultivo
- medidas para asegurar que el área o lugar de producción esté libre de la plaga
- medidas relativas a la prohibición de productos.

En el área de ARP pueden surgir otras opciones (restricciones al empleo de un producto), medidas de control, introducción de un agente de control biológico,

erradicación y contención. Estas opciones también deberán evaluarse y se aplicarán, en particular, si la plaga ya está presente pero no está extendida en el área de ARP.

3.4.4. Documentación del Análisis de Riesgo de Plagas

3.4.4.1 Requisitos de la documentación

La CIPF y el principio de la “transparencia” (NIMF nº 1) exigen que los países comuniquen, si así se solicita, los fundamentos de los requisitos fitosanitarios. El proceso íntegro, desde el inicio hasta el manejo del riesgo de plagas, deberá estar suficientemente documentado, de manera que cuando se plantee un examen o surja una controversia, puedan demostrarse claramente las fuentes de la información y los principios utilizados para adoptar la decisión con respecto al manejo del riesgo.

Los elementos principales de la documentación son los siguientes:

- ✓ finalidad del ARP
- ✓ plaga, lista de plagas, vías, área de ARP, área en peligro
- ✓ fuentes de información
- ✓ lista de plagas clasificadas
- ✓ conclusiones de la evaluación del riesgo (probabilidad, consecuencias)
- ✓ manejo del riesgo (opciones identificadas)
- ✓ opciones seleccionadas.

4. MATERIALES Y MÉTODO

4.1 Localización

Se realizó en el Instituto de Fitosanidad en el área de Entomología y Acarología del Colegio de Postgraduados del Campus Montecillo, en Texcoco, Estado de México, en colaboración con el con el Departamento de Análisis de Riesgo (DARP), de la Dirección General de Sanidad Vegetal (DGSV), del SENASICA-SAGARPA, México, D.F.

4.2 Recopilación de información

Para la elaboración de la Etapa 1 del Análisis de Riesgo de Plagas (ARP) del escarabajo de ambrosial del laurel rojo (*Xyleborus glabratus* Eichhoff) como plaga potencial del cultivo de aguacate, se siguió la metodología establecida en la NIMF n° 11. “Análisis de riesgo de plagas para plagas cuarentenarias, incluido el análisis de riesgos ambientales y organismos vivos modificados”.

4.3 Fuentes de información

Se emplearon las siguientes:

- Bases de datos: como la de la Organización para la Protección de las Plantas de Europa y el Mediterráneo (EPPO), Crop Protection Compendium (CPC), Servicio Meteorológico Nacional (SMN), Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) principalmente.
- Consultas bibliográficas: libros, folletos, revistas impresas y electrónicas, ubicadas en las bibliotecas de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), CIMMYT y en el Colegio de Postgraduados. Además de resúmenes de artículos científicos de revistas indexadas y de trabajos hechos anteriormente obtenidos en bases de datos como CAB International abstracts.
- Consultas con especialistas: se estableció comunicación con algunos especialistas nacionales e internacionales, relacionados con el tema.

4.4 Procesamiento de la información

A continuación se presenta la siguiente propuesta de Análisis de Riesgo de Plagas, iniciado por una plaga, siguiendo como referencia el esquema de la NIMF n° 11:

Etapa I: Iniciación de un Análisis de Riesgo de Plagas

1.1 Identificación del Área de ARP

1.2 Información técnica de la plaga (Ficha técnica)

Etapa II: Evaluación del riesgo de plagas

2.1 Categorización de la plaga

- a) Identidad
- b) Presencia o Ausencia en el Área de ARP
- c) Estatus regulatorio
- d) Potencial para el establecimiento y dispersión
- e) Potencial para producir consecuencias económicas
- f) Conclusión de categorización.

2.2 Evaluación de la probabilidad de Introducción y dispersión

- a) Probabilidad de entrada de la plaga
- b) Probabilidad de establecimiento
- c) Probabilidad de dispersión después del establecimiento

2.3 Evaluación de los efectos económicos y ambientales

- a) Análisis de las consecuencias económicas
- b) Análisis de las consecuencias comerciales
- c) Análisis de las consecuencias sociales y ambientales

2.4 Evaluación del Riesgo Total

a) Combinación de Probabilidades

b) Combinación de probabilidades con el Impacto

Etapa III Manejo del riesgo de plagas

3.1 Identificación y selección de opciones apropiadas con respecto al manejo del riesgo

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Etapa I: Iniciación de un Análisis de Riesgo de Plagas

5.1.1 Identificación del Área de ARP

México es líder mundial en el mercado del aguacate, participó en 2009 con 27% de la superficie sembrada total; es el principal exportador con el 40% y el de mayor consumo per-cápita, con 10 kg al año (Secretaría de Economía. 2012).

El cultivo de mayor importancia agrícola hospedante del complejo *X. glabratus-R. lauricola* es el aguacate, que puede ser atacado tanto en sus variedades comerciales como criollas y cuyo valor comercial para México es muy grande, pues de acuerdo al SIAP (2011) tan sólo para el aguacate var. Hass, la superficie sembrada al 2010 fue de 134,322.12 hectáreas, donde los cinco principales estados productores son: Michoacán, Jalisco, Estado de México, Morelos y Nayarit; la producción nacional para la var. Hass para ese año ascendió a 1, 107,135.16 toneladas, con un valor de la producción de \$14,165,758,000.

Debido a la importancia del cultivo de aguacate (*Persea americana* Mill.) como principal hospedante agrícola de *Xyleborus glabratus* y su simbionte *Rafaella lauricola*, se determina que sean los principales estados productores de aguacate en México el área de riesgo de este estudio.

5.1.2 Información técnica de los agentes causales de la Marchitez del laurel

5.1.2.1. Vector de la enfermedad Marchitez del laurel

5.1.2.1.1 Posición taxonómica

Phylum: Artropoda

Clase: Insecta

Orden: Coleoptera

Familia: Curculionidae

Subfamilia: Scolytinae

Tribu: Scolytini

Subtribu: Xyleborina

Género: *Xyleborus*

Especie: *glabratus* Eichhoff, 1877
(Rabaglia *et al.*, 2006).

4.1.2.1.2 Sinonimias

No existen referencias de sinonimias.

4.1.2.1.3 Nombres comunes

Español: Escarabajo ambrosial del laurel rojo.

Inglés: Redbay ambrosia beetle (RAB).

4.1.2.1.4 Descripción morfológica

De acuerdo con Rabaglia *et al.*, (2006), y de manera general, esta especie se distingue fácilmente de otros *Xyleborus* presentes en América del Norte por tener un cuerpo esbelto (Figura 1); con un declive elitral notablemente convexo, profundo, con numerosas puntuaciones, con una subcuadratura desde el lado costal hasta el borde posterolateral (Figura 2).



Figura 1. Vista dorsal y lateral de la hembra de *Xyleborus glabratus*, Foto tomada por Jorge Valdés Carrasco-Colegio de Postgraduados, 2012.



Figura 2. Declive elitral de la hembra de *Xyleborus glabratus*, Foto tomada por Jorge Valdés Carrasco-Colegio de Postgraduados, 2012.

Los adultos de *X. glabratus* presentan dimorfismo sexual, los machos son más pequeños que las hembras, y los machos son pobres voladores, a diferencia de las hembras que son voladoras más activas (Koch y Smith, 2008). Rabaglia *et al.*, (2006), presentan características morfológicas que permiten diferenciar a las hembras de los machos, las cuales se describen a continuación:

Hembra: Mide de 2.1-2.4 mm, 3.0 veces más larga que ancha, es de color marrón oscuro a negro; frente convexa, con la superficie reticulada, con leves puntuaciones, vestidura escasa, excepto a lo largo del epistoma (Figura 3). El pronoto es más largo que ancho, a los lados es casi recto, ampliamente redondeado en el frente, sin dentículos en el margen anterior, la pendiente anterior no es pronunciada, finamente áspera, la cumbre redondeada, en la parte media de la frente, área posterior lisa, brillante, minuciosamente punteada en el disco pronotal, algo reticulada a los lados, vestidura muy escasa, área con asperezas limitada (Figuras 4 y 5). Los elitros son 1.7 veces más largos que anchos, 1.9 veces más largos que el pronoto, los lados son casi rectos, margen posterior subangularmente redondeado, estrías no impresas, puntuaciones muy superficiales, pequeñas; interestrias lisas y brillantes, más anchas que las estrías, puntuaciones pequeñas, numerosas. Declive elitral convexo, brillante, margen posterolateral subagudo en punta, con carina desde el ápice a la interestría siete; puntuaciones estriales mucho más profundas, más grande que en el disco; interestrias más anchas cerca de la mitad, con pequeños tubérculos cerca de la mitad, puntuaciones interestriales similares en tamaño y número a las de las estrías, pequeños gránulos en otras interestrias (Figura 2). Vestidura muy escasa, corta, con una longitud menor que el ancho de la interestría.

Macho: Con la morfología muy similar a la hembra, pero más pequeño, con un tamaño de 1.8 mm de longitud, 2.5 veces más largo que ancho. Frente similar a la hembra (Figura 6). Pronoto 2.0 veces más largo que ancho, es de color rojizo, asperezas del pronoto muy débilmente marcadas, tercio anterior cóncavo poco profundo, márgenes laterales cóncavos y ampliamente redondeados, margen anterior corto, con dos setas aplanadas. Los élitros ligeramente más largos que el pronoto, son de color marrón oscuro, básicamente igual que el de las hembras.



Figura 3. Vista lateral de la hembra adulta de *Xyleborus glabratus*,. Foto tomada por Jorge Valdés Carrasco-Colegio de Postgraduados, 2012.



Figura 4. Vista dorsal del pronoto de la hembra de *Xyleborus glabratus*, tomado Foto tomada por Jorge Valdés Carrasco-Colegio de Postgraduados, 2012.

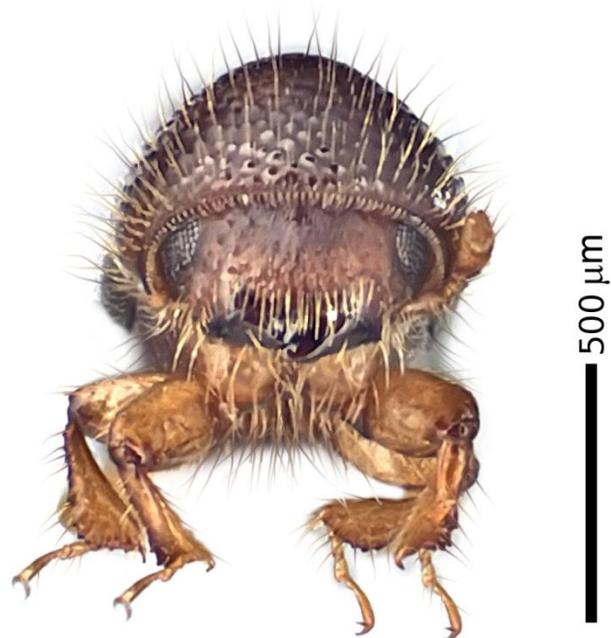


Figura 5. Margen anterior del pronoto de la hembra de *Xyleborus glabratus*, Foto tomada por Jorge Valdés Carrasco-Colegio de Postgraduados, 2012.



Figura 6. Vista lateral del macho adulto de *Xyleborus glabratus*, tomado de Mann *et al.*, (2011)

Huevos: Tienen forma ovalada, superficie lisa, de color blanco, pueden ser translucidos recién depositados tornándose oscuros conforme van madurando, miden 0.5 mm (Figura 7).



Figura 7. Huevos de *Xyleborus glabratus*, en una galería hecha por hembras, tomado de Mann *et al.*, (2011).

Larva: Curculioniforme (cuerpo en forma de “C”) de color blanco hialino, ápoda, con cápsula cefálica muy esclerosada de color ámbar, con mandíbulas bien desarrolladas. El tamaño que va de 1.8 a 2.4 mm (Figura 8).



Figura 8. Larvas de *Xyleborus glabratus*, en una galería hecha por hembras, tomado de Mann *et al.*, (2011).

Pupa: Exarata de color blanco cuando está inmadura y ámbar cuando madura. El tamaño es de aproximadamente 2.5 mm (Figura 9).



Figura 9. Adultos recién emergidos y de pupas de *Xyleborus glabratus*.

5.1.2.2 Agente causal de la enfermedad Marchitez del laurel

5.1.2.2.1 Posición taxonómica

Reino: Fungi

Phylum: Ascomycota

Clase: Ascomicetes

Orden: Ophiostomatales

Familia: Ophiostomataceae

Género: *Raffaelea*

Especie: *lauricola* sp. nov.

T. C. Harrington, Fraedrich and Aghayeva (GBIF, 2007).

4.1.2.2.2 Sinonimias

No existen referencias de sinonimias.

4.1.2.2.3 Nombres comunes

Español: Marchitez del laurel

Inglés: Laurel wilt disease

4.1.2.2.4 Descripción morfológica

La fase infectiva del hongo es el anamorfo o fase asexual de *Raffaelea lauricola*, la cual consiste típicamente en pequeños conidióforos agrupados en esporodocios, estos son hialinos, sin ramificaciones. La formación de conidios (esporas que transporta el vector en los micangios) es detallada por Harrington *et al.*, (2008) y es como sigue: Una célula septada produce un conidióforo terminal llamado holoblasto, varias de estas células llamadas conidiogénicas proliferan simpodialmente, saliendo del dentículo holoblástico sin dejar cicatrices o anhelaciones (Figura 10). Los conidios resultantes son pequeños, elípticos, ovoides, o globosos, de consistencia viscosa, muy similar a una levadura.

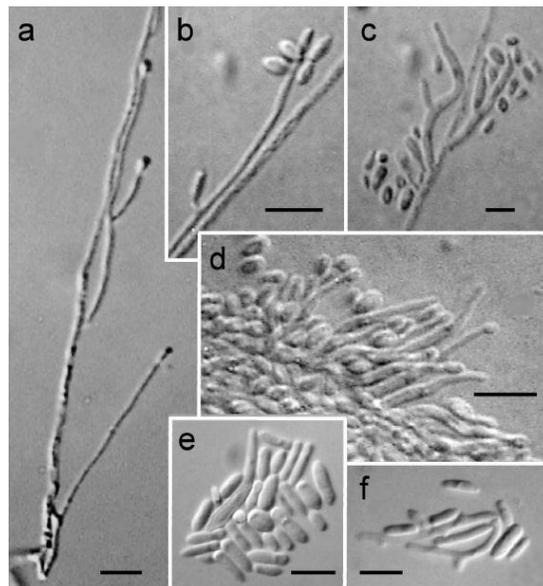


Figura 10. Conidióforos y conidios de *Raffaelea lauricola*, Arriba, foto de Harrington *et al.*, 2008. Abajo, foto: Freadrich *et al.*, 2008.

Cuando las colonias de *Raffaelea lauricola* se reproducen en condiciones de laboratorio, se observan las siguientes características: las colonias de 10 días son de color crema, lisas (Figura 11), para después adquirir consistencia mucilaginosa en el centro; los márgenes de la colonia son irregulares, las ramas laterales observadas en la figura 2, son las hifas en las cuales se producen los conidióforos; dos semanas después, las viejas colonias tienen una apariencia algodonosa, color amarillo miel, con olor de levadura. Los conidióforos son hialinos, usualmente aseptados y sin ramificaciones; de las ramas terminales surgen las hifas laterales, las cuales tienen una longitud variable que en su mayoría miden $13-60 \times 2.0-2.5 \mu\text{m}$. Los conidios producidos holoblásticamente en el extremo de la célula conidiógena no dejan cicatrices visibles; los conidios primarios son de forma oblonga a ovoide, a veces achatados en el punto de unión, hialinos, de paredes finas de $3.5-4.5 \times 1.5-2.0 \mu\text{m}$; la formación de conidios es en forma de racimo en la punta de los conidióforos, cuya apariencia se ve como una masa viscosa en la parte central de la colonia (Harrington *et al.*, 2008).



Figura 11. Colonias de *Raffaelea lauricola*. Foto: Freadrich *et al.*, 2008.

4.1.2.2.5 Especies similares

Para distinguir las fases anamórficas de hongos lignícolas causantes de marchitez vascular en hospedantes leñosos, se utilizan tradicionalmente la observación de características morfológicas (Gebhardt y Oberwinkler, 2005; Harrington, 1993),

situación que es reforzada por el diagnóstico con técnicas de biología molecular (Gebhardt *et al.*, 2005).

El género *Ophiostoma* Sydow y P. Sydow es el hongo simbionte de la mayoría de los escarabajos ambrosiales a nivel mundial (Harrington, 2005). Análisis filogenéticos de las secuencias de ADNr sugieren que las especies de *Raffaelea* constituyen un grupo monofilético que surge dentro de *Ophiostoma* (Gebhardt, *et al.*, 2005; Rollins *et al.*, 2001; Harrington *et al.*, 2005).

4.1.2.3 Descripción del complejo patógeno-vector de la enfermedad Marchitez del laurel

4.1.2.3.1 Origen

La mayoría de las nuevas especies de *Xyleborus* en Norteamérica son nativas de Asia, especialmente los llamados escarabajos ambrosiales. Haack (2003, 2006) comenta que al año 2006, se registran 38 especies de la subtribu Xyleborina (antes tribu Xyleborini) en América del Norte, de los cuales, 20 son especies exóticas.

El complejo *Raffaelea lauricola-Xyleborus glabratus* es nativo de Asia, se reporta presente en: Bangladesh, India (Assam y Bengala), Japón (Islas Bonin), Myanmar y Taiwán (Wood y Bright, 1992; Rabaglia, 2005). No obstante, que en el caso de la patogenicidad de los hongos que se encuentran asociados con especies de escolítidos, en este caso en particular con el escarabajo ambrosiales del laurel (*Xyleborus glabratus*) en Norteamérica es la única especie reportada con daños a las especies forestales y algunas de interés agrícola (Rabaglia, 2005).

4.1.2.3.2 Distribución geográfica

La distribución geográfica del complejo *Raffaelea lauricola-Xyleborus glabratus*, se muestra en la figura 12.

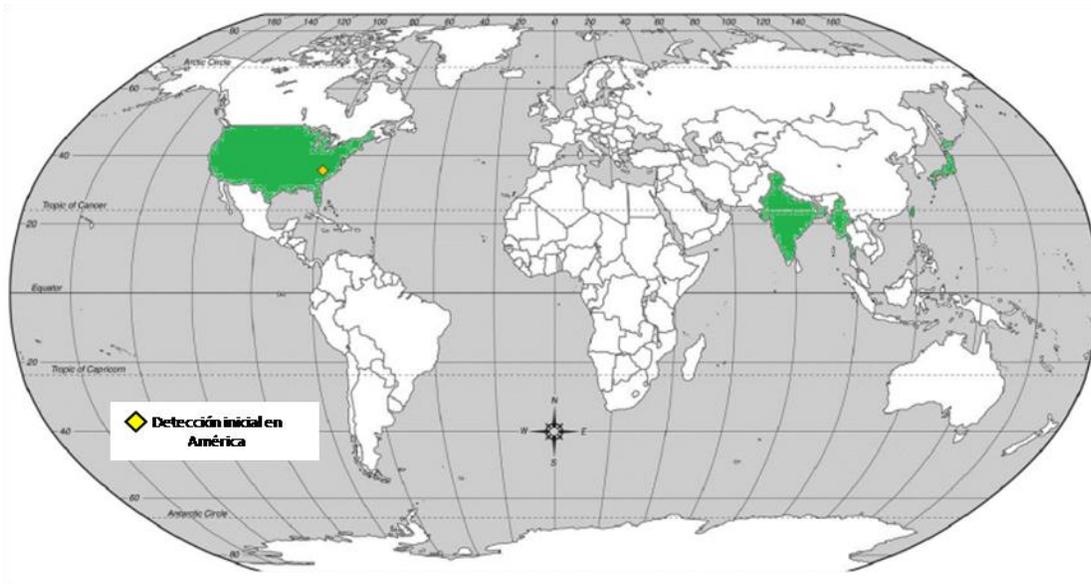


Figura 12. Distribución mundial del complejo *Raffaelea lauricola*-*Xyleborus glabratus*. Fuente: DARP, 2012.

En EUA, el complejo causante de la marchitez del laurel, fue observado por primera vez en la localidad de Savannah, estado de Georgia en el año 2002 y desde entonces se ha extendido a toda la planicie baja costera de los estados de Carolina del Sur y Florida atacando árboles de laurel rojo [*Persea borbonia* (L.) Spreng.] (Fraedrich *et al.*, 2008; Harrington *et al.*, 2008) y más recientemente en el estado de Mississippi (Formby *et al.*, 2012). Para el 2005, el escarabajo y la enfermedad habían sido confirmados en siete ciudades del noreste de Georgia, cinco ciudades de Carolina del Sur y en Duval en Florida. Para finales del 2006, la enfermedad se había diseminado a cinco ciudades del Carolina del Sur, 15 ciudades de Georgia y en ocho ciudades de Florida (Cameron *et al.*, 2008), más recientemente en Alabama y Mississippi (Formby *et al.*, 2012) [Cuadro 1 y Figura 13].

Cuadro 1: Distribución geográfica de *R. lauricola* en Estados Unidos de Norteamérica.

| Localización | Referencia | Situación actual | Estatus | Invasivo |
|------------------|---|------------------|---------|----------|
| Florida | Hodges and Eickwort, 2009; Cameron <i>et al.</i> , 2008; Fraedrich <i>et al.</i> , 2008 | Establecido | Exótico | Invasivo |
| Georgia | Cameron <i>et al.</i> , 2008; Hodges y Eickwort, 2009, Crane, 2009 | Establecido | Exótico | Invasivo |
| Carolina del Sur | Fraedrich, 2008; Cameron <i>et al.</i> , 2008 | Establecido | Exótico | Invasivo |
| Mississippi | Formby <i>et al.</i> , 2012 | Establecido | Exótico | Invasivo |
| Alabama | Formby <i>et al.</i> , 2012 | Establecido | Exótico | Invasivo |

Para el año 2011, USDA reporta la distribución de la enfermedad de la marchitez del laurel en EUA (Figura 13)

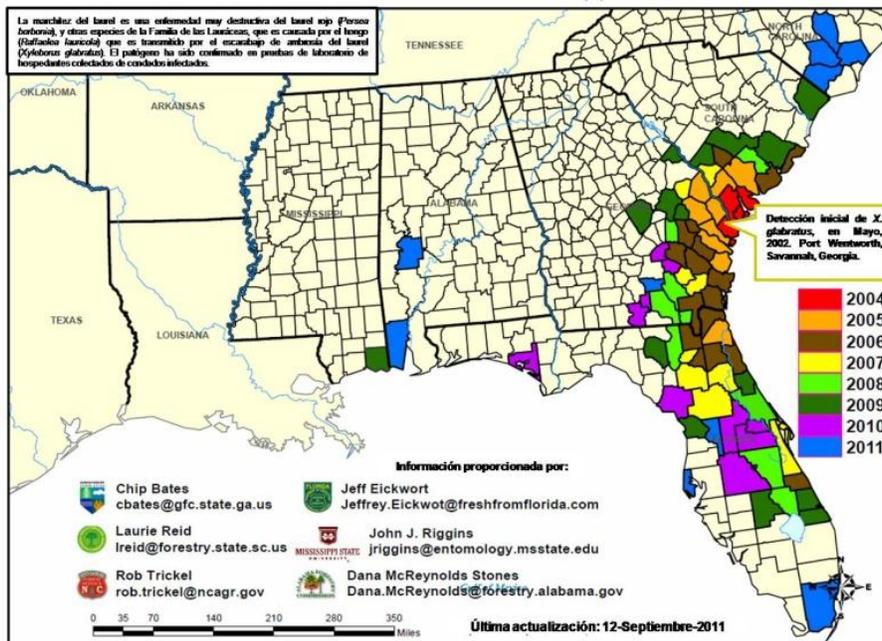


Figura 13: Distribución de los condados con la enfermedad de la marchitez del laurel sobre *Persea borbonia* (laurel rojo), desde la detección inicial al año 2011 (USDA, Centro Nacional de Información de Especies Invasoras: Laurel Wilt).

4.1.2.3.3 Aspectos biológicos

Al igual que los escarabajos ambrosiales de la subtribu Xyleborina, *X. glabratus* no se alimenta de la madera si no que los adultos y larvas se alimentan de las hifas y conidios del hongo, el cual es inoculado en las galerías que excavan las hembras en el xilema del árbol (albura). Las esporas (conidios) del hongo son llevadas en las estructuras especializadas llamadas “micangios” que se encuentran en la base de la mandíbula de las hembras (Fraedrich *et al.*, 2008; Harrington *et al.*, 2008; Harrington y Fraedrich, 2010).

Los machos de las especies del género *Xyleborus* generalmente son más pequeños que las hembras y pobres voladores en comparación con ellas (Rabaglia, 2005). Autores como Hanula *et al.*, (2008) y Mayfield III y Thomas (2009), documentan que la actividad de vuelo de *X. glabratus*, tiende a ser mayor en la primavera en comparación con los meses de verano e invierno en el estado de Florida. En cuanto al patógeno se informa que aislamientos tomados de la albura de árboles enfermos, atacados por *X. glabratus* con claros síntomas de marchitez, fueron sembrados en diversos medios de agar hasta obtener aislamientos puros, mismos que fueron identificados por morfología y técnicas moleculares como *Raffaelea lauricola*.

El hongo *Raffaelea lauricola* produce conidios terminales en conidióforos, semejantes a los producidos por otras especies del mismo género. Otro género relacionado morfológicamente es *Ambrosiella*. Análisis filogenéticos de las secuencias de ADN ribosomal (ADNr) de ambos grupos, sugieren que las especies de *Raffaelea* y las de *Ambrosiella* constituyen grupos monofiléticos que surgen dentro del macro-género *Ophiostoma* (Gebhardt, *et al.*, 2005; Rollins *et al.*, 2001; Harrington *et al.*, 2005). El género *Ophiostoma* Sydow y P. Sydow es el hongo simbiote de la mayoría de los escarabajos ambrosiales a nivel mundial (Batra, 1967; Harrington *et al.*, 2008; Harrington, 2005).

Series de campo y estudios de laboratorio han confirmado que varias cepas de *Raffaelea* sp., son patógenas para el laurel rojo (redbay), al inducir síntomas de marchitez. El hongo que es constantemente aislado de *X. glabratus* es *R. lauricola*, situación que ha sido corroborada, cuando el escarabajo es capaz de introducir al patógeno en plantas sanas de laurel rojo cuando estas han expuestas al ataque del insecto. Por lo que se ha concluido que el patógeno causal de la marchitez vascular es *Raffaelea lauricola* (Batra, 1967; Harrington *et al.*, 2008).

4.1.2.3.4 Ciclo de vida del vector *Xyleborus glabratus*.

La duración de cada generación del vector se desconoce, pero se sabe que puede variar en función de la temperatura. Observaciones para documentar el ciclo de vida, realizadas por Hanula *et al.*, (2008) indican que el desarrollo de huevo a adulto oscila de 50 a 60 días. Los adultos se pueden encontrar en el campo durante todo el año a lo largo de la costa sureste en EUA, pero se presentan en menor número a finales de otoño y a principios del verano (Crane *et al.*, 2008).

Algunos estudios, realizados en EUA, señalan que la época de vuelo de las hembras es mayor en los meses de junio a octubre (verano). Sin embargo, en un estudio realizado en la Isla Huntington, Carolina del Sur, al realizar los monitoreos se observó la época de vuelo de las hembras se presenta durante el otoño y el invierno (Figura 14) (Hanula *et al.*, 2008). Esto es debido a que la zona tiene un promedio de temperaturas mínimas, un poco más bajo a partir del mes de octubre hasta marzo que la que se presenta al sur de Florida durante esos mismos meses, por lo que estos resultados no pueden reflejar el comportamiento de la hembra del escarabajo de ambrosía del laurel (Hanula *et al.*, 2008; Crane *et al.*, 2008).

Muchos autores sugieren que el escarabajo ambrosiales del laurel no produce feromonas de agregación (atraymentes) (Rabaglia *et al.*, 2006; Hanula *et al.*, 2008). Algunas evaluaciones con “pernos” (piezas de madera) o tapones infectados experimentalmente con el hongo que causa la marchitez del laurel no son atraymentes para los adultos de *Xyleborus glabratus*, pero sí para otras especies de escarabajos ambrosiales los cuales pueden ser colonizadores secundarios que llegaron al

hospedante ya enfermo. Lo anterior sugiere que el escarabajo ambrosial del laurel rojo es atraído por otro tipo de atrayentes aún desconocidos, que producen las especies hospedantes (por ejemplo, del laurel rojo, aguacate, etc.) [Rabaglia *et al.*, 2006]. Dichas sustancias pueden ser generadas por los propios árboles al ser sometidos a factores externos como estrés hídrico, heridas por animales, o cualquier otro tipo de daño; lo que los hace más atractivos para el escarabajo que aquellos árboles que se encuentran sanos (Hanula *et al.*, 2008).

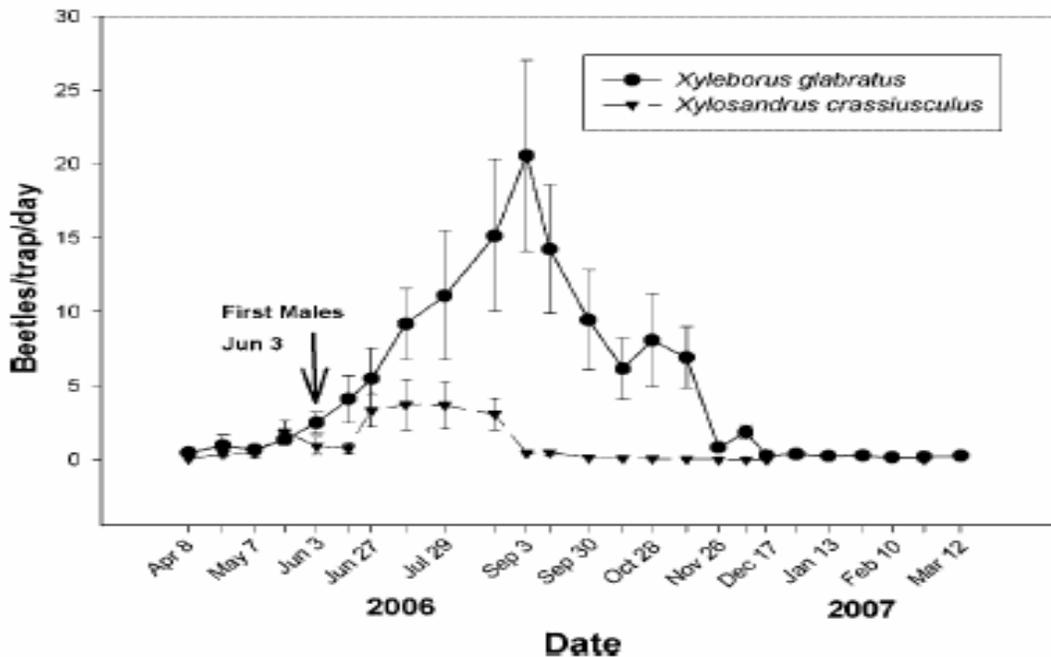


Figura 14. Número promedio de escarabajos *Xyleborus glabratus* y *Xylosandrus crassiusculus* capturados en trampas de luz, colocadas en árboles de laurel rojo en Hunting Island State Park, South Carolina (Hanula *et al.*, 2008).

Conociendo este tipo de hábito, se infiere que la poda de árboles, de especies como el aguacate, representaría un mayor riesgo de ser atacado, que el que pudiera representar en especies que no poseen algún tipo de manejo, o especies netamente silvestres.

Para respaldar lo anterior, experiencias realizadas recientemente por Kendra *et al.* (2011 a y b) exponen que algunos atrayentes experimentales evaluados para el escarabajo ambrosial del laurel, como plantas sanas de aguacate (variedades de India,

México y Guatemala), litchi (*Litchi chinensis* -como hospedante no natural pero que libera altos contenidos del sesquiterpeno α -copaene [presunto atrayente]), manuka y phoebe (atrayentes comerciales), han revelado que *X. glabratus*, no ha mostrado ninguna preferencia, ni por las variedades de aguacate sanas, ni por los atrayentes comerciales; sin embargo, sí muestra atracción por los volátiles que se desprenden de las superficies de las ramas o troncos de aguacate recién cortados. Los mismos autores, mencionan que de los productos químicos volátiles evaluados (α -copaeno, β -cariofileno, y un humuleno), se encontró que los compuestos presentes en el litchi, son más atractivos que los del aguacate, por lo que los primeros pueden ser una fuente atrayente adicional para el escarabajo ambrosial del laurel rojo. Estos resultados, están siendo utilizados por diversas instituciones en los EUA, mismas que participan en los programas de vigilancia del insecto, para generar las bases para el desarrollo de mejores atrayentes para el escarabajo de ambrosía del laurel rojo, los cuales se espera que estén disponibles en el corto plazo.

4.1.2.3.5 Hospedantes del complejo causante de la marchitez del laurel

El ámbito de hospedantes completo para *X. glabratus* en los EUA se desconoce. Sin embargo, todos los miembros americanos de la familia de las lauráceas pueden de alguna manera ser susceptibles al ataque del insecto y la enfermedad (Ploetz y Peña, 2007).

En los EUA se reporta que *Xyleborus glabratus* prefieren los troncos de las plantas de la familia Lauraceae, aunque existen algunos reportes en Asia donde se menciona atacando algunas especies de la familia Fabaceae (*Leucaena glauca* L. Benth.), Dipterocarpaceae (como *Shorea robusta* Gaertner F.), Fagaceae (*Lithocarpus edulis* (Makino) Nakai), (Rabaglia *et al.*, 2006; Koch y Smith, 2008). De las numerosas especies de Lauraceae en Florida, algunas de ellas son especies forestales, algunas de valor ornamental y de una especie cultivada que es el aguacate, siendo la especie cultivada de mayor valor comercial (Hanula *et al.*, 2008).

Actualmente, el reporte de hospedantes del escarabajo ambrosial del laurel y el hongo incluye el *Persea borbonia* (laurel rojo), *Persea palustris* (swampbay), *Sassafras*

albidum (sassafras), *Phoebe lanceolata* y *Persea americana* (aguacate) (Fraedrich *et al.*, 2007; Ploetz *et al.*, 2011; Mayfield III *et al.*, 2008b). El hongo causante de la marchitez del laurel fue identificado en plantas de *Lindera melissifolia* (pondberry), *Cinnamomum camphora* (alcanfor) y *Litsea aestivalis* (pondspice) (Rabaglia *et al.*, 2006; Smith *et al.*, 2009ab; USDA-Forest Service, 2011). Investigaciones han demostrado que *Lindera benzoin* y *Umbellularia californica* (laurel de california) son hospedantes experimentales de *Raffaelea* sp., pero no existen registros de plantas infectadas de manera natural (Fraedrich, 2007b; Fraedrich *et al.*, *In Press* citados por el USDA-APHIS, 2007; Gramling, 2010).

Fraedrich *et al.*, (sin publicar) y citado en el reporte de NPAG del USDA-APHIS, mencionan que dichos investigadores encontraron insectos de *X. glabratus* en galerías de *Acer rubrum* (arce rojo) y *Lindera*, a nivel experimental, pero no en condiciones naturales, pero que es probable que se encuentren en especies del género *Lindera* y algunos otros géneros que pertenecientes a la Familia Lauraceae. Algunos investigadores, como Rabaglia *et al* (2006), sugieren que *X. glabratus*, es el único entre los xileborinos con un rango de hospedantes restringido principalmente a la familia Lauraceae; mencionan que no obstante el insecto se reportó en la especie *Shorea robusta* (que no es una miembro de la Familia Lauraceae), el hecho de que sea muy aromático hace pensar que algunos de los productos químicos volátiles que contiene sean los que atraen a los *X. glabratus*. Ahora, en cuanto al hongo *Raffaelea lauricola*, no ha sido reportado afectando especies como *Quercus alba* (roble blanco) especie abundante en regiones de los Estados Unidos (Fraedrich *et al.* en impresión para su publicación citado por USDA-APHIS, 2007); pero se piensa que esta enfermedad podría afectar especies de los géneros *Acacia* y *Leucaena* en los Estados Unidos, ya que afecta a la *Leucaena glauca* (= *L. leucocephala*) en las Islas Bonin (Nobuchi y Ono, 1973).

Esta asociación de insecto-hongo, se ha reportado en numerosas especies forestales en Asia, éstas incluyen *Lindera latifolia* (Benjuí de Asia), *Litsea elongate* (Litsea amarilla) y *Shorea robusta* (sal). Sin embargo, aún no hay reportes en Asia de esta plaga atacando *Persea americana* (aguacate) [Crane y Peña, 2008].

4.1.2.3.6 Desarrollo de la Marchitez del laurel

La атаque se inicia cuando la hembra de *X. glabratus* recién emergida busca árboles o ramas de un hospedante nuevo para iniciar la cría y alimentación de su descendencia. La hembra comienza con el reconocimiento del hospedante potencial y si es el adecuado, comienza a barrenar el túnel donde inoculará las esporas de su hongo simbiote (*Raffaelea lauricola*), el cual tiene resguardado en sus micangios (Figura 15). A medida que el escarabajo taladra el árbol formando galerías, un poco mayores que el diámetro transversal de su cuerpo, va depositando las esporas del hongo en las paredes de las galerías frescas, al poco tiempo las esporas germinan hasta colonizar la albura de la planta hospedera (Figura 15) [Fraedrich *et al.*, 2008; Hughes y Mayfield 2009].

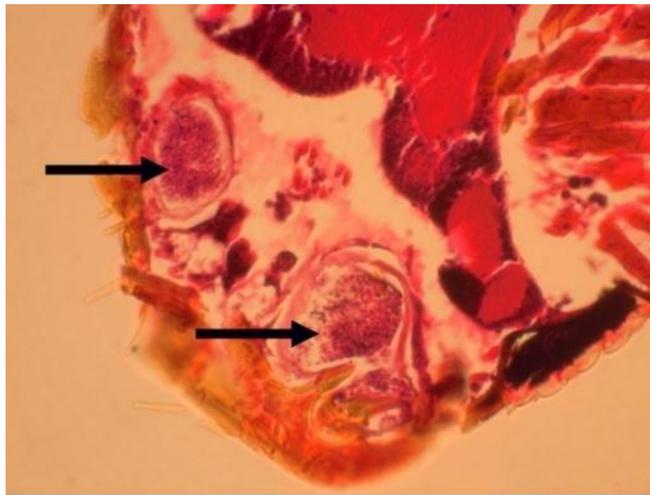
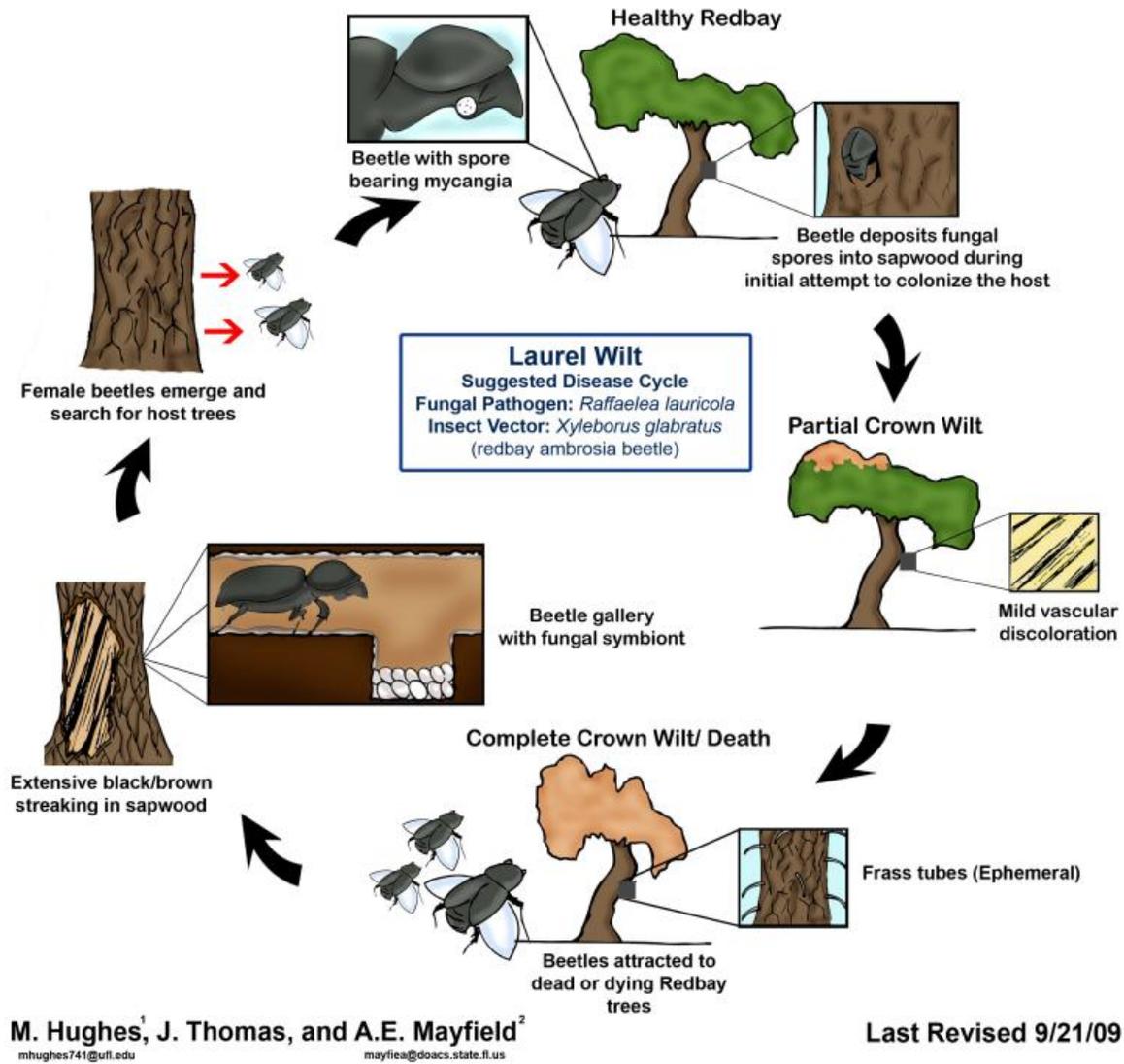


Figura 15. Estructuras del aparato bucal de *X. glabratus* llamadas micangios donde se almacenan las esporas de *R. lauricola*, foto de Myke Ulishen.



Figura 16. Galerías de los escarabajos de ambrosía en el laurel rojo (Jonhson, 2005).

Las hifas del hongo en la albura colonizada bloquean el movimiento del agua y nutrientes en el árbol (Figura 16), estos primeros ataques son suficientes para iniciar con el desarrollo de la enfermedad en el árbol, lo cual es evidente al presentarse síntomas típicos de marchitez (Fraedrich *et al.*, 2008, Harrington *et al.*, 2008). En la figura 17 se muestra el ciclo de vida del complejo formado por el escarabajo ambrosial del laurel y su hongo simbionte *R. lauricola* (Fraedrich *et al.*, 2008).



¹University of Florida, Institute of Food and Agricultural Sciences, Department of Plant Pathology, P.O. Box 110680, Gainesville, FL 32611
²Florida Department of Agriculture and Consumer Services, Division of Forestry, 1911 SW 34th Street, Gainesville, FL 32608

Figura 17: Ciclo de la enfermedad marchitez del laurel (*Raffaelea lauricola*) tomado de Hughes y Mayfield (2009).

El patógeno se mueve sistémicamente en la albura del árbol causando una restricción en el flujo de agua, provocando que las hojas se marchiten. El follaje adquiere una coloración rojiza o violácea, que se puede encontrar en partes de la corona inicialmente. En el laurel rojo, toda la corona finalmente se marchita y se vuelve de una

coloración marrón durante un período que puede durar desde unas pocas semanas a 2-3 meses. Las hojas marchitas pueden permanecer unidas al árbol un año o más (Hanula *et al.*, 2008).

La mayoría de los escarabajos de ambrosiales atacan a las plantas que se encuentran moribundas o muertas, pero algunos de ellos en particular las especies exóticas como las del género *Xylosandrus*, que se encuentran en el sureste de los EUA, atacan árboles y arbustos aparentemente sanos. En los EUA, *X. glabratus* se ha reportado atacando hospedantes saludables (Hanula *et al.*, 2008).

4.1.2.3.7 Diseminación y dispersión del complejo *X. glabratus*-*R. lauricola*

En cuanto a la vía de introducción de este complejo formado por el escarabajo ambrosial del laurel y su hongo simbionte, se tienen varias teorías; siendo la más aceptada la que menciona que debido a que varios productos madereros y de embalaje son movilizados en todo el mundo a un ritmo cada vez mayor y que el tipo de organismos que albergan pueden ser muy variados, los más peligrosos, en este sentido son aquellos que se encuentran en la corteza, como son los escolítidos (Coleoptera:Curculionidae:Scolytinae) ya que se encuentran a menudo en los envíos de estos materiales.

De acuerdo con el APHIS en sus informes de 1985-2000, se reporta la intercepción de más de 600,000 insectos de esta subfamilia durante este tiempo. Esto es por su naturaleza críptica, amplio rango de hospederos, la variedad de los hábitos de apareamiento y de refugio que presentan como parte de su comportamiento. Desde los años 1800 a 1980 se han registrado 29 reportes de escolítidos que no son nativos en América del Norte, y desde entonces ha habido otros 26 establecimientos.

De acuerdo con Koch y Smith (2008) estos escarabajos se han propagado en los Estados Unidos a una velocidad de entre 30 a 100 km / año, no obstante la transportación accidental a grandes distancias por los seres humanos, sea un también un factor de aceleración, como lo sugiere la detección de *X. glabratus* en el Condado de Indian River, Florida, en 2006, a 200 kilómetros desde el otro condado infestado más cercano.

4.1.2.3.8 Síntomas del complejo *X. glabratus*-*R. lauricola*

En las plantas infestadas se pueden observar pequeños tapones de virutas compactadas, que sobresalen de los orificios a lo largo de los troncos y ramas. Aunque éstos no siempre están presentes, ya que se desintegran fácilmente (Figuras 18 y 19). Si eliminamos la corteza del árbol, se pueden observar las perforaciones en la madera (Figura 20), que es por donde entra el insecto, además hay manchas oscuras que son producidas por el hongo a medida que se extiende a los tejidos conductores de agua y nutrientes (xilema) (Figura 21).



Figura 18. Tapones pequeños de viruta compactada sobresalen de los pequeños agujeros taladrados a lo largo de troncos y ramas. Crédito de fotografía: cortesía de Albert Mayfield, Florida Department of Agriculture and Consumer Services.



Figura 19. Signos de infestación severa de *Xyleborus glabratus* en árboles de laurel rojo, en las que se observan los orificios de entrada de los escarabajos de ambrosía (Mayfield y Thomas, 2009).



Figura 20. Perforaciones en troncos, que muestran los sitios de entrada de las hembras adultas, se observan residuos de los tapones de viruta (Mayfield y Thomas, 2009).



Figura 21. Síntomas de la colonización del hongo causante de la marchitez del laurel rojo (*Raffaelea lauricola*): a) la eliminación de la corteza revela una coloración oscura en la albura y b) la coloración oscura en zonas más profundas de la albura indica que el árbol ha sido infestado por el escarabajo ambrosial del laurel rojo y que el leño ha sido colonizado por el hongo de la marchitez del laurel. Las hifas del hongo que ha colonizado la albura bloquean el movimiento de agua y nutrientes en el árbol. Crédito de fotografías: cortesía de Albert Mayfield, Florida Department of Agriculture and Consumer Services.

En el exterior hay una marchitez de las hojas y ramas jóvenes en algunas secciones del árbol (en ocasiones el árbol completo si el tronco está infestado), en el caso de las hojas estas pueden caerse, o de lo contrario secarse y permanecer unidas a las ramas (Figura 22); estos síntomas siguen avanzando, originando una muerte progresiva de hojas, tallos y troncos, hasta que eventualmente la muerte del árbol es inminente (Figura 23) (Rabaglia, 2005; Fraedrich *et al.*, 2008).



Figura 22. Hojas y ramas jóvenes marchitas en aguacates infestados. Crédito de fotografía: cortesía de Jason Smith, IFAS, Department of Forestry and Conservation, Gainesville, Florida.



Figura 23. Síntomas del ataque de la enfermedad de la marchitez del laurel en los bosques con laurel rojo (Johnson, 2005).

4.1.2.3.9 Impacto

4.1.2.3.9.1 Importancia económica y ecológica

Dado el actual patrón de mortalidad del laurel rojo y la expansión rápida de *X. glabratus*, así como del hongo asociado, ambos tienen el potencial de afectar gravemente a las especies de la Familia Lauraceae en el sureste de los Estados Unidos. En el sitio de la detección inicial de *X. glabratus* en Florida, la mortalidad del laurel rojo ha aumentado de 10% a más del 90% en un período de quince meses (Figura 24) (Fraedrich *et al.*, 2008).

Las áreas cercanas a Hilton Head, Carolina del Sur han experimentado la mortalidad casi total de la población local del laurel rojo. En cuanto a esta especie forestal su importancia para la vida silvestre radica en que las frutas, semillas y/o follaje son comidos por varias especies de aves (como por ejemplo guajolotes silvestres, codornices, etc.), venados y el oso negro (Brendemuehl, 1990).

En el sur de Carolina del Sur y norte de Florida, las larvas de *Papilio palamedes* (Drury) se alimentan principalmente de especies de *Persea* silvestres. También existe una considerable preocupación sobre el impacto potencial que la marchitez de laurel pudiera ocasionar en el cultivo del aguacate (*P. americana*), que es una de las especies de mayor importancia económica en Florida. Algunas variedades de aguacates se han encontrado afectadas por el complejo *X. glabratus*-*R. lauricola* en el campo (Mayfield III *et al.*, 2008a, 2008b). Koch y Smith, (2008) no conocían el impacto que se tendría una vez que llegara a las zonas de producción de aguacate a gran escala localizadas en el sur de Florida.

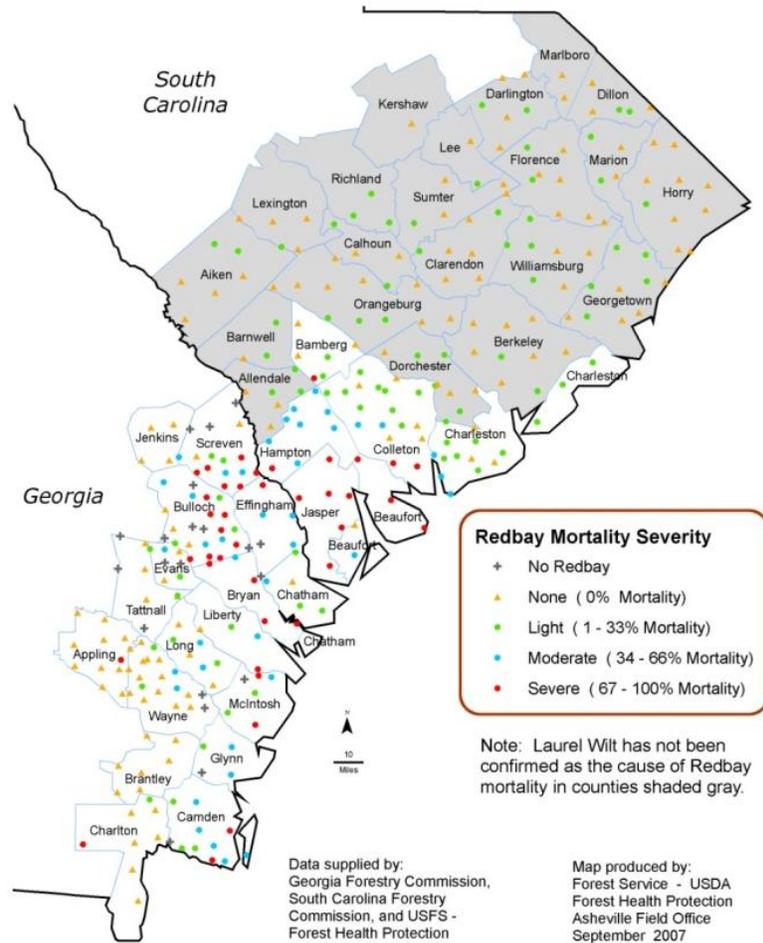


Figura 24. Distribución de la mortalidad del laurel rojo en los distritos de Carolina del Sur y Georgia en los años 2006 y 2007 (USDA-NPDRS, 2011).

Para el 2010 y ya una vez reportada la presencia de la enfermedad en el cultivo de aguacate Evans *et al.*, (2010) comentan que las pérdidas directas en la industria del aguacate en Florida, van desde la disminución en las ventas del producto, daños de propiedad e incremento en los costos de producción en donde el rango es de 356 millones de dólares (lugares donde no realizan el control de la enfermedad) hasta 183 millones de dólares (lugares donde se realiza el control con un 50% de efectividad).

4.1.2.3.10 Manejo del complejo *X. glabratus*-*R. lauricola*

4.1.2.3.10.1 Control cultural

En los EUA para evitar el establecimiento y dispersión tanto del vector como del patógeno, se han realizado las siguientes acciones reportadas por Hanula y Sullivan (2008) y Crane *et al.* (2011):

- a) Evitar la movilización de material vegetal propagativo, leña, material de embalaje tanto del laurel rojo como de otros hospedantes.
- b) En las áreas agrícolas y zonas forestales se deberá realizar monitoreos e inspecciones constantes, para poder detectar los signos en árboles (amarillamientos, decoloraciones, marchitamientos, orificios de entrada, etc.), que nos hagan sospechar del ataque del escolítido o de la enfermedad. Para llevar a cabo detecciones del insecto en los Estados Unidos se han establecido algunos programas de monitoreo con trampas como la que se muestra en la figura 25.



Figura 25. Trampa de embudo Lindgren en plantaciones de laurel rojo para el monitoreo de la actividad de vuelo de *Xyleborus glabratus* (Mayfield, 2005).

Los primeros esfuerzos para controlar a *Xyleborus glabratus* vector de la enfermedad de la marchitez del laurel en los EUA, fueron el utilizar tallos de laurel rojo (que los atrae fácilmente) y colgarlos en una trampa de embudo de Lindgren o algunas otras trampas de vuelo (Figura 26); sin embargo, esto no es muy recomendable ya que el material no siempre está disponible. Hanula y Sullivan (2008) encontraron que los aceites de phoebe y manuka, son atractivos para el escarabajo y debido a que hay mayor disponibilidad comercial de estos atrayentes, se han utilizado como alternativa para la detecciones de las actividades de vuelo de *X. glabratus* (Figura 26).



Figura 26. Trampa de embudo Lindgren cebada con aceite de manuka suspendida de un árbol de laurel rojo (*Persea borbonia*) en Miami, Florida para monitoreo de la actividad de vuelo de *Xyleborus glabratus* (Derksen, 2005).

- c) Mantener a los árboles tan sanos como sea posible, es decir, proporcionar la fertilización y riego adecuado, pues generalmente, los escarabajos ambrosiales

atacan los árboles que sufren de un algún tipo de estrés ambiental (por ejemplo, sequía, inundación, congelación, deficiencias nutricionales, etc.) o cultural (como por ejemplo las podas).

- d) Realizar la destrucción de árboles infestados en la misma área donde fue detectado, ya que se sabe que aún en las virutas o astillas de madera se pueden encontrar estados inmaduros del insecto, por lo que el picado de ramas, troncos, y cualquier otra estructura vegetal debe ser composteado, y así eliminar al hongo y evitar la sobrevivencia de ambos, ya que actualmente no existen tratamientos altamente efectivos (para la prevención y control de este insecto y su patógeno asociado), siendo ésta una práctica necesaria para reducir la dispersión de este insecto y de la enfermedad.
- e) Cuando sea necesario realizar podas, deberán realizarse durante el otoño o el invierno, por las mañanas, cuando la actividad de *X. glabratus* es baja, además las superficies de corte deben ser tratadas con insecticidas de contacto y de actividad residual.

4.1.2.3.10.2 Control químico

El control químico de *X. glabratus* a través de pulverizaciones aéreas es complicado y poco práctico porque los adultos deben estar en el área inmediata que se trata. No obstante, la recomendación actual, en Florida, es la aplicación del insecticida sistémico imidacloprid, iniciando a principios del mes de marzo. Además los árboles que se encuentren cercanos al infectado, deben ser tratados con insecticidas de contacto (como fenpropatrin o malatión), a fin de matar a los adultos voladores (Crane *et al.*, 2011). La investigación continúa para determinar si el ataque del escarabajo es diferente entre las variedades de aguacate, además de pruebas con repelentes e insecticidas para el control del escarabajo.

Algunas investigaciones han evaluado la eficacia de ciertos fungicidas en la protección de árboles contra la marchitez del laurel, tal es el caso del propiconazol y thiabendazol (Mayfield III *et al.*, 2008a), mediante inyecciones a los troncos, mismas que han sido

satisfactorias, pero, muy probablemente esta técnica de aplicación no sea muy factible para áreas con plantaciones comerciales de aguacate. Por lo tanto en la actualidad, no existen fungicidas registrados para el aguacate, que controlen a la enfermedad de la marchitez del laurel. No obstante la investigación continúa, para poder determinar la susceptibilidad de los hospedantes (particularmente el cultivo de aguacate) y sus posibles estrategias de control para poder disminuir el impacto de la enfermedad de la marchitez del laurel (Crane *et al.*, 2011).

Para el año 2011, el Gobierno de los Estados Unidos mediante la EPA, autorizo el uso del propiconazol, como un fungicida para el control de la enfermedad de la marchitez del laurel (EPA, 2011)

4.1.2.3.10.3 Control genético

Hasta el día de hoy no se han reportado variedades de aguacate que muestren un grado de tolerancia a la enfermedad de la marchitez del laurel, no obstante, algunos estudios preliminares del impacto que este complejo pueda causar en la producción de aguacate de han encontrado que algunas variedades de aguacate presentan susceptibilidad al hongo en mayor proporción, y de este modo identificar posibles caminos para el desarrollo de variedades resistentes, sin embargo, el avance en esta área aún es limitado. Aunque resultados preliminares mencionan que las variedades “Donnie”, “Simmonds” y “Monroe”, son susceptibles a ser atacados por *X. glabratus*, y que las variedades “Brogdon” es altamente susceptible, la variedad “Simmonds” es moderadamente susceptible y la variedad “Reed” es poco susceptible al ataque del hongo de la marchitez del laurel (Mayfield III y Thomas, 2006).

5.2 Etapa II: Evaluación del riesgo de plagas

5.2.1 Categorización de una plaga

a) Identidad

Vector de la enfermedad Marchitez del laurel

Posición taxonómica

| | |
|-------------|------------------|
| Phylum: | Artropoda |
| Clase: | Insecta |
| Orden: | Coleoptera |
| Familia: | Curculionidae |
| Subfamilia: | Scolytinae |
| Tribu: | Scolytini |
| Subtribu: | Xyleborina |
| Género: | <i>Xyleborus</i> |
| Especie: | <i>glabratus</i> |

Agente causal de la enfermedad Marchitez del laurel

Posición taxonómica

| | |
|----------|---------------------------|
| Reino: | Fungi |
| Phylum: | Ascomycota |
| Clase: | Ascomicetes |
| Orden: | Ophiostomatales |
| Familia: | Ophiostomataceae |
| Género: | <i>Raffaelea</i> |
| Especie: | <i>lauricola</i> sp. nov. |

b) Presencia o Ausencia en el Área de ARP

En la actualidad no se encuentran reportes que documenten la presencia del agente patogénico ni del vector. Por lo tanto la enfermedad de la Marchitez del laurel se considera Ausente.

c) Estatus regulatorio

El complejo *Raffaelea lauricola*-*Xyleborus glabratus* no están referidos como plagas de interés cuarentenario en ninguna Norma Oficial Mexicana u Hoja de Requisitos Fitosanitarios. Por la información expuesta en este documento debe de considerarse como una plaga cuarentenaria no reglamentada para México.

d) Potencial para el establecimiento y dispersión

La Familia Lauraceae de acuerdo con Van der Werff y Loera, (1997) tiene aproximadamente 50 géneros, de 2500 a 3000 especies, mayormente de distribución tropical y subtropical. En México, autores como Loera-Hernández (2002), comenta que la diversidad de lauráceas es principalmente compuesta por 10 géneros: *Aiouea*, *Beilschmiedia*, *Cassytha*, *Cinnamomum*, *Licaria*, *Litsea*, *Mocinnodaphne*, *Nectandra*, *Ocotea* y *Persea*. La diversidad y abundancia de especies de la familia en algunos bosques del país ha resultado en su reconocimiento como "Bosques de Lauráceas", de gran interés biológico por la diversidad total de plantas y animales que albergan.

No hay que olvidar que algunas de estas incluyen plantas de gran importancia comercial como el aguacate (*Persea americana* Mill.) y la canela (*Cinnamomum verum* Presl), la primera, de origen mesoamericano, se cultiva ampliamente en México y también localmente en la región de esta Flora, de acuerdo al SIAP (2011) tan sólo para el aguacate var. Hass, la superficie sembrada al 2010 fue de 134,322.12 hectáreas, donde los cinco principales estados productores son: Michoacán, Jalisco, Estado de México, Morelos y Nayarit.

e) Potencial para producir consecuencias económicas

Desde la detección inicial de *X. glabratus* en el estado de Florida, la mortalidad del laurel rojo (*Persea borbonia*) ha aumentado de 10% a más del 90% en un período de quince meses (Fraedrich *et al.*, 2008). Las áreas cercanas a Hilton Head, Carolina del Sur han experimentado la mortalidad casi total de la población local del laurel rojo. En cuanto a esta especie forestal su importancia para la vida silvestre radica en que las frutas, semillas y/o follaje son comidos por varias especies de aves (como por ejemplo guajolotes silvestres, codornices, etc.), venados y el oso negro (Brendemuehl, 1990).

Para el año 2010, una vez reportada la incidencia de la enfermedad en el cultivo de aguacate Evans *et al.*, (2010) comentan que las pérdidas directas en la industria del aguacate en Florida, van desde disminución en las ventas del producto, daños de propiedad e incremento en los costos de producción en dónde el rango es de 356 millones de dólares (lugares donde no se realiza el control de la enfermedad), hasta 183 millones de dólares (lugares donde se lleva a cabo el control con un 50% de efectividad). Koch y Smith, (2008) no conocían el impacto que se tendría una vez que llegara a las zonas de producción de aguacate a gran escala localizadas en el sur de Florida. En México el SIAP (2011) reporta que tan sólo para el aguacate var. Hass, la superficie sembrada al 2010 fue de 134,322.12 hectáreas, con una producción de 1, 107,135.16 toneladas y cuyo valor fue de valor de la producción de \$14,165,758,000.

f) Conclusión de categorización.

Este trabajo representa la primera recopilación de información bibliográfica disponible en América Latina, tanto del vector (*Xyleborus glabratus*) como del hongo patógeno (*Raffaelea lauricola*), causantes de la enfermedad del Laurel wilt, conocida como la marchitez del laurel rojo; el cuál es fundamental para la elaboración del Análisis de Riesgo de Plagas respectivo, algunos trabajos han sido publicados y se encuentran disponibles de manera electrónica el “Plan para la recuperación del ataque de Laurel wilt-avocado, ocasionada por *Raffaelea lauricola*” (“*Recovery Plan for Laurel wilt of Avocado*”-caused by *Raffaelea lauricola*-) (USDA-NPDRS, 2011).

Por lo tanto, la categorización de este complejo de plagas y su situación regulatoria en México queda de la siguiente manera: no se encontraron reportes bibliográficos que demuestren la presencia de esta enfermedad (patógeno-vector), no hay referencias que incluyan a *Xyleborus glabratus-Raffaelea lauricola* en alguna Norma Oficial Mexicana (NOM) o requisitos fitosanitarios de algún producto o subproducto vegetal. Por lo tanto, de acuerdo a la información contenida en este documento se sugiere que *X. glabratus-R. lauricola* sean consideradas como plagas cuarentenarias no reglamentadas para México.

5.2.2 Evaluación de la probabilidad de introducción (entrada y establecimiento) y dispersión

a) Probabilidad de entrada de una plaga

Las plagas forestales de insectos y enfermedades constituyen algunos de los ejemplos más dramáticos de especies invasoras. Estas plagas siguen extendiéndose a nuevos territorios a ritmos sin precedentes, con la asistencia del comercio mundial (Liebhold *et al.*, 1995; Haack 2001).

Vía de entrada: Embalaje de Madera

De acuerdo con los registros de EUA, se cree que las especies de *Xyleborus* spp, incluido *X. glabratus* ingresaron en los puertos de altura, en el material de embalaje de madera sólida, tales como jaulas y paletas, bases de frutas, entre otros (Haack, 2003 y 2006). Otra de las vías identificadas podría ser el uso de plantas infestadas con el vector y por consiguiente con el hongo, iniciando de esta manera la infección en nueva áreas.

Además si la vía es la madera empleada en el empaque o embalaje de productos, la presencia en Asia del complejo *Xyleborus glabratus-Raffaelea lauricola*, en países como Bangladesh, India, Japón, Myanmar y Taiwán, así como la distribución geográfica en el continente Americano, restringida aún a EUA (particularmente en los estados de Georgia, Carolina del Sur, Florida, Mississippi y Alabama hasta el año 2011). Se puede concluir que el intercambio comercial de productos provenientes de países con

presencia del complejo causante de la enfermedad de la marchitez del laurel, son un riesgo potencial de entrada a México. Ya que según datos de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, los volúmenes totales de importación de todos los productos que presenten material de embalaje originarios de Asia fueron para el 2010 de 14, 048,240 toneladas distribuidas por país de acuerdo a la Figura 27; y en el caso del total de importaciones cuyo origen es EUA para el 2010 fue de 48, 056,986 toneladas, como se muestra en la Figura 28 (SCT, 2012).

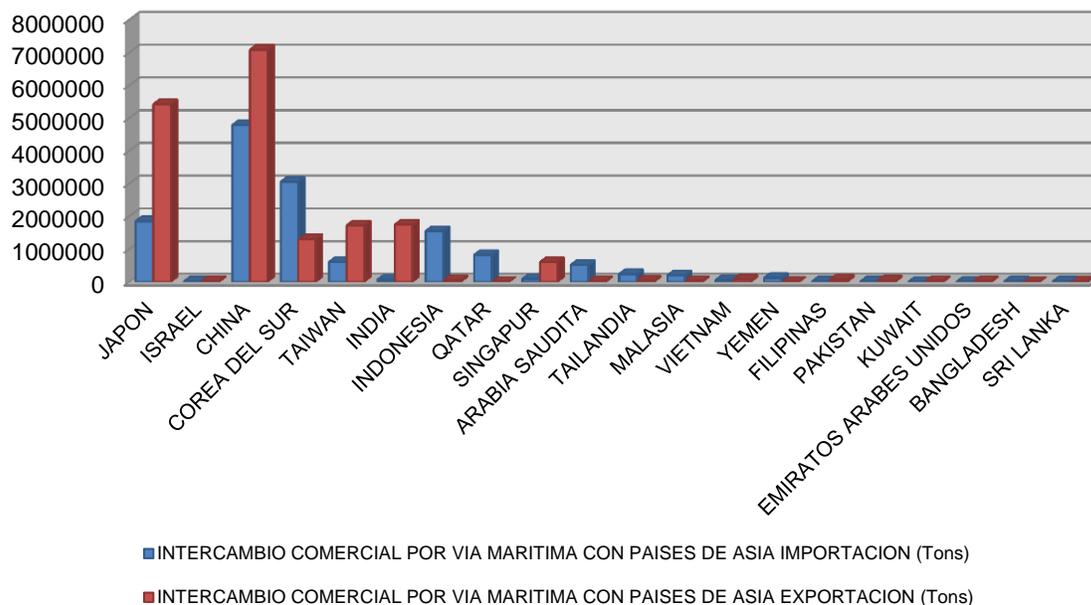


Figura 27: Comercio internacional entre México y países del continente Asiático en el 2010, de todos los productos. Fuente: SCT (2012).

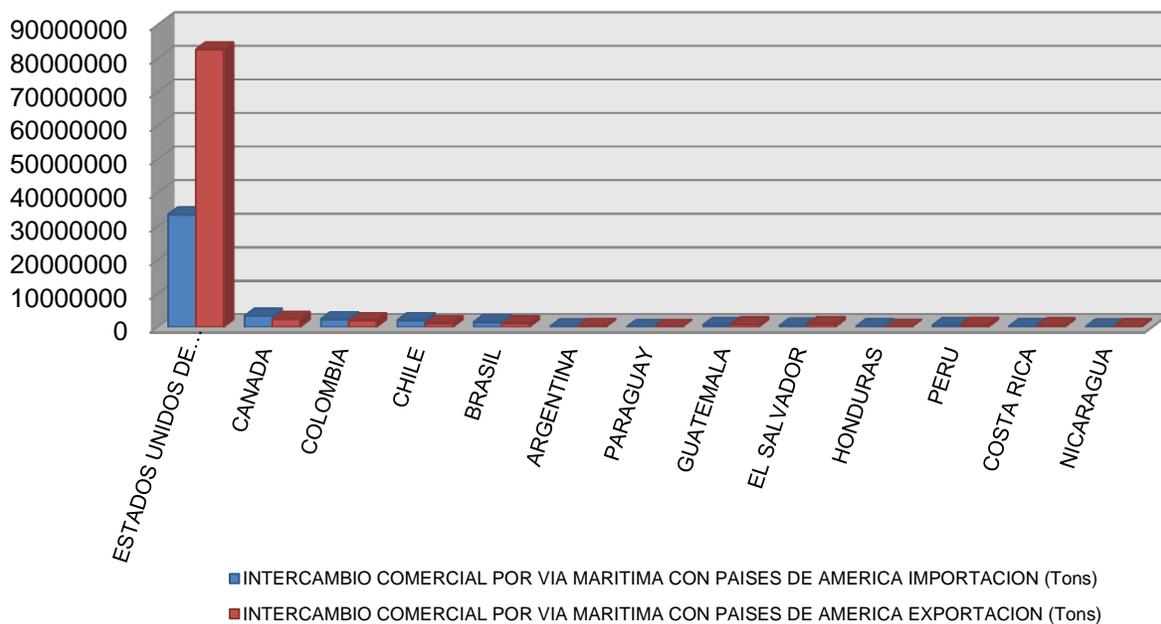


Figura 28: Comercio internacional entre México y países del continente Americano en el 2010, de todos los productos. Fuente: SCT (2012).

Es de hacer notar que en México, se realizan acciones para la inspección de la Marca utilizada internacionalmente para el embalaje de madera de acuerdo a lo establecido y en cumplimiento de la NIMF No. 15 “*Directrices para reglamentar el embalaje de madera utilizado en el comercio internacional*”; además en el alcance de la NIMF No. 15 donde escribe las medidas fitosanitarias para reducir el riesgo de introducción y/o diseminación de plagas cuarentenarias asociadas al embalaje de madera, fabricado con madera en bruto de coníferas y no coníferas, utilizado en el comercio internacional, incluyendo una Marca reconocida internacionalmente, estableciendo los procedimientos y requisitos, que permitan que las personas que utilizan embalajes de madera para el comercio internacional de bienes y mercancías, puedan cumplir con la normatividad internacional en materia fitosanitaria, siendo emitida la 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.

En cuanto a los datos disponibles para México, la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), mencionan que entre los años 2000 y 2005, se registraron 1454 intercepciones, de éstas el 37% fueron de embalaje de madera (Figura 29 y 30). Dentro de las muestras encontradas en el embalaje, el 49% corresponden a insectos y hongos de importancia cuarentenaria. Se identificaron 22 géneros de insectos y 4 géneros de hongos de importancia cuarentenaria; destacando entre los insectos *Heterobostrychus*, *Sinoxylon*, *Coptotermes*, *Anophlophora*, *Xyleborus*, y los hongos *Minthea* y *Ophiostoma*. Las intercepciones registradas proceden de 24 países, destacando China, India, Indonesia y Tailandia (SEMARNAT, 2006).

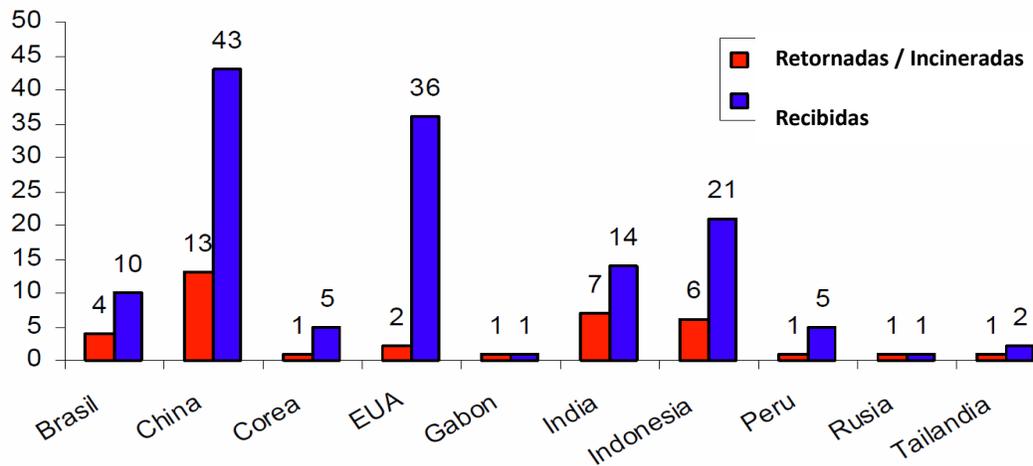


Figura 29. Muestras incineradas o retornadas a su origen por país en el 2005 (SEMARNAT, 2006).

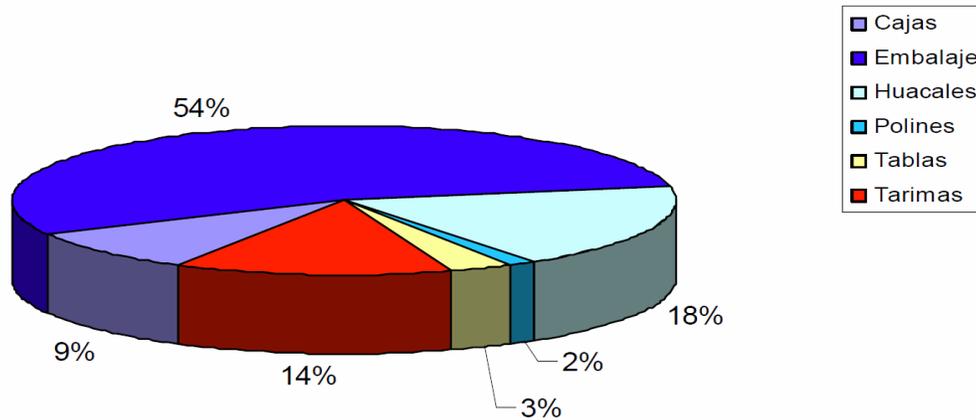


Figura 30. Porcentaje de insectos y hongos de importancia forestal detectados en el material de cajas, embalajes, huacales, polines, tablas y tarimas en México en el año 2005 [sobre un total de 171 remisiones] (SEMARNAT, 2006).

La figura 31 pueden ayudarnos a visualizar cuales pueden ser los orígenes de una posible infestación, si esta se presentase en México, ya que hay intercambio comercial con países que tienen la presencia de la enfermedad de la marchitez del laurel, como son EUA en América, y en India, Japón, Myanmar, Bangladesh en Asia. Aun cuando se tengan disposiciones sanitarias que regulan el material autorizado para embalaje de mercancías. Se tiene un potencial de riesgo ALTO.

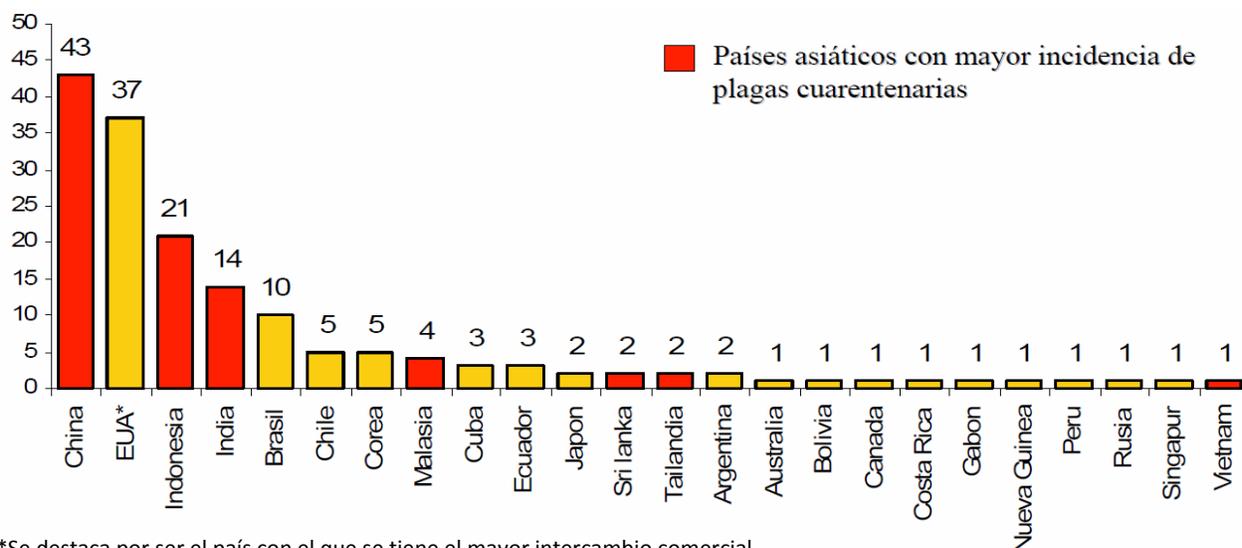


Figura 31. Países de procedencia de los productos detectados con insectos y hongos de importancia cuarentenaria forestal en el año 2005 (SEMARNAT, 2006).

Vía de entrada: Plantas o material vegetal propagativo de especies hospedantes.

La importación legal o ilegal de materiales de vivero (por ejemplo, esquejes, semillas, plantas) de países extranjeros se ha demostrado en repetidas ocasiones para transmitir plagas devastadoras (Kenney y Bagenski de 1998). A pesar de las alertas tempranas y específicas que las importaciones de material vegetal propagativo son la vía más peligrosa para el transporte de plagas exóticas. Se sabe que en el caso de complejos, los injertos entre árboles sanos y enfermos, no es recomendable, además las actividades de saneamiento son imprescindibles a fin de impedir la infección de árbol a árbol. Para el caso de la marchitez de laurel, observaciones realizadas en Florida, sobre injertos de raíz, indican que hay transmisión de *R. lauricola* y que probablemente esto puede repetirse en plantas de aguacate y laurel rojo (Ploetz y Smith, observaciones no publicadas citado por USDA-APHIS. 2007). No obstante, debemos recordar que la manera más efectiva de infección es con la participación del vector *X. glabratus*, ya que se requieren de pocos individuos para poder inducir la enfermedad (Fraedrich et al., 2008).

A fin de comprender el riesgo potencial de introducción del complejo causante de la enfermedad de la Marchitez del laurel, se realizó la búsqueda de información de la entrada a México de material vegetal de aguacate de países con presencia de esta enfermedad; teniendo como resultado que hasta la fecha no existen requisitos fitosanitarios o registros que indiquen que hay movilización de material propagativo como plantas y/o varetas de variedades o especies de *Persea* criollas, esto se obtuvo del Modulo de Consulta de Requisitos Fitosanitarios para la Importación de Mercancías Reguladas (antes sistema de consulta de las Hojas de Requisitos Fitosanitarios) del Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) [SENASICA, 2012].

El mejoramiento genético de los productores de aguacate del México y en particular del Estado de Michoacán es regional, ya que realizan colectas de materiales criollos, mismos que reproducen en viveros, para ser injertados con la variedad Hass. Muchos de estos materiales pueden ser adquiridos de colectas realizadas en los estados de Puebla, Estado de México, Michoacán y Morelos, cuyos fines sean el mejoramiento genético en aspectos como producción, rendimientos, tolerancia o resistencia a plagas, tolerancia a sequías, entre otras cosas. Son los viveristas, quienes dan abasto a la demanda de planta, algunos productores carecen en ocasiones de tecnología avanzada que les permita conseguir certificaciones de calidad y sanidad, por lo que el riesgo de adquirir plantas enfermas se incrementa (Sistema Producto Aguacate, 2005).

Por lo tanto el riesgo de entrada mediante por esta vía es MEDIO.

Vía de entrada: artículos de madera ingresados por el turismo.

Algunos materiales como muebles, artesanías u otros artículos pueden ser movilizadas mediante las personas, aunque este tipo de diseminación es difícil de cuantificar, pero existe evidencia de la diseminación de la enfermedad a otros sitios mediante la infección del laurel rojo de Jacksonville a Daytona Beach, Florida (Chemically Speaking, 2009); otros ejemplos de este tipo de dispersión antropocéntrica se documentan con las detecciones a más de 550 km en Mississippi (Riggins *et al.*, 2009) y en el Condado de Miami Dade a 140 km (Ploetz *et al.*, 2011a). Algunos autores mencionan que la

movilización de productos con madera infestada es la causante de la dispersión de la enfermedad, por lo que se han dado a la tarea de investigar sobre la viabilidad de este medio, en este contexto Spence *et al.*,(2011) realizaron pruebas a fin de aislar a *Raffaelea lauricola* de muestras de astillas de madera y de algunos insectos de *X. glabratus*, teniendo como resultado algunas emergencias de *X. glabratus*, pero en el caso de *R. lauricola*, no pudo ser aislada de ese material, lo que sugiere la posibilidad de que la enfermedad requiere del insecto para ser transmitido, y que es la manera en la que se disperso la enfermedad. Por lo que el potencial de entrada es ALTO.

Conclusión de la probabilidad de entrada

La probabilidad de entrada de *Xyleborus glabratus* a México es ALTA debido a que:

- Puede ingresar como contaminante en cargamentos enviados terrestre o marítima desde países con presencia de la plaga.
- Países asiáticos y los Estados Unidos de Norteamérica, son los principales socios comerciales de México, de los que se importan volúmenes considerables de mercancías, lo cual hace probable que *X.glabratus* pueda ingresar a México como contaminante en algún cargamento que se movilice desde la parte de Estados Unidos con presencia de la plaga hacia México.
- Durante una inspección es difícil de detectar, debido a que su tamaño es pequeño se encuentra dentro de la madera.
- Existen reportes de intercepciones de *Xyleborus* spp por diversas autoridades, quienes mencionan que cada vez son más frecuentes en el material de embalaje.

b) Probabilidad de establecimiento

Las condiciones climatológicas presentes en el mundo muestran la gran similitud entre México y los países dónde se encuentra presente el complejo *X. glabratus- R. lauricola*, esto de acuerdo a los datos de Magarey *et al.*, 2008 (Figura 32).

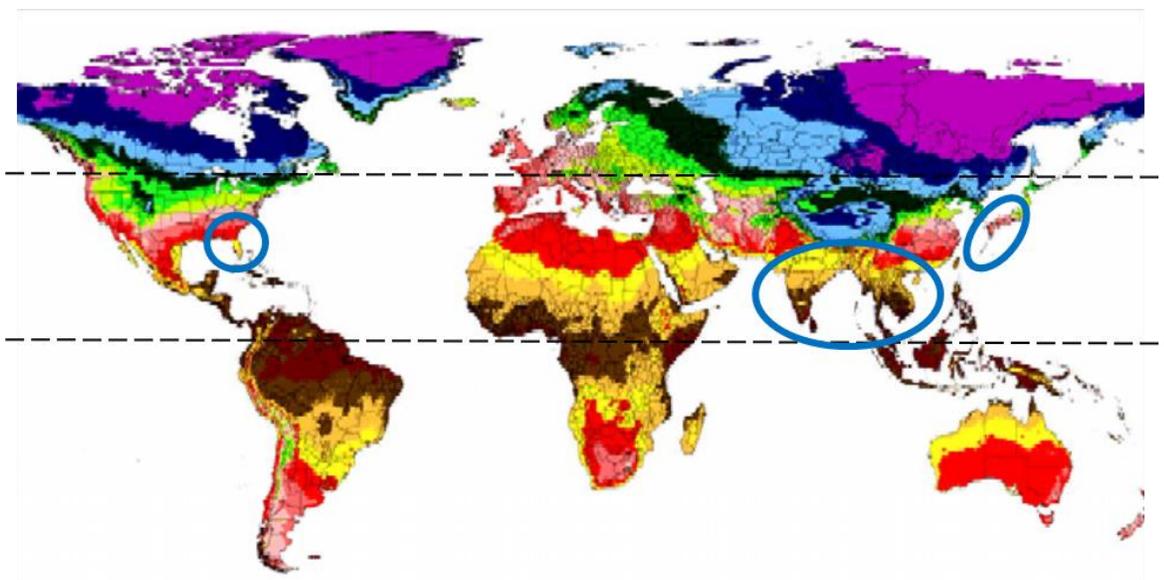


Figura 32. Área de distribución de *X. glabratus* en Asia y Estados Unidos (encerrada en una elipse) [Magarey *et al.*, 2008].

Tal como se puede observar en la figura 33, las condiciones de temperatura de los estados de Alabama, Georgia, Carolina del Sur, Florida, por mencionar algunos de los estados con presencia de *X. glabratus* Estados Unidos de América, son similares a las temperaturas mínimas presentadas en los estados mexicanos de Michoacán, Puebla, Morelos, lugares donde se cultiva de manera importante aguacate, cabe mencionar que no estamos considerando las especies silvestres de la lauráceas que pueden ser hospedantes para el complejo *X. glabratus*-*R. lauricola*.

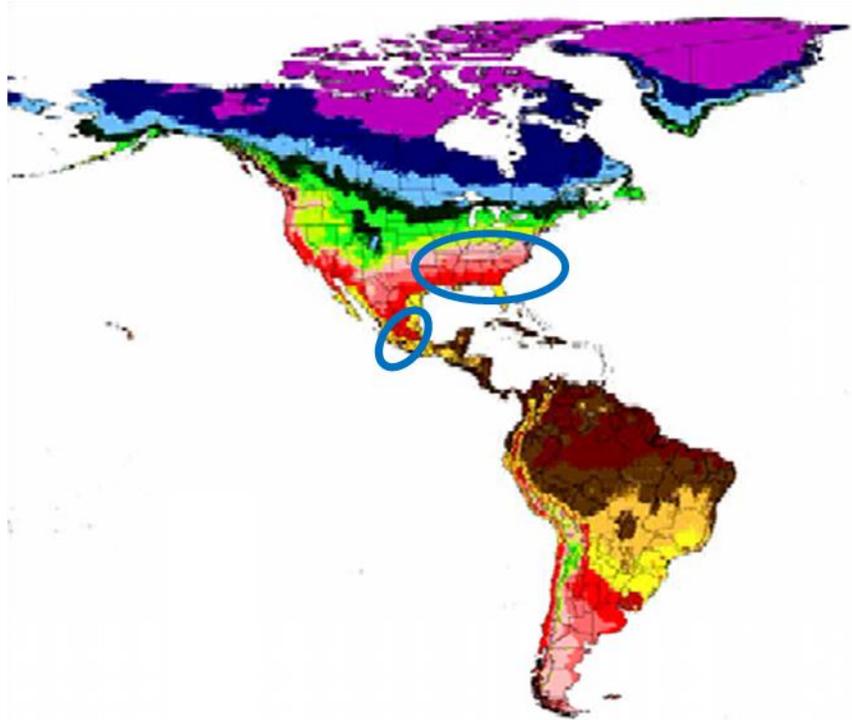


Figura 33. Mapa mostrando condiciones de temperaturas mínimas similares (regiones con condiciones similares se muestran en un mismo color) [Magarey *et al.*, 2008].

La Familia Lauraceae de acuerdo con Van der Werff y Loera, (1997) tiene aproximadamente 50 géneros, de 2500 a 3000 especies, las cuales tienen una distribución tropical y subtropical, lo cual ayuda a entender, porque el complejo *X. glabratus-R. lauricola* se adaptaron a la flora del continente americano, tal y como se muestra en la figura 34.

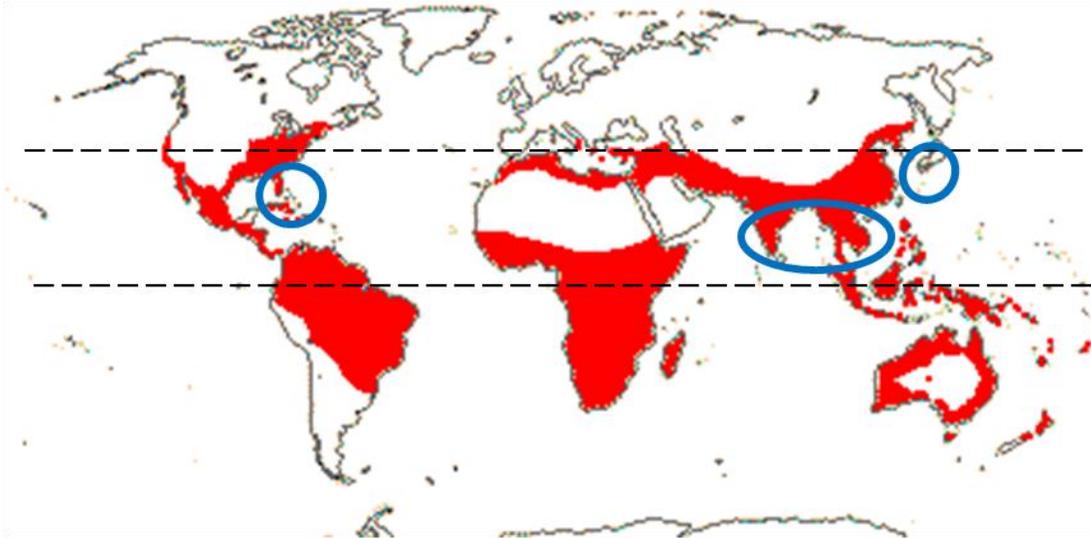


Figura 34. Mapa con la distribución mundial de lauráceas, Avocado Resource

Existe información que muestra poca preferencia de los *X. glabratus* por el aguacate (Gramling, 2010, Ploetz *et al.*, 2011). Pero no obstante, el comportamiento de los insectos al tener escasos de alimento, estos tienden a localizar especies que les permitan la sobrevivencia.

En el caso del género *Persea*, como puede observarse en la Figura 35, se presenta la distribución del género en los Estados Unidos, y claramente observamos la similitud de dichas regiones en comparación del patrón de distribución que hasta el año 2011 presenta la enfermedad de la Marchitez del laurel, desde su detección inicial en el Estado de Georgia, hasta la última reportada en el estado de Mississippi.

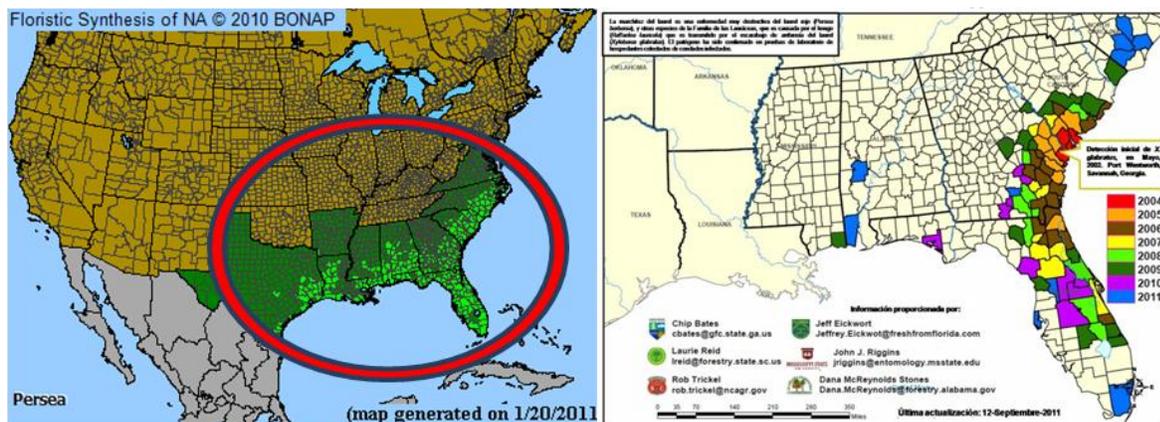


Figura 35. Distribución del género *Persea* en Estados Unidos (Floristic Synthesis of NA. 2010. BONAP. En línea: <http://www.bonap.org/>); a la derecha la distribución de los condados con la enfermedad de la marchitez del laurel sobre *Persea borbonia* (laurel rojo), desde la detección inicial al año 2011 (USDA, Centro Nacional de Información de Especies Invasoras: Laurel Wilt).

Actualmente, las especies el reporte de hospedantes del genero *Persea* del escarabajo de ambrosial del laurel y el hongo incluye el laurel rojo (*Persea borbonia*), swampbay (*Persea palustris*) y el aguacate (*Persea americana*) este último ya cuenta con reportes de impacto económico en huertas comerciales y de traspatio (Fraedrich *et al.*, 2007; Ploetz *et al.*, 2011; Mayfield III *et al.*, 2008b).

Otros géneros de hospedantes de la enfermedad son *Sassafras albidum* (sassafras) (Figura 36), (*Phoebe lanceolata*) (Fraedrich *et al.*, 2007; Ploetz *et al.*, 2011; Mayfield III *et al.*, 2008b), *Lindera melissifolia* (pondberry) (Figura 37), *Cinnamomum camphora* (alcanfor) (Figura 38) y en *Litsea aestivalis* (pondspice) (Figura 39) (Rabaglia *et al.*, 2006; Smith *et al.*, 2009ab; USDA-Forest Service, 2011). Investigaciones han demostrado que *Lindera benzoin* y *Umbellularia californica* (laurel de california) son hospedantes experimentales de *Raffaelea* sp., pero no existen registros de plantas infectadas de manera natural (Fraedrich, 2007b; Fraedrich *et al.*, *En Prensa* citados por el USDA-APHIS, 2007; Gramling, 2010).

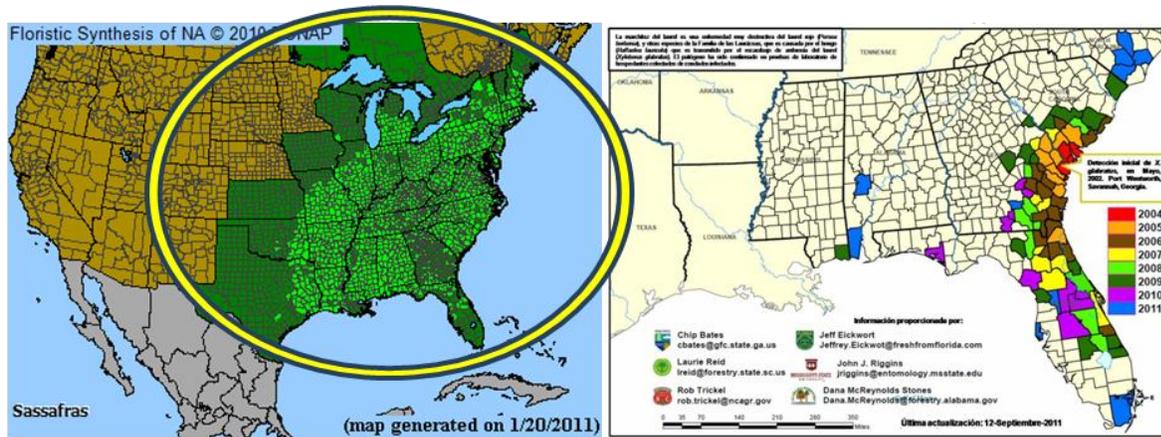


Figura 36. Distribución del género *SassafRAS* en Estados Unidos (Floristic Synthesis of NA. 2010. BONAP. En línea: <http://www.bonap.org/>); a la derecha la distribución de los condados con la enfermedad de la marchitez del laurel sobre *Persea borbonia* (laurel rojo), desde la detección inicial al año 2011 (USDA, Centro Nacional de Información de Especies Invasoras: Laurel Wilt).

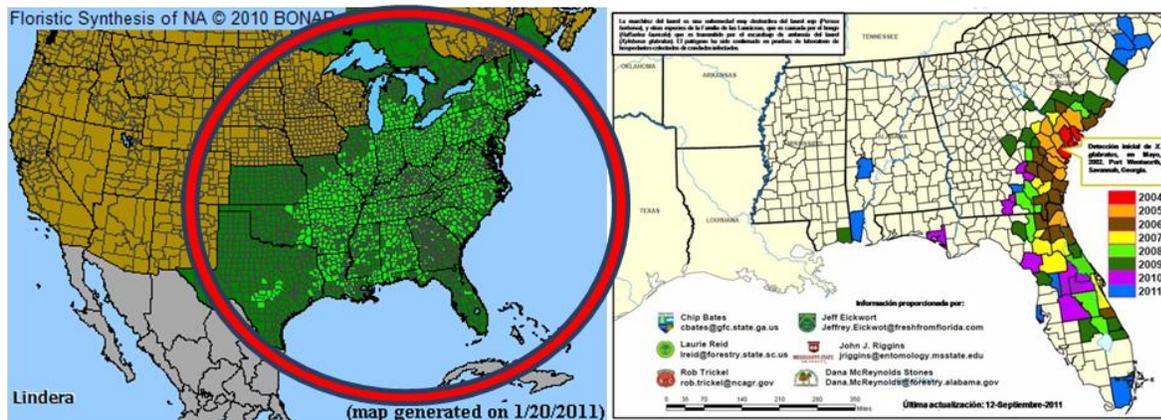


Figura 37. Distribución del género *Lindera* en Estados Unidos (Floristic Synthesis of NA. 2010. BONAP. En línea: <http://www.bonap.org/>); a la derecha la distribución de los condados con la enfermedad de la marchitez del laurel sobre *Persea borbonia* (laurel rojo), desde la detección inicial al año 2011 (USDA, Centro Nacional de Información de Especies Invasoras: Laurel Wilt).

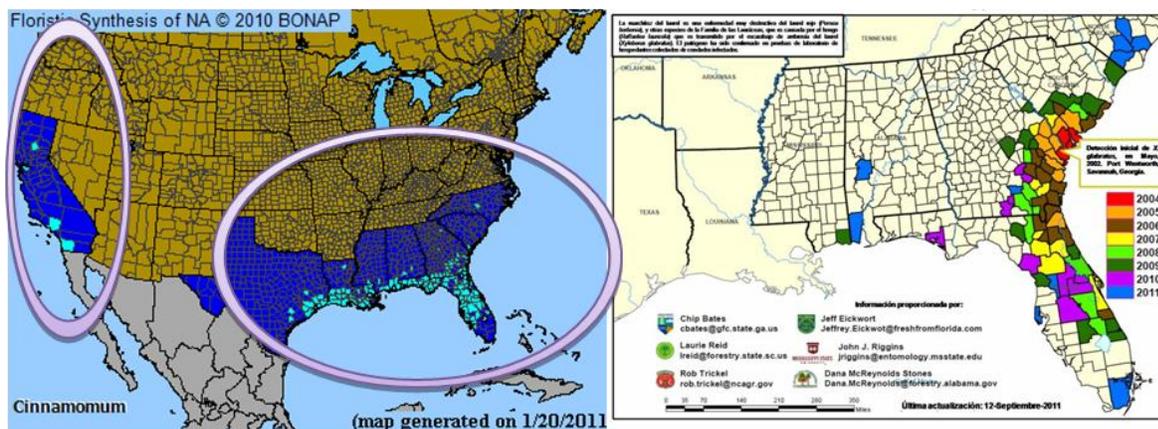


Figura 38.: Distribución del género *Cinnamomum* en Estados Unidos (Floristic Synthesis of NA. 2010. BONAP. En línea: <http://www.bonap.org/>); a la derecha la distribución de los condados con la enfermedad de la marchitez del laurel sobre *Persea borbonia* (laurel rojo), desde la detección inicial al año 2011 (USDA, Centro Nacional de Información de Especies Invasoras: Laurel Wilt).

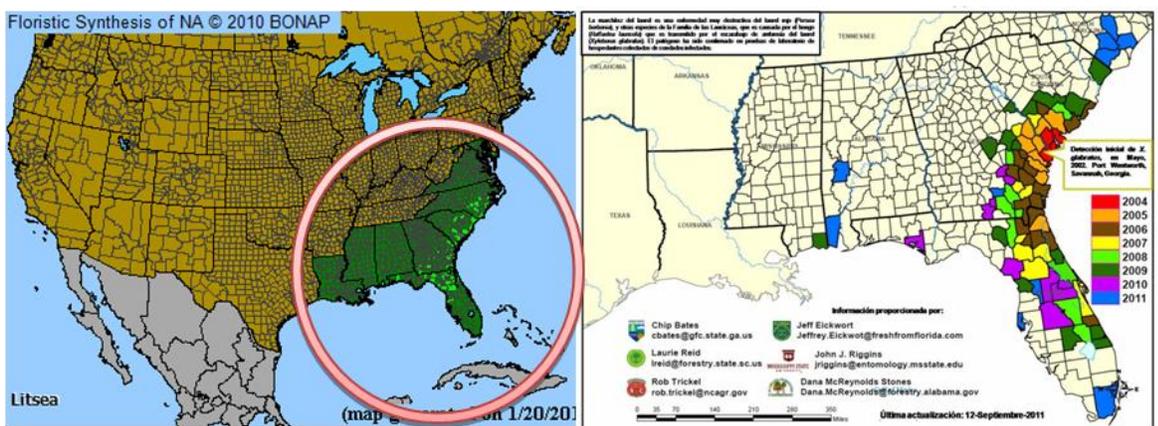


Figura 39. Distribución del género *Litsea* spp en Estados Unidos (Floristic Synthesis of NA. 2010. BONAP. En línea: <http://www.bonap.org/>); a la derecha la distribución de los condados con la enfermedad de la marchitez del laurel sobre *Persea borbonia* (laurel rojo), desde la detección inicial al año 2011 (USDA, Centro Nacional de Información de Especies Invasoras: Laurel Wilt).

En el caso de otros hospedantes de la Familia Lauraceae que encontramos en México, autores como Van der Werff y Loera-Hernández (1997) y Loera-Hernández (2002, 2005) comentan que la diversidad, distribución y el estado de conservación de las lauráceas en el Bajío y Sur de México, se encuentra en 10 géneros: *Aiouea*,

Beilschmiedia, *Cassytha*, *Cinnamomum*, *Licaria*, *Litsea*, *Mocinnodaphne*, *Nectandra*, *Ocotea* y *Persea*. Siendo los estados de Chiapas, Oaxaca y Veracruz las entidades que registran los mayores números de especies, particularmente en el bosque mesófilo de montaña y el bosque tropical perennifolio (Figura 40).

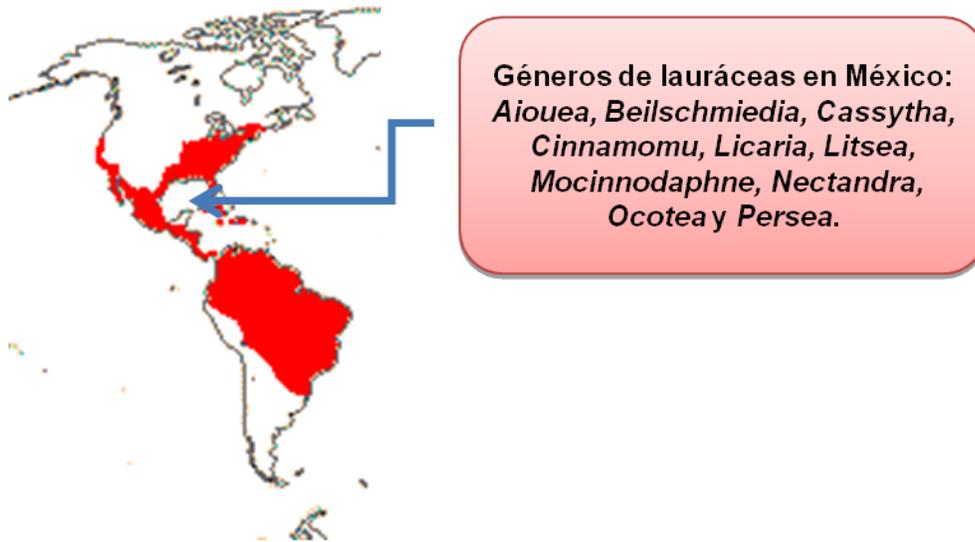


Figura 40. Géneros con mayor número de especies presentes en México de la Familia Lauraceae.

Las especies de mayor importancia comercial son el aguacate (*Persea americana* Mill.) y la canela (*Cinnamomum verum* Presl), la primera, de origen mesoamericano, se cultiva ampliamente en México y también localmente en la región de esta Flora (Van der Werff y Loera-Hernandez 1997). Siendo el cultivo de aguacate (*Persea americana* Mill), hospedante del complejo *X.glabratus-R. lauricola*, en las variedades comerciales como criollas; su valor comercial de acuerdo al SIAP (2011) tan sólo para la variedad Hass fue de una superficie sembrada al 2010 de 134,322.12 hectáreas, con una producción nacional de 1, 107,135.16 toneladas, cuyo valor de la producción fue de \$14, 165,758,000 (Cuadro 2,) donde los cinco principales estados productores son: Michoacán, Jalisco, Estado de México, Morelos y Nayarit, aunque se encuentra presente en casi todos los demás estados del país (Figura 41).

Cuadro 2. Producción de aguacate (*Persea americana* var. Hass) en México.

| Estado | Superficie Sembrada (Ha) | Producción (Ton) | Valor Producción (Miles de Pesos) |
|-----------------------|--------------------------|---------------------|-----------------------------------|
| Michoacán | 107,057.57 | 950,942.32 | 12,640,768.40 |
| Jalisco | 8,468.48 | 29,986.78 | 370,754.14 |
| México | 3,614.75 | 21,328.07 | 309,868.14 |
| Morelos | 3,348.40 | 26,859.69 | 307,572.74 |
| Nayarit | 2,707.51 | 25,843.01 | 178,129.12 |
| Guerrero | 2,390.50 | 12,334.26 | 79,831.40 |
| Yucatán | 488.5 | 10,417.99 | 48,448.72 |
| Durango | 1,094.00 | 3,553.75 | 46,048.16 |
| Puebla | 1,644.12 | 8,267.17 | 45,374.44 |
| Oaxaca | 943.85 | 3,358.18 | 30,051.70 |
| Nuevo León | 696.53 | 3,427.10 | 28,488.25 |
| Chiapas | 539.5 | 2,691.45 | 24,069.64 |
| Veracruz | 187 | 1,519.97 | 13,938.28 |
| Hidalgo | 396 | 2,029.70 | 13,651.66 |
| Baja California Sur | 116.5 | 775 | 7,531.25 |
| Zacatecas | 80 | 519.63 | 4,264.85 |
| Guanajuato | 157 | 706.4 | 3,215.70 |
| Aguascalientes | 17 | 204 | 3,060.00 |
| Querétaro | 90 | 331.5 | 2,116.92 |
| Tabasco | 108 | 576 | 1,986.00 |
| Campeche | 64 | 473.81 | 1,928.40 |
| Sonora | 27 | 353.85 | 1,537.91 |
| Baja California | 24 | 61.5 | 720 |
| Colima | 8.41 | 85.78 | 686.24 |
| San Luis Potosí | 11 | 48 | 576 |
| Sinaloa | 18 | 53 | 424 |
| Tamaulipas | 20.5 | 319.25 | 410.05 |
| Quintana Roo | 4 | 68 | 306 |
| Total Nacional | 134,322.12 | 1,107,135.16 | 14,165,758.09 |

Fuente: SIAP (2011).

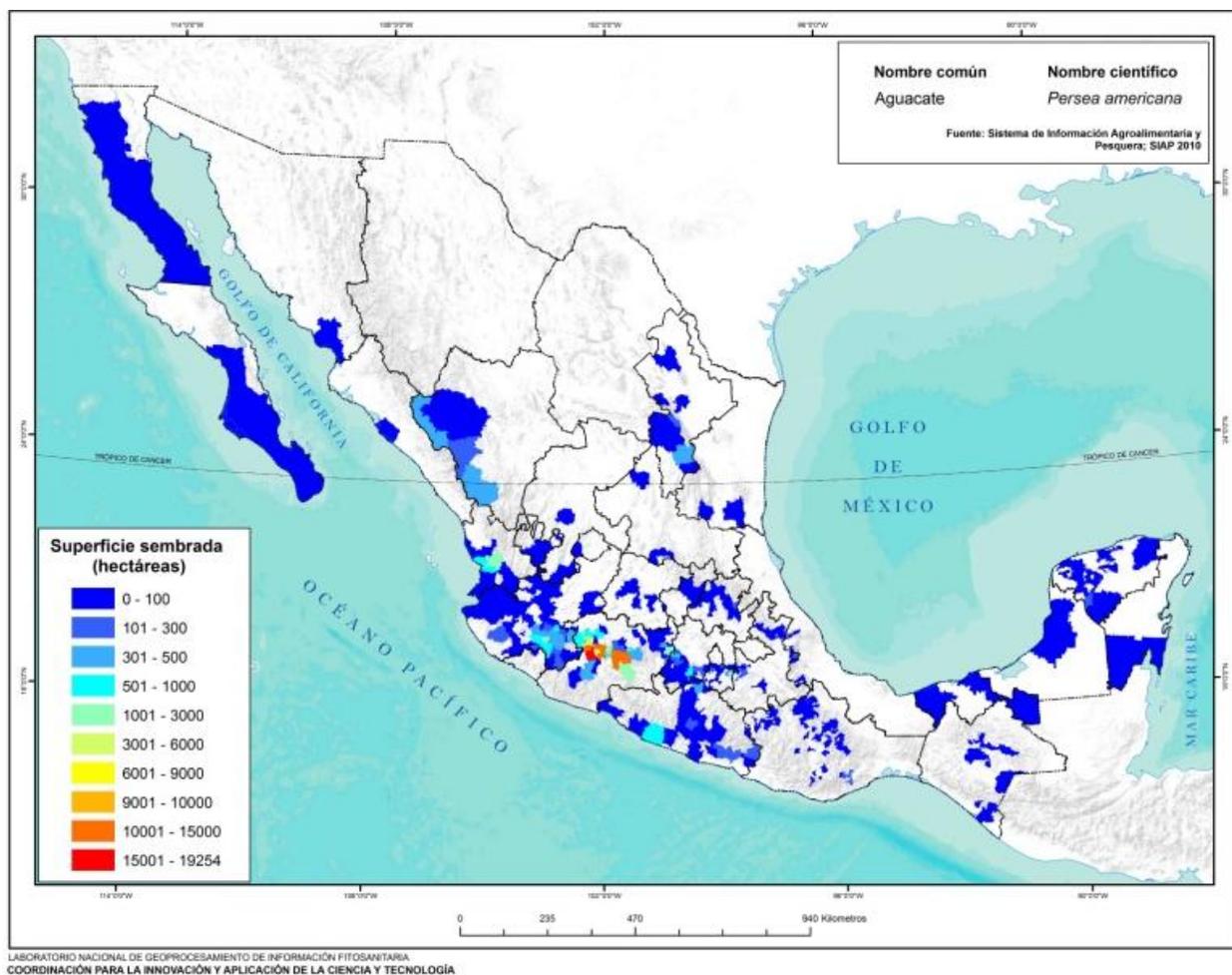


Figura 41. Principales regiones productoras de aguacate var. Hass en México. Fuente: SINAVEF 2012.

Conclusión de la probabilidad de establecimiento y dispersión

La probabilidad de que la plaga se establezca y se disperse es **Alta** debido a que:

- Las condiciones climáticas de las áreas donde se ha reportado el insecto presentan similitud con las que se presentan en México.
- El hábitat nativo de *Xyleborus glabratus-R. lauricola* en Asia se encuentra en las mismas latitudes en las que México que se encuentra ubicado y con condiciones climáticas similares, lo cual indica que potencialmente pudiera establecerse en territorio nacional.

- *Xyleborus glabratus*-*R. lauricola* pueden desarrollarse en aguacate, en ausencia del principal hospedante *Persea borbonia*, aun cuando se mencione que las preferencias del insecto son menores en el aguacate var Has, el riesgo de que lo emplee como su hospedante principal se mantiene.
- Si consideramos que el aguacate es un hospedante, tenemos registros de que este se cultiva prácticamente en todo México, no obstante los estados con mayor riesgo pueden ser Michoacán, Jalisco, Estado de México, Morelos y Nayarit.

c) Probabilidad de dispersión después del establecimiento

La enfermedad de la marchitez de laurel se ha extendido gracias a la eficiente movilización de su vector. Como se ha mencionado existe la teoría de que *Xyleborus glabratus* ingresó al continente americano (detección inicial en el Estado de Georgia, EUA) por medio de embalaje de madera infestado. Sin embargo, el éxito del establecimiento del vector radica en dos aspectos fundamentales como son la movilización de madera infestada a las áreas libres y el otro es la presencia de plantas nativas e introducidas en el sudeste de los EUA susceptibles al ataque del insecto y por consiguiente a la enfermedad. Hay que mencionar que *X. glabratus* tiene preferencia por las especies de la Familia Lauraceae, muchas de ellas son de importancia forestal como *Persea borbonia* (laurel rojo), *Persea palustris* (swampbay), *Sassafras albidum* (sasafrás), *Phoebe lanceolata* y la única de importancia agrícola es *Persea americana* (aguacate). Ahora bien su rápida propagación se ha producido donde existen altas densidades de población de laurel rojo y swampbay, y al ocasionar un porcentaje de mortalidad alto, obliga al insecto a buscar otras especies hospedantes como es el cultivo de aguacate, aquí el movimiento del patógeno probablemente se deba a los injertos de raíz, para el caso del vector se cree que las podas a los árboles, funciona como atrayente para su establecimiento. Las posibilidades de movimiento del complejo *X. glabratus*-*R. lauricola* a través de material de frutas, semillas y plántulas se encuentran aún en investigación.

La franja productora de aguacate en Michoacán (como principal estado productor) forma parte del Eje Neo Volcánico Transversal, que cruza la entidad por el centro de oriente a poniente, desde Zitácuaro hasta Cotija. Se encuentra conformado por 46 municipios, siendo los más destacados en el 2010, por superficie y producción: Peribán, Tacámbaro, Salvador Escalante, Ario de Rosales, Tancítaro, Uruapan, Nuevo Parangaricutiro, Los Reyes, Tingüindín, Turicato, Ziracuaretiro, Tingambato y Zitácuaro (SIAP, 2011) [Cuadro 3]. Y en la figura 42, se muestra la distribución comercial a nivel nacional y a través del territorio nacional para su comercialización internacional hacia EUA.

Cuadro 3. Principales municipios productores de aguacate var. Hass en el estado de Michoacán.

| Municipio | Superficie Sembrada (Ha) | Producción (Ton) | Valor Producción (Miles de Pesos) |
|----------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|--|
| Peribán | 13,525.00 | 133,600.00 | 2,137,600.00 |
| Tacámbaro | 12,870.00 | 154,523.60 | 1,953,288.70 |
| Salvador Escalante | 11,605.00 | 142,678.25 | 1,809,350.12 |
| Ario | 10,500.00 | 119,600.00 | 1,473,897.60 |
| Tancítaro | 19,254.00 | 108,488.00 | 1,336,644.00 |
| Uruapan | 12,459.00 | 102,847.50 | 1,263,069.00 |
| Nuevo Parangaricutiro | 5,500.00 | 39,071.00 | 526,294.00 |
| Los Reyes | 3,385.00 | 32,450.00 | 519,200.00 |
| Tingüindín | 3,151.00 | 26,854.00 | 457,268.00 |
| Turicato | 1,790.00 | 18,332.00 | 236,136.80 |
| Ziracuaretiro | 2,344.00 | 12,960.00 | 146,830.00 |
| Tingambato | 2,200.00 | 11,710.00 | 128,810.00 |
| Zitácuaro | 1,173.00 | 10,027.00 | 120,254.10 |
| Total Estatal | 107,057.57 | 950,942.32 | 12,640,768.40 |

Fuente: SIAP (2011).



Figura 42. Rutas comerciales de transporte de aguacate michoacano (SINAVEF, 2012).

Conclusión de la probabilidad de dispersión después del establecimiento

La probabilidad de que la plaga se disperse después de su establecimiento es **Alta** debido a que:

- Una vez que se pudiera establecer en territorio nacional, la dispersión natural del insecto considerando la velocidad de propagación de entre 30 a 100 km / año.
- Además la transportación accidental a grandes distancias por los seres humanos, de material infestado es un factor de aceleración, y tomando en cuenta que el estado de Michoacán, además de la producción de fruto, también abastece de manera significativa la demanda de material vegetal propagativo a otros estados productores.

- El potencial de hospedantes silvestres en México y la distribución que estos tienen, favorece en medida que *Xyleborus glabratus* una entrada, se adapte a alguno de ellos, para sobrevivir.

5.2.3 Evaluación de los efectos económicos y ambientales

a) Análisis de las consecuencias económicas

La preocupación para México, y en particular para los productores de aguacate, es el impacto potencial que la marchitez de laurel pudiera ocasionar en el cultivo del aguacate (*P. americana*). Esto es a razón de los reportes en algunas variedades de aguacates que se han detectado afectadas por el complejo *X. glabratus-R. lauricola* en campos de Florida, siendo este un importante estado productor de aguacate en los Estados Unidos (Mayfield III *et al.*, 2008a, 2008b).

Hasta el 2008, se desconocía el impacto que tendría este complejo vector-patógeno, una vez que llegara a las zonas de producción de aguacate a gran escala localizadas en el sur de Florida. Sin embargo para el 2010, y ya una vez reportada la presencia de la enfermedad en el cultivo de aguacate Evans *et al.*, (2010) comentan que las pérdidas directas en la industria del aguacate en Florida, van desde disminución en las ventas del producto, daños de propiedad e incremento en los costos de producción en donde el rango es de 356 millones de dólares (lugares donde no realizan el control de la enfermedad) hasta 183 millones de dólares (lugares donde se realiza el control con un 50% de efectividad).

Desafortunadamente, la información disponible hasta el momento respecto al impacto real en el cultivo de aguacate, no es muy clara, esto es por su reciente detección como fitopatógeno de plantas de interés agrícola, de modo tal, que muchas de las investigaciones realizadas en EUA aún no cuentan con resultados concretos. De este modo el riesgo se incrementa de manera considerable. Por lo tanto el riesgo se considera alto.

b) Análisis de las consecuencias comerciales

Como se mencionó anteriormente, la poca información disponible sobre esta enfermedad se desconoce, no obstante y pese a este desconocimiento, en el 2011, el Gobierno Estadounidense decretó mediante la “*Presidential Direction Number 9*”, las acciones de ley para implementar el “Plan para la recuperación del ataque de Laurel wilt-avocado, ocasionada por *Raffaelea lauricola*” (USDA-NPDRS, 2011). Para con ello realizar acciones que permitan a productores de aguacate de Florida, contrarrestar las pérdidas de la producción a causa de la mortalidad de árboles de *Persea americana*. Además de sensibilizar y preparar ante la llegada posible de *Xyleborus glabratus* a estados como California, dónde posiblemente el impacto negativo será mayor.

Actualmente países como Australia, Nueva Zelanda, Chile, entre otros., países dónde este complejo está ausente, se encuentran realizando análisis completos para poder establecer el Nivel de riesgo que este insecto y patógeno, pudieran ocasionar en los hospedantes con alto valor económico y ecológico. Además de comenzar a establecer sus medidas fitosanitarias acordes a su nivel adecuado de protección. Por lo tanto el riesgo es medio.

c) Análisis de las consecuencias sociales y ambientales

En Asia, este complejo de plagas sólo se ha observado en árboles de la familia Lauraceae, sin ocasionar daños de importancia económica (Wood, 1992; Rabaglia, 2005), no así en los EUA donde estos simbiontes han ocasionado la pérdida de más 80% en áreas sembradas con laurel rojo (Rabaglia *et al.*, 2006; Fraedrich *et al.*, 2008; Harrington *et al.*, 2011).

El impacto ecológico que puede ocasionar este complejo de plagas es potencialmente devastador, ya que una vez infectado, se ha visto que la mortalidad de los árboles puede ocurrir en tan sólo seis semanas (Fraedrich *et al.*, 2008; Harrington *et al.*, 2008). De acuerdo a lo que Fraedrich *et al.*, (2008) mencionan sobre la mortalidad del laurel rojo y la expansión rápida de *X. glabratus*, así como del hongo asociado, estiman que el potencial para afectar a otras especies de la Familia Lauraceae es alto. Ya que han

reportado un índice de mortalidad que va del 10 % más del 90 % en un periodo de aproximadamente 15 meses. Ejemplo de ello son las áreas cercanas a Hilton Head, Carolina del Sur han experimentado la mortalidad casi total de la población local del laurel rojo. En cuanto a esta especie forestal su importancia para la vida silvestre radica en que las frutas, semillas y/o follaje son comidos por varias especies de aves (como por ejemplo guajolotes silvestres, codornices, etc.), venados y el oso negro (Brendemuehl, 1990). En el sur de Carolina del Sur y norte de Florida, las larvas de *Papilio palamedes* (Drury) se alimentan principalmente de especies de *Persea* silvestres.

En el caso de otros hospedantes de la Familia Lauraceae que encontramos en México, la diversidad, distribución y el estado de conservación de las lauráceas documentadas para las regiones del Bajío y Sur de México, se encuentra en 10 géneros: *Aiouea*, *Beilschmiedia*, *Cassytha*, *Cinnamomum*, *Licaria*, *Litsea*, *Mocinnodaphne*, *Nectandra*, *Ocotea* y *Persea*. Siendo los estados de Chiapas, Oaxaca y Veracruz las entidades que registran los mayores números de especies, particularmente en el bosque mesófilo de montaña y el bosque tropical perennifolio, mismos que colindan con los estados más importantes de aguacate.

En cuanto a la representación de especies de esta familia, dentro del sistema de áreas naturales protegidas, es bajo, dado el grado de deterioro de las comunidades vegetales de esta parte del país, las dimensiones de las áreas de distribución de las especies consideradas, y la baja representación de los taxa referidos en áreas naturales protegidas, es probable que cerca de la mitad de las especies se encuentren bajo amenaza de extinción. Otra consideración es la posibilidad de que especies como *Cinnamomum amplexicaule*, *C. concinnum*, *Licaria chinanteca*, *Nectandra leucocome*, *Ocotea iridescens*, *O. corrugata* y *Persea longipes* (entre otras) se encuentren en peligro de extinción, en tanto que *Licaria mexicana* y *Ocotea subalata* podrían ya estar extintas (Loera-Hernández, 2002). Recordemos que muchas de estas especies son hospederos preferenciales del Escarabajo de ambrosia del Laurel y por lo tanto del patógeno que se encuentra asociado con él. Por lo tanto el riesgo es medio.

2.2 Evaluación del Riesgo Total

a) Combinación de Probabilidades

Cuadro 4. Probabilidad de introducción y establecimiento de *Xyleborus glabratus* en México.

| Evaluación de la probabilidad de Introducción y Establecimiento de <i>Xyleborus glabratus</i> | | | | |
|--|-------------|--------------|-------------|--|
| Categoría de Riesgo | Alta | Media | Baja | |
| Factor a evaluar | | | | |
| Probabilidad de entrada de la plaga | | X | | |
| Probabilidad de establecimiento | X | | | |
| Probabilidad de dispersión después del establecimiento | X | | | |
| Conclusión de la Evaluación | | | | |
| | X | | | |

Cuadro 5. Resumen de las probabilidades de impacto para *Xyleborus glabratus* en evaluación.

| Evaluación de las consecuencias económicas potenciales de <i>Xyleborus glabratus</i> para México | | | | |
|---|-------------|--------------|-------------|--|
| Categoría de Riesgo | Alta | Media | Baja | |
| Factor a evaluar | | | | |
| Consecuencias económicas | X | | | |
| Consecuencias comerciales | | X | | |
| Consecuencias sociales y ambientales | | X | | |
| Conclusión de la Evaluación | | | | |
| | | X | | |

b) Combinación de probabilidades con el Impacto económico

Empleando la siguiente matriz de riesgo para la probabilidad de introducción y dispersión con el impacto económico, identifique el nivel de riesgo.

| | | | | | | | |
|--|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-----------------|
| POSIBILIDAD DE INTRODUCCIÓN Y DISPERSIÓN | Alta | Riesgo Despreciable | Riesgo muy Bajo | Riesgo Bajo | Riesgo Moderado | Riesgo Alto | Riesgo Extremo |
| | Moderada | Riesgo Despreciable | Riesgo muy Bajo | Riesgo Bajo | Riesgo Moderado | Riesgo Alto | Riesgo Extremo |
| | Baja | Riesgo Despreciable | Riesgo Despreciable | Riesgo muy Bajo | Riesgo Bajo | Riesgo Moderado | Riesgo Alto |
| | Muy Baja | Riesgo Despreciable | Riesgo Despreciable | Riesgo Despreciable | Riesgo muy Bajo | Riesgo Bajo | Riesgo Moderado |
| | Extremadamente Baja | Riesgo Despreciable | Riesgo Despreciable | Riesgo Despreciable | Riesgo Despreciable | Riesgo muy Bajo | Riesgo Bajo |
| | Despreciable | Riesgo Despreciable | Riesgo Despreciable | Riesgo Despreciable | Riesgo Despreciable | Riesgo Despreciable | Riesgo muy Bajo |
| | | Despreciable | Muy Bajo | Bajo | Moderado | Alto | Extremo |
| CONSECUENCIAS ECONÓMICAS DE LA INTRODUCCIÓN Y DISPERSIÓN | | | | | | | |

Figura 44. Matriz de riesgo para la evaluación de las probabilidades resultantes de la Etapa II del ARP, propuesto por el USDA-APHIS.

Cuadro 6. Riesgo identificado para *Xyleborus glabratus* en evaluación.

| Riesgo total de <i>Xyleborus glabratus</i> para México | | | | |
|--|---------------------|------|-------|------|
| Factor a evaluar | Categoría de Riesgo | Alta | Media | Baja |
| Probabilidad de ingreso y dispersión | | X | | |
| Consecuencias económicas potenciales | | X | | |
| Conclusión de la Evaluación | | X | | |

Incertidumbres en cada etapa del proceso.

Es muy importante considerar que la información citada en este documento representa las investigaciones más recientes de *X. glabratus-R. lauricola* en países con presencia del complejo de la enfermedad, en el caso de los Estados Unidos, la investigación es reciente, ya que se menciona que los daños ocasionados por la enfermedad se presentaron originalmente en *Persea borbonia* (especie forestal) lo que indica que la principal vía de introducción del vector y por consiguiente del agente patogénico, fue el material de embalaje. Sin embargo, es necesario realizar investigación que refuerce las teorías de los científicos en cuanto a la vía que siguió este complejo y si pueden presentarse interacciones con otras especies de los mismos géneros *Xyleborus* spp y *Raffaelea* spp que son endémicos de América. El análisis de las vías por las que la enfermedad pueda introducirse no ha sido estudiado con mayor amplitud. Por lo que se requiere de información sobre los procedimientos autorizados para la importación de mercancías, así mismo, conocer el porcentaje de especies de lauráceas que son empleadas para este fin, así como su posterior manejo después de la entrada en los puntos de ingreso.

En cuanto al impacto económico que pueda ocasionar sobre la variedad Hass, deben proporcionarse más elementos que sustenten en realidad la posible resistencia que la planta aparentemente presenta. De manera sintetizada en el Cuadro 7, se presenta la categoría asignada de la incertidumbre para este estudio.

Cuadro 7. Nivel de incertidumbre detectado en el análisis de riesgo de *Xyleborus glabratus* para México.

| Incertidumbre en el Análisis de Riesgo para <i>Xyleborus glabratus</i> | |
|---|---|
| Etapas del Riesgo | Categoría de incertidumbre (Alta, Media, Baja) |
| Etapas I (Categorización de la plaga) | Medio |
| Etapas II (Probabilidad de introducción y consecuencias económicas) | Medio |
| Conclusión de la Evaluación | Medio |

5.3 Etapa III: Medidas de Mitigación

La última etapa del Análisis de Riesgo de Plagas es el establecimiento de las medidas de mitigación de riesgos, estas se proponen en función de los reportes técnicos-científicos, considerando aspectos de relevancia como son el tipo de medida a aplicar y hasta cierto punto la viabilidad de dichas medidas en el contexto fitosanitario del país, lo que a su vez ayudará a la justificación de posibles controversias con los socios comerciales de México. Desafortunadamente la generación de estas medidas no es tan sencilla de asignar ya que dependen en gran medida, de los avances en el manejo de la plaga en los países donde esta se encuentra presente. Para el caso de *X. glabratus-R. lauricola*, no son la excepción, ya que el manejo de complejos requieren de estrategias más complejas.

No obstante y de manera general podemos mencionar algunas de las acciones básicas que son indispensables en la implementación futura de las medidas de mitigación contra una plaga.

Estas acciones propuestas para el manejo del riesgo pueden ser recomendadas para en un nivel estratégico, y son las siguientes:

Riesgo Alto:

- Desarrollo de planes de vigilancia específicos para la detección precoz, verificando si la entrada de plagas produjo ingresos. Esto puede implicar la colocación de trampas específicas, entre otros.
- Diseñar planes de emergencia específicos para preparar la respuesta oficial rápida, en caso de ingreso.
- Revisar las regulaciones fitosanitarias para verificar si están acordes con las plagas que se están interceptadas.
- Consultar a los países de origen por la presencia de plagas, las cuales se desconocía la presencia en su territorio.

Riesgo Medio:

- Vigilancia general o específica dirigida a hospedantes dentro del área de riesgo.

Riesgo Bajo:

- Establecimiento de procedimientos rutinarios de vigilancia general, pero con incorporación de instrucciones sobre la plaga en los mismos.

Si es necesario contar con medidas llevadas a un nivel táctico, debemos determinar la necesidad de establecer contactos con los laboratorios que cuenten con instalaciones de bioseguridad para efectuar la crianza de ciertas plagas que no pueden ser identificadas en forma plena por el estado evolutivo en que se encuentran, pero que pueden ser plagas cuarentenarias. O la necesidad de entrenar personal en el reconocimiento de ciertos grupos de plagas; cursos de capacitación para inspectores en inspección y reconocimiento de síntomas y signos, entre otros.

En el nivel operativo se encuentran las decisiones de los inspectores en general, si un inspector intercepta una planta, un producto vegetal o un artículo reglamentado, desencadena un proceso de adopción de decisiones que pueden ir desde el rechazo de la planta o del producto vegetal interceptado (destrucción, devolución a origen, tratamientos fitosanitarios), si el caso es la intercepción de plantas o de productos vegetales que no cumplen con las medidas establecidas, requieren la adopción de medidas de emergencia como la destrucción o la devolución al país de origen, cuando esta es factible. Y por último si existe la intercepción de plantas o productos vegetales que sean de alto riesgo fitosanitario, será necesario de una inspección más minuciosa, del envío de muestras a laboratorios para determinar la posible presencia de plagas y la implementación de medidas de bioseguridad en su disposición final (envases herméticos, incineración, etc.) para evitar la liberación inadvertida de plagas en el ambiente. En todos los casos debe existir el registro de información para los análisis posteriores.

6. CONCLUSIONES GENERALES

El análisis de Riesgo de plagas es una herramienta de reconocimiento internacional, empleada para determinar si una plaga debe ser considerada como de importancia cuarentenaria, para así diseñar las medidas fitosanitarias adecuadas, y debidamente justificadas, a fin de facilitar la comercialización de los productos y subproductos vegetales, cuyo propósito será el cumplimiento de los niveles adecuados de protección fitosanitaria, los cuales son establecidos por el país que introducirá o comercializará su producto vegetal.

Ahora de manera concreta, este estudio permitió realizar la evaluación del escarabajo de ambrosía del laurel rojo (*Xyleborus glabratus* Eichhoff), como vector de la enfermedad de la marchitez roja del laurel (*Raffaelea lauricola*) de acuerdo a lo establecido en la en la NIMF No. 11, y poder definir el nivel del riesgo fitosanitario que representa para los principales estados productores de aguacate en México.

Derivado de lo anterior se concluye lo siguiente:

- 1) El vector de la enfermedad de la marchitez del laurel “Laurel wilt” *Xyleborus glabratus* (Eichhoff) y el patógeno *Raffaelea lauricola* (T.C. Harr., Aghayeva, y Fraedrich.) cumplen con la definición de plaga cuarentenaria ausente, ya que se han encontrado reportes de los daños económicos en el cultivo de aguacate (*Persea americana* Mill.) y ecológicos como fue la disminución de especies forestales (*Persea borbonia* L.) en países dónde este complejo se introdujo y estableció; se determinó como ausente ya que hasta el momento no se encontraron documentos científicos que relacionen su presencia en México.
- 2) En cuanto al nivel de riesgo de introducción y establecimiento del escarabajo de ambrosía del laurel (*Xyleborus glabratus* Eichhoff) en México, basados en la información documental disponible, se determinó que el nivel de riesgo es alto, ya que se mantienen relaciones comerciales en los países con presencia del insecto y por consiguiente con el vector; para su establecimiento mantiene el

nivel alto, ya que en México se tiene documentada una distribución amplia de los hospedantes potenciales de la Familia Lauraceae de importancia agrícola (como lo es el cultivo de aguacate) y de importancia forestal (especies de los géneros *Persea*, *Litsea*, *Cinnamomum*, entre otros).

- 3) En cuanto a las áreas de riesgo identificadas, se determinó que son los estados de Michoacán, Jalisco, Jalisco, Estado de México, Morelos y Nayarit, no obstante la producción del cultivo de aguacate tiene una amplia distribución en todo el país.

Por lo tanto se determinó que *Xyleborus glabratus* Eichhoff es una plaga cuarentenaria para el cultivo de aguacate (*Persea americana* Mill.) en México; y cuyo nivel de riesgo es alto. Y se recomienda que sea incluido en el complejo al Programa Nacional de Plagas Bajo Vigilancia Epidemiológica, del Sistema Nacional de Vigilancia Fitosanitaria (SINAVEF), de la Dirección General de Sanidad Vegetal (DGSV) del SENASICA/SAGARPA como una plaga a vigilar.

7. LITERATURA CONSULTADA

Batra, L. R. 1967. Ambrosia fungi: A taxonomic revision and nutritional studies of some species. *Mycologia* 59: 976-1017.

Brendemuehl, R.H. 1990. *Persea borbonia* (L.) Spreng. Redbay. Pp. 530-506 in R.M. Burns and B.H. Honkala (eds.). *Silvics of North America, Volume 2, Hardwoods*. Agriculture Handbook 654, USDA Forest Service, Washington, DC.

Cameron, R. S., Bates, C., and Johnson, J. 2008. Distribution and spread of laurel wilt disease in Georgia: 2006–08 survey and field observations. Georgia Forestry Commission. U.S. Forest Service. En línea: <http://fh.m.fs.fed.us/em/funded/09/so-em-08-02-report.pdf>. Fecha de consulta: 18 de marzo de 2011.

Chemically Speaking, 2009. Pesticide Potpourri. Pag 6. Univ. Fla., IFAS Ext. Pesticide Information Office. Gainesville. En línea: <http://pested.ifas.ufl.edu/newsletter.html>

- Crane, J. H. 2009. Issues concerning the control of the redbay ambrosia beetle (*Xyleborus glabratus*) and spread of the laurel wilt pathogen (*Raffaelea lauricola*). Avocadosource.com. En línea: http://www.avocadosource.com/papers/Research_Articles/CraneJonathan2009.pdf Fecha de consulta: 18 de marzo de 2011.
- Crane, J. H., Peña, J. E., and J. L. Osborne. 2008. Redbay ambrosia beetle-laurel wilt pathogen: a potential major problem for the Florida avocado industry. University of Florida-IFAS extension. Horticultural Sciences Department. 7p.
- Crane, J. H., Peña, J. E., Ploetz, R. C., and A. J. Palmateer. 2011. Proposed strategies for decreasing the threat of laurel wilt (LW) and its vector, the redbay ambrosia beetle (RAB) to commercial avocado groves in Miami-Dade County. FDACS-Division of Plant Industry.5 p En línea: <http://www.freshfromflorida.com/pi/enpp/pathology/images/proposed-grove-strategies.pdf>: Fecha de consulta: 18 de marzo de 2011.
- Derksen, A. 2005. Redbay ambrosia beetle *Xyleborus glabratus* Eichhoff, Forestry images 1877 En línea: <http://www.forestryimages.org/browse/detail.cfm?imgnum=5426963>. Fecha de consulta: 25 de marzo de 2011.
- Diario Oficial de la Federación (DOF). 2007. Ley Federal de Sanidad Vegetal, ultima modificación.
- Environmental Protection Agency (EPA). 2011. Propiconazole; Pesticide Tolerances. Federal Register Rules and Regulations 27261/Vol. 76, No. 91.
- Eskalen, A. and V. McDonald. 2011. First Report of *Raffaelea canadensis* Causing Laurel Wilt Disease Symptoms on Avocado in California. Disease note. 95(9): 1189. En línea: <http://apsjournals.apsnet.org/doi/abs/10.1094/PDIS-03-11-0203> Fecha de consulta: 15 de mayo de 2012

- Evans, A. E., Crane, J., Hodges, A. and J. L. Osborne. 2010. Potential Economic Impact of Laurel Wilt Disease on the Florida Avocado Industry. HortTechnology . 20:234-238
- Formby, P. J., Schiefer, L. T. And J. J. Riggins. 2012. First records of *Xyleborus glabratus* (Coleoptera: Curculionidae) in Alabama and in Harrison county, Mississippi. Florida Entomologist. 95(1):1-3
- Fraedrich, S. W. 2007. An *Ophiostoma* sp. causing a vascular wilt disease of red bay (*Persea borbonia* [L.] Spreng) is also pathogenic to other species in the Lauraceae family. Newsletter of the Michigan Entomological Society 52: 15-16.
- Fraedrich, S. W., Harrington, T. C., and Rabaglia, R. J. 2007. Laurel wilt: a new and devastating disease of redbay caused by a fungal symbiont of the exotic redbay ambrosia beetle. Newsletter of the Michigan Entomological Society 52: 15-16.
- Fraedrich, S. W., Harrington, T. C., Rabaglia, R. J., Mayfield, A. E., Hanula, J. L., Eickwort, J. M., D. R. Miller. 2008. A fungal symbiont of the redbay ambrosia beetle causes a lethal wilt in redbay and other Lauraceae in the Southeastern United States. Plant Disease 92: 215-224.
- Gramling, J. L. 2010. Potential Effects of Laurel Wilt on the Flora of North America Southeastern Naturalist. 9(4): 827-836
- Haack, R. A. 2003. Intercepted Scolytidae (Coleoptera) at U.S. ports of entry: 1985-2000. Integrated Pest Management Reviews 6: 253-282.
- Haack, R. A. 2006. Exotic bark- and wood-boring Coleoptera in the United States: recent establishments and interceptions. Canadian Journal of Forest Research 36: 269-288.
- Hanula, J. L. and B. Sullivan. 2008. Manuka oil and phoebe oil are attractive baits for *Xyleborus glabratus* (Coleoptera: Scolytinae), the vector of laurel wilt. Environmental Entomology 37: 1403-1409.

- Hanula, J. L., Mayfield, A. E., Fraedrich, S. W., and Rabaglia, R. J. 2008. Biology and host associations of redbay ambrosia beetle (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), exotic vector of laurel wilt killing redbay trees in the southeastern United States. *Journal of Economic Entomology* 101: 1276-1286.
- Harrington, C. T., Yun, Y. H., Lu, S. S., Goto, H., Aghayeva, N. D., Fraedrich, W. F. 2011. Isolations from the redbay ambrosia beetle, *Xyleborus glabratus*, confirm that the laurel wilt pathogen, *Raffaelea lauricola*, originated in Asia. *Mycologia*, 103(5):1028–1036.
- Harrington, T. C., and Fraedrich, S. W. 2010. Quantification of propagules of the laurel wilt fungus and other mycangial fungi from the redbay ambrosia beetle, *Xyleborus glabratus*. *Phytopathology* 100:1118-1123.
- Harrington, T. C., Fraedrich, S. W and D. N. Aghayeva. 2008. *Raffaelea lauricola*, a new ambrosia beetle symbiont and pathogen on the Lauraceae. *Mycotaxon*. 104: 399–404.
- Hodges, G. and J. Eickwort. 2009. Technical Bulletin: The Redbay Ambrosia Beetle Found in Jackson County Forest Health Notes. 23. 8 p
- Johnson, J. 2005. *Xyleborus glabratus* E. Galleries–SFIWC. Forestry images. En línea: <http://www.forestryimages.org/series/viewseries.cfm?ser=48>. Fecha de consulta: 25 de noviembre de 2011.
- Kendra, E. P., Sanchez. S. J., Montgomery. W. S., Okins, E. K., Niogret, J., Peña, E. J., Epsky, D. N. and R. R. Heath. 2011b. Diversity of Scolytinae (Coleoptera: Curculionidae) attracted to avocado, lychee, and essential oil lures. *Florida Entomologist*. 94(2): 123-130
- Kendra, P. E., Montgomery, W.S., Niogret, J., Pena,, J. E., Capinera, J. L., Brar, G., Epsky, N. D., Heath, R. R. 2011a. Attraction of the redbay ambrosia beetle, *Xyleborus glabratus* to avocado, lychee, and essential oil lures. *Journal of Chemical Ecology*, 37(9):932-942.

- Kirkendall, L. R. 1983. The evolution of mating systems in bark and ambrosia beetles (Coleoptera: Scolytidae and Platypodidae). *Zoological Journal of the Linnean Society* 77: 293-352.
- Koch, F. H., and W. D. Smith. 2008. Spatio-temporal analysis of *Xyleborus glabratus* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) invasion in eastern US forests. *Environmental Entomology* 37: 442-452.
- Loera-Hernández, F. G. 2002. La familia Lauraceae en el sur de México: Diversidad, distribución y estado de conservación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 71:59-70.
- Mann, R., Hulcr, J., Peña, J. and Stelinski, L. 2011. Redbay ambrosia beetle (*Xyleborus glabratus* Eichhoff (Insecta: Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae)). Featured creatures. University of Florida. En línea: http://entnemdept.ufl.edu/creatures/trees/beetles/redbay_ambrosia_beetle.htm
Fecha de consulta: 6 de agosto de 2011.
- Margarey, D. R., Borchert, M. D. and Schlegel, W. J. 2008. Global plant hardiness zones for phytosanitary risk analysis. *Sci. Agric (Piracicaba, Braz)*. 65: (special issue): 54-59.
- Mayfield III, A. E. 2005. Redbay ambrosia beetle *Xyleborus glabratus* Eichhoff, Forestry images 1877 En línea: <http://www.forestryimages.org/browse/subthumb.cfm?sub=10998> Fecha de consulta: 25 de noviembre de 2011.
- Mayfield III, A. E. and M. C. Thomas. 2009. The redbay ambrosia beetle, *Xyleborus glabratus* Eichhoff (Scolytinae: Curculionidae). FDACS-Division of Plant Industry. En línea: <http://www.freshfromflorida.com/pi/enpp/ento/x.glabratus.html> Fecha de consulta: 18 de mayo de 2011.
- Mayfield III, A. E., Barnard, E. L., Smith, J. A., Bernick, S. C., Eickwort, J. M. and J. Tyler. 2008a. Effect of Propiconazole on Laurel Wilt Disease Development in

Redbay Trees and on the Pathogen in Vitro. *Dreaden Arboriculture & Urban Forestry*. 34(5):317–324

Mayfield III, A. E., Peña, J.E., Crane, J. H., Smith, J. A., Branch, C. L., Ottoson, E. D. And M. Hughes. 2008b. Ability of the redbay ambrosia beetle (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) to bore into young avocado (Lauraceae) plants and transmit the laurel wilt pathogen (*Raffaelea* sp.). *Scientific Notes. Florida Entomologist*. 91(3): 485-487

Mayfield, A.E. III, J.A. Smith, M. Hughes and T. J. Dresden. 2008c. First report of laurel wilt disease caused by *Raffaelea* sp. on Avocado in Florida. *Plant Disease* 92 (6): 976.

Nobuchi, A., and S. Ono. 1973. Bark beetles from the Bonin Islands (Coleoptera: Scolytidae). *Kontyû*. 41(2): 181-182.

Oliver, J. B., and C. M. Mannion. 2001. Ambrosia beetle (Coleoptera: Scolytidae) species attacking chestnut and captured in ethanol-baited traps in middle Tennessee. *Environmental Entomology* 30: 909-918.

Ploetz, R. C. and J. E. Peña. 2007. Laurel wilt: a lethal disease on avocado and other Lauraceous hosts. *Caribbeanseeds.com*. 7. En línea: <http://www.caribbeanseeds.com/Laurel-wilt-overview.pdf>. Fecha de consulta: 18 de marzo de 2011.

Ploetz, R. C., Peña, J. E., Smith, J. A., Dreaden, T., Schubert, T., Crane, J. H., Palmateer, A. J., Evans, E. A. and W. Dixon. 2011. Laurel wilt arrives in Miami-Dade County, FL: What happens now that disease is present in a major avocado-growing area?. *Phytopathology*. 101: (In press).

Ploetz, R. C., Pérez-Martínez, J. M., Smith, J. A., Hughes, M., Dreaden, T. J., Inch, S. A. and Fu, Y. 2011. Responses of avocado to laurel wilt, caused by *Raffaelea lauricola*. *Plant Pathology*. doi: 10.1111/j.1365-3059.2011.02564.x.

- Rabaglia, R. J. 2005. The validity of *Xyleborus impressus* eichhoff (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) as distinct from *Xyleborus ferrugineus* (Fabricius). The Coleopterists Bulletin 59(2):261–266
- Rabaglia, R. J., Dole, S. A. and A. I. Cognat. 2006. Review of American Xyleborina (Coleoptera : Curculionidae: Scolytinae) occurring North of Mexico, with an illustrated key. Annals of the Entomological Society of America 99: 1034-1056.
- Rabaglia, R. J., S. A. Dole, and A. I. Cognato. 2006. Review of American Xyleborina (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) occurring north of Mexico, with an illustrated key. Annals of the Entomological Society of America. 99(6): 1034-1056.
- Riggins, J. J., Smith, J. A., Mayfield, A. E., Layton, B., Balbalian, C. and R. Campbell. 2010. First occurrence of laurel wilt disease on redbay trees in Mississippi Plant Disease 94: 634.
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT). 2012. Anuarios estadísticos de los puertos de México 2010. En línea: http://www.sct.gob.mx/fileadmin/CGPMM/U_DGP/estadisticas/2010/Anuario/index.htm Fecha de consulta: 24-mayo-2012
- Secretaría de Economía (SE). 2012. Principales países productores de aguacate Has.
- Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA). 2012. Modulo de Consulta de Requisitos Fitosanitarios para la Importación de Mercancías Reguladas. Dirección General de Sanidad Vegetal. En línea: <http://sistemas2.senasica.gob.mx/mcrfi/> Fecha de consulta: 28 de mayo de 2012.
- SIAP. 2011. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.
- SINAVEF, 2012. Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria. DGSV-CNRF-UASLP-LaNGIF.

Sistema Producto Aguacate. 2005. Plan rector del sistema producto aguacate-Diagnostico del sistema producto aguacate. Secretaria de Agricultura Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). En línea: http://www.sagarpa.gob.mx/agricultura/Publicaciones/SistemaProducto/Lists/Aguacate/Attachments/3/pr_mich.pdf Fecha de consulta: 28-05-2012

Smith, J. A., Dreaden, T. J., Mayfield III, A. E., Boone, A., Fraedrich, S. W. and C. Bates. 2009. First Report of Laurel Wilt Disease Caused by *Raffaelea lauricola* on Sassafras in Florida and South Carolina. *Plant Disease*. 93(10):1079-1079

Smith, J. A., Mount, L., Mayfield, A. E., Bates, C. A., Lamborn, W. A. and S. W. Fraedrich. 2009. First report of laurel wilt disease caused by *Raffaelea lauricola* on camphor in Florida and Georgia. *Plant Disease* 93:198.

Spence, D., Smith, J., Mayfield III, A., Huler, J., Ploetz, R. and L. Stelinski. 2011. Assessing the Survival of the Redbay Ambrosia Beetle and Laurel Wilt Pathogen in Wood Chips. School of Forest Resources and Conservation Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. FOR289.

USDA Forest Management. Florida Department of Agriculture and Consumer Services, Division of Forestry, laurel wilt page. 2010. En línea: http://www.fldof.com/forest_management/fh_insects_redbay_ambrosiabeetle.html Fecha de consulta: 18 de marzo de 2011.

USDA Forest Service. 2011. Laurel wilt. En línea: <http://www.fs.fed.us/r8/foresthealth/laurelwilt/index.shtml> Fecha de consulta: 18 de marzo de 2011.

USDA-APHIS. 2007. Amended NPAG et Report *Xyleborus glabratus* Eichhoff: Ambrosian beetle Coleoptera/ Curculionidae (Formerly Scolytidae). New Pest Advisory Group (NPAG). USDA/APHIS/PPQ/CPHST/PERAL. 8 p.

USDA-NPDRS. 2011. Recovery Plan for Laurel Wilt of Avocado. Presidential Direction Number 9. National Plant Disease Recovery System. 24 p.

Van der Werff, H y Lorea, F. 1997. Flora del Bajío y de regiones adyacentes: Lauraceae. Fascículo. 56. 58 pp

Wood, S. L and Bright, D. E. 1992. A catalog of Scolytidae and Platypodidae (Coleoptera) 2: Taxonomic index. Vol. A and B. Great Basin Naturalist Memoirs 13.

Normas Internacionales de Medidas Fitosanitarias derivadas del Acuerdo de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias de la CIPF, disponibles en línea: <https://www.ippc.int/index.php?id=13399&L=1> (07-05-2011).

- NIMF 01 Principios fitosanitarios para la protección de las plantas y la aplicación de medidas fitosanitarias en el comercio internacional (15-12-2011)
- NIMF 02 Marco para el análisis de riesgo de plagas (15-12-2011)
- NIMF 05 Glosario de términos fitosanitarios: índice de términos fitosanitarios (2010)
- NIMF 08 Determinación de la situación de una plaga en un área (15-12-2011).
- NIMF 11 Análisis de riesgo de plagas para plagas cuarentenarias, incluido el análisis de riesgos ambientales y organismos vivos modificados (15-12-2011)
- NIMF 15 Reglamentación del embalaje de madera utilizado en el comercio internacional (15-12-2011)
- NIMF 21 Análisis de riesgo de plagas para plagas no cuarentenarias reglamentadas (15-12-2011)