

Academic and Technical Workshop on *Xyleborus glabratus* and *Euwallacea* sp.

SIMPOSIO INTERNACIONAL SOBRE MANEJO Y CONTROL DE PLAGAS CUARENTENARIAS EN EL AGUACATERO

XALAPA, VERACRUZ



ACADEMIC AND TECHNICAL
WORKSHOP
On *Xyleborus glabratus*
and *Euwallacea* sp.
November 3-7 2014

Simposium internacional sobre
manejo y control de plagas
cuarentenarias en el aguacatero
(Caso: escarabajos ambrosiales,
Xyleborus glabratus y *Euwallacea* sp.)



SAGARPA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA,
GIRATORIO, PESQUERÍA Y RIEGO
FIDEI COMISIÓN



SENASICA
SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD,
INSPECCIÓN Y CALIDAD
AGROALIMENTARIA



CONSEJO
NACIONAL
CONAFIT
FITOSANITARIO

CONACYT
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

COMITÉ ORGANIZADOR

Presidente - Dr. Alfonso Méndez-Bravo

Coordinadora Académica – Dra. Frédérique Reverchon

Logística y Comunicación - M.C. Emanuel Villafán de la Torre

Tesorero - Dr. Felipe Barrera Méndez

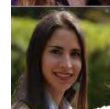
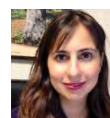


Comité Administrativo

Bella María Ramírez Huber

Tessa Fansa Vega

María del Rosario Hernández Domínguez



Comité Científico

Dr. José Luis Olivares Romero

Dr. José Antonio Guerreño Analco

Dr. Enrique Ibarra Laclette



Comité Técnico

M.C. Alexandro Alonso Sánchez

M.C. Benjamín Rodríguez Haas

M.C. Israel Bonilla Landa

Guillermo López





ACADEMIC AND TECHNICAL WORKSHOP

On *Xyleborus glabratus*
and *Euwallacea* sp.
November 3-7 2014

BOTANICAL GARDEN AUDITORIUM (INECOL)			MUSEUM OF ANTHROPOLOGY	INECOL
MONDAY 03	TUESDAY 04	WEDNESDAY 05	THURSDAY 06	FRIDAY 07
07:30.- BREAKFAST Place: Hotel	07:30.- BREAKFAST Place: Hotel	07:30.- BREAKFAST Place: Hotel	07:30.- BREAKFAST Place: Hotel	07:30.- BREAKFAST Place: Hotel
08:15.- TRANSPORTATION TO INECOL	08:15.- TRANSPORTATION TO INECOL	08:15.- TRANSPORTATION TO INECOL	08:15.- TRANSPORTATION TO INECOL	
09:00.- Dr. Martín Aluja General Director of INECOL Inauguration	09:00.- Dr. Kerry O'Donnell ARS-USDA "Evolution of the <i>Fusarium</i> – <i>Euwallacea</i> mutualism and their cophylogenetic history"	09:00.- Dr. Emily H. Kuhns University of Florida "Attraction of the redbay ambrosia beetle, <i>Xyleborus glabratus</i> , to key fungal and host plant odors"	09:00.- Dr. Andrés Lira Investigador CONACyT en el INECOL "Potential distribution of <i>Xyleborus glabratus</i> and associated hosts in Mexico"	09:00.- TRANSPORTATION TO FIELD TRIP
09:45.- Dr. Paul Kendra ARS-USDA "Chemical ecology of <i>X. glabratus</i> : Attractants for detection and monitoring"	09:45.- Dr. Tom Akinson University of Texas "Summary of the Systematics of the Ambrosia Beetles of the World (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae, Platypodinae)"	09:45.- Dr. Jiri Hulcr University of Florida "Battling the emerging ambrosia beetle pests: what works and what does not"	09:45.- Dr. Francisco Lorea INECOL "The Lauracea family in Mexico"	09:45.- FIELD TRIP >>> Dr. Francisco Lorea INECOL > Field site with Native Lauraceae > Cloud Forest Sanctuary > Botanical Garden
10:30.- Coffee Break	10:30.- Coffee Break	10:30.- Coffee Break	10:30.- Coffee Break	
11:00.- Dr. Daniel Carrillo University of Florida "Ambrosia beetles associated with laurel wilt-affected avocados"	11:00.- Dr. Akif Eskalen University of California Riverside " <i>Fusarium</i> dieback, an emerging exotic disease/pest complex causing dieback throughout agricultural, urban, and wildland landscapes in Southern California"	11:00.- Dr. Daniel Carrillo / Dr. Jorge Peña University of Florida "First steps toward an integrated pest management program for the Red Bay Ambrosia Beetle, <i>Xyleborus glabratus</i> "	11:00.- Dr. Alfonso Méndez INECOL "Avocado Genome Sequencing Project"	
11:45.- Dr. Thomas Harrington Iowa State University "The <i>Raffaelea lauricola</i> / <i>Xyleborus glabratus</i> symbiosis and the threat of laurel wilt to Asian and American Lauraceae"	11:45.- Dr. Shannon Colleen Lynch University of California Riverside "Current host range, distribution and control studies of Polyphagous shot hole borer/ <i>Fusarium</i> dieback in California"	11:45.- Dr. Armando Equihua COLPOS "Monitoring ambrosia beetles in Mexico"	11:45.- Dr. Keithanne Mockaitis Indiana University, Bloomington "Genomic sources of chemical defenses in trees from pine to avocado: new references for understanding large enzyme family conservation and diversification"	
12:30.- LUNCH	12:30.- LUNCH / Words from Dr. Javier Trujillo	12:30.- LUNCH	12:30.- LUNCH	12:30.- LUNCH
14:00.- Dr. Stephen Fraedrich USDA, Forest Service "The interactions of <i>Xyleborus glabratus</i> and <i>Raffaelea lauricola</i> with lauraceous species in forests of the southeastern United States"	14:00.- Dr. Zvi Mendel ARO Volcani Center, ISRAEL "Tree colonization behavior as a basis for management of <i>Euwallacea nr fornicatus</i> population in avocado plantations and ornamental trees"	14:00.- Dr. Tom Atkinson University of Texas "Distribution, biogeography and systematics of ambrosia beetles in Mexico"	14:00.- Dr. Noelani van den Berg University of Pretoria "The "Omics" as a tool to study biotic and abiotic stress in avocado"	
14:45.- Dr. Jorge Macías Synergy Semiochemicals Corporation, CANADA "Chemical ecology of ambrosia beetles: Knowledge and perspectives to manage exotic species"	14:45.- Dr. Stanley Freeman ARO Volcani Center, ISRAEL "Occurrence of <i>Fusarium</i> and <i>Graphium</i> symbiotic fungi within their host trees and their vector <i>Euwallacea nr fornicatus</i> "	14:45.- Visit to the Scientific and Technological Cluster BioMimic® >>> Dr. Martín Aluja General Director of INECOL	14:45.- Dr. Eneas Aguirre INECOL "Case of <i>Xyleborus glabratus</i> and <i>Euwallacea</i> sp. invasions in North America: proposals of BioMimic – INECOL"	
15:30.- Coffee Break	15:30.- Coffee Break		15:30.- Coffee Break	
16:00.- Dr. Randy Ploetz University of Florida "Epidemiology of laurel wilt on avocado: Impacts of root graft transmission and alternative vectors of <i>Raffaelea lauricola</i> "	16:00.- Dr. Sampath Walgama Agriculture and Agri-Food, CANADA "Symbiotic relationship in the tea ecosystem: Tea Shot-hole borer of Sri Lanka"		16:00.- Discussion session TOPIC: Genomic resources available for the potential development of resistance/tolerance to the pest/disease complex in both natural and agricultural scenarios.	
16:45.- Discussion session TOPIC: Natural history, basic biology, ecology, and genetics/molecular biology	16:45.- Discussion Session TOPIC: Phylogeny, phylogeography, biogeography and epidemiology	16:45.- Coffee Break 17:15.- Discussion Session TOPIC: Management/control		
18:15.- WELCOMING TOAST	18:15.- TRANSPORTATION	18:45.- - TRANSPORTATION		
19:15.- TRANSPORTATION	19:00.- DINNER	19:30.- DINNER		
20:00.- DINNER				
			18:00.- CLOSING CEREMONY Visit to the Anthropology Museum & DINNER	

RELATORÍA DEL EVENTO

Red de Estudios Moleculares Avanzados (REMAV)
Instituto de Ecología A.C. (INECOL)

El Simposium internacional sobre manejo y control de plagas cuarentenarias (Caso: escarabajos ambrosiales, *Xyleborus glabratus* y *Euwallacea* sp.) en el aguacatero se realizó en Xalapa (Veracruz), México, del 3 al 7 de noviembre 2014. La Red de Estudios Moleculares Avanzados (REMAV) del Instituto de Ecología (INECOL), organizó este trascendente evento en coordinación con el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), con fondos de financiamiento provenientes del Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA), a través de la Dirección General de Sanidad Vegetal (DGSV), de la Secretaría de Agricultura (SAGARPA) y del Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario (CONACOFI).

El antecedente inmediato de esta importante reunión académica inició con la sensibilización del Dr. Francisco Javier Trujillo Arriaga, Director General de Sanidad Vegetal, quien es miembro del Comité Evaluador Externo del INECOL. El Doctor Trujillo Arriaga, al escuchar el interés del INECOL para comenzar a abordar el problema potencial de la introducción de las plagas ambrosiales a nuestro país, acertadamente propuso y facilitó, a través de la oportuna gestión del Dr. Enrique Sánchez Cruz, Director en Jefe del SENASICA, la realización de una reunión académica del más alto nivel, en la que los expertos internacionales en el estudio y manejo de estas plagas de importancia cuarentenaria discutieran con los integrantes del equipo de trabajo de la REMAV y expertos en la diversidad genética del aguacate en México, las vías de colaboración más pertinentes y objetivas para crear redes científicas y puntos de acuerdo que nos permitan estar preparados para contrarrestar, mitigar y en su caso, solucionar de manera definitiva, los efectos que pudieran tener la presencia de estas plagas en los agro-ecosistemas y ecosistemas del país, principalmente de los que depende la producción y reservorio genético de aguacate y lauráceas.



Sin duda, este evento es un claro ejemplo del redireccionamiento del quehacer científico del país, enfocado a la búsqueda de soluciones de problemas nacionales de gran importancia, que pueden afectar al sector agroalimentario y forestal. En este taller, se presentaron 25 ponencias y extensas

sesiones de discusión, en las que participaron alrededor de 100 académicos, quienes expusieron sus trabajos de investigación en cuatro mesas temáticas:

1. Filogenia, filogeografía/biogeografía y epidemiología de *X. glabratus* y *Euwallacea* sp., así como de sus hongos fitopatógenos asociados, *Raffaelea lauricola* y *Fusarium euwallaceae*.
2. Historia natural, biología básica, ecología, ecología química, y genética de *X. glabratus*, *Euwallacea* sp. y de sus fitopatógenos asociados.
3. Recursos genéticos, diversidad, genómica y respuestas de defensa del aguacate *Persea americana* y lauráceas. Materiales ancestrales como portadores de tolerancia contra el ataque de plagas y enfermedades.
4. Manejo y control de las especies invasivas *X. glabratus* y *Euwallacea* sp., así como de las enfermedades que transmiten. Atrayentes/cebos, trampas, repelentes, enemigos naturales, control químico y mecanismos de alta tecnología (silenciamiento de genes, marcadores de resistencia, nano-materiales).

Al término de cada jornada de discusión, el Comité Organizador, hizo una reseña a manera de síntesis, del trabajo y temática presentada durante cada día del evento, agradeciendo a los ponentes y haciendo mención de la temática que sucedería en las jornadas subsiguientes.

La participación de académicos internacionales con una amplia experiencia y conocimiento del tema fue muy importante, contándose también con la presencia de investigadores del INECOL y de otras instituciones del país. Los resultados presentados, las metodologías y las técnicas desarrolladas fueron objeto de análisis crítico y de discusión; todas las propuestas fueron motivo de reflexión por parte de los participantes. Se resaltó la necesidad de foros como éste para impulsar el conocimiento de los resultados de investigación en pro del desarrollo de nuevas tecnologías enfocadas a brindar soluciones a problemas de interés nacional e internacional y la divulgación de los mismos en beneficio de aquellos países afectados.

Ceremonia de apertura

Hicieron uso de la palabra el M. en C. José Abel López Buenfil, en representación del M.V.Z. Enrique Sánchez Cruz, Director en Jefe del SENASICA y el Dr. Martín Aluja Schuneman Hofer, Director General del INECOL. Los distinguidos invitados que conformaron el presidium fueron el Dr. Guillermo Ángeles Álvarez, Secretario Académico del INECOL; el Dr. Alfonso Méndez Bravo, Investigador del INECOL y presidente del Comité Organizador del evento; el M. en C. Víctor Joaquín Alvarado Martínez, Secretario del Medio Ambiente de Veracruz; el Dr. José Antonio González Azuara, Delegado Federal de SEMARNAT y el Ing. Leopoldo Adame, en representación de la Asociación de Productores y Empacadores Exportadores de Aguacate de México, AC (APEAM).



El M. en C. Abel López Buenfil destacó la importancia del evento, de cara a la inminente amenaza que asecha a nuestro país, en caso de la introducción de los complejos ambrosiales *X. glabratus* y *Euwallacea* sp., y sus hongos fitopatógenos asociados *Raffaelea lauricola* y *Fusarium euwallaceae*. Resaltó también la relevancia de buscar, a través de futuros desarrollos científico-tecnológicos, posibles soluciones a problemas de interés nacional y cómo el quehacer científico puede ayudar a las autoridades competentes (SAGARPA, SENASICA, Sanidad Vegetal y CONAFOR) a fortalecer y establecer nuevos planes de contingencia nacional, que nos permitan hacer frente a estas plagas invasoras, que podrían afectar no sólo a los productores de aguacate de nuestro país, sino también a las zonas forestales con una amplia diversidad de especies susceptibles al ataque de dichos complejos ambrosiales.

El Dr. Martín Aluja recordó que en un marco de economías globalizadas, los problemas de un país, en términos de la introducción de plagas invasoras, pueden ser también problema de otros países circundantes, cuyas fronteras están expuestas a un flujo constante de productos y mercancías. Resaltó también la importancia de establecer sólidos equipos de colaboración, que permitan abordar los problemas de manera focalizada y trans-disciplinaria, coordinando con ello los esfuerzos, para proponer soluciones concretas. Destacó las fortalezas de instituciones como el INECOL y la importancia de crear grupos de trabajos multidisciplinarios inter-institucionales, como el clúster científico y tecnológico BioMimic®.



Finalmente, después de una cálida bienvenida a todos los participantes del evento, los Dres. Martín Aluja y Alfonso Méndez Bravo, declararon inaugurado el taller, que tenía como objetivo proponer estrategias de trabajo científico orientadas a la generación de soluciones mediante acuerdos académicos internacionales e interinstitucionales.

Sesiones académicas

El Dr. Paul Kendra del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) describió la enfermedad comúnmente llamada “marchitez del laurel rojo” como un sistema ecológico complejo, que afecta diversas especies de hospederos (principalmente miembros de la familia Lauraceae), el cual consta de un vector (*X. glabratus*), capaz de dispersar el hongo agente causal de la enfermedad (*R. lauricola*). En su conferencia, el Dr. Kendra dio a conocer el uso de olfatómetros para evaluar la capacidad atrayente que tienen algunos compuestos volátiles producidos por ciertas especies vegetales y como esta capacidad “olfativa” de los escarabajos ambrosiales puede utilizarse para la generación de un sistema de trapeo eficiente que permita la captura y mitigue la dispersión de la enfermedad.

Los trabajos realizados por el Dr. Jorge Peña, de la universidad de Florida (ponencia presentada por el Dr. Daniel Carrillo), muestran evidencia de la susceptibilidad al ataque de *X. glabratus* por parte de varios hospederos (incluyendo aguacate), y demuestran que *Cinnamomum osmophleum* es hospedero natural en Asia, lo cual provee información adicional sobre las hipótesis que plantean el origen de esta plaga invasora.

El Dr. Thomas Harrington, de la Universidad del estado de Iowa, resaltó la importancia de los estudios filogenéticos de los hongos asociados a escarabajos Xyleborini (*Ophiostoma*, *Fragosphaeria*, *Leptographium*, *Ambrosiella*, *Raffaelea*) para entender el origen y la evolución de la simbiosis ambrosial y la epidemiología de la enfermedad que vinculan.

Según el trabajo presentado por el Dr. Stephen Fraedrich, del servicio forestal de la USDA, *X. glabratus* tiene una alta preferencia a barrenar y establecer sus galerías en troncos y ramas de diámetro mayor a 5 cm. Por lo tanto, los árboles jóvenes muestran una menor propensión al ataque y desarrollo de la enfermedad. Las hembras de *X. glabratus*, al barrenar y establecer sus galerías dentro del tronco de los árboles, inoculan al hongo, que al proliferar en las galerías sirve de alimento a las nuevas generaciones de escarabajos durante su estadio larval. Una vez en el tronco, el hongo puede expandirse a través del sistema vascular de las plantas hospederas.

El Dr. Jorge Macías (Synergy Semiochemicals Corporation, CANADA) remarcó la importancia de estudiar los compuestos volátiles, resaltando las diferencias entre feromonas (sustancias químicas secretadas por los seres vivos con el fin de provocar comportamientos específicos en otros individuos de la misma especie) y kairomonas (moléculas que permiten la comunicación y/o el reconocimiento interespecífico).

Algunas especies de escarabajos están asociadas con uno o más hongos primarios, los cuales son transmitidos verticalmente de una generación a la siguiente. Es decir, los simbiosiontes no son transmitidos directamente de la madre a su descendencia; más bien, crecen de forma independiente en las galerías natales, de las cuales su descendencia obtiene el simbiote mediante la alimentación. Esto hace posible que otras especies de escarabajos puedan transmitir también el hongo agente causal de la enfermedad. Estos son resultados mostrados en la ponencia del Dr. Randy Ploetz (Universidad de Florida) y generados mediante un trabajo conjunto con el Dr. Daniel Carrillo.



El Dr. Kerry O'Donnell (ARS-USDA) marcó el inicio de las actividades del taller en el segundo día de labores; su ponencia habló sobre la relación simbiótica entre *Euwallacea* sp. y *Fusarium euwallaceae*, un complejo ambrosial que muestra síntomas similares al complejo *X. glabratus* - *R. lauricola*. Los trabajos de O'Donnell demuestran cómo distintos linajes de escarabajos han

cambiado de hongo mutualista a lo largo de su historia evolutiva. Por lo general, los escarabajos ambrosiales infestan árboles muertos o sometidos a condiciones de estrés biótico y/o abiótico, sus hongos simbioses no suelen ser fitopatógenos sino más bien saprófitos. Sin embargo, en su plática, el Dr. Thomas Atkinson señaló que todos los grupos de escarabajos ambrosiales poseen especies que, al igual que *X. glabratus* y *Euwallacea* sp., pueden reproducirse en hospedantes vivos, y todos deben considerarse como potenciales plagas capaces de dispersar la enfermedad. Remarcó la facilidad del grupo Xyleborini para introducirse y establecerse en diversos ecosistemas y la distribución de las especies nativas en México.

El Dr. Akif Eskalen de la Universidad de California, Campus Riverside, enfatizó que los escarabajos barrenadores polífagos (*Euwallacea* sp.) transportan más de una especie fúngica, lo cual podría favorecer el establecimiento del complejo escarabajo/patógeno en una gran diversidad de ecosistemas. Los simbiontes fúngicos de *Euwallacea* sp. pertenecen a los géneros *Fusarium*, *Acremonium* y *Graphium*, dependiendo de la planta hospedante y del estadio de desarrollo del escarabajo. La identificación del hongo fitopatógeno es primordial para diseñar estrategias de control adecuadas que permitan el manejo de la enfermedad.

Por su parte, la Dra. Shannon Colleen Lynch, de la Universidad de California, Riverside, expresó que, al igual que en el caso de *X. glabratus*, el escarabajo *Euwallacea* sp. tiene un amplio espectro de posibles hospedantes. También explicó que árboles confinados a zonas urbanas de igual manera son susceptibles, y proporcionan al vector puntos estratégicos de colonización para avanzar de una zona forestal a otra. A diferencia de *X. glabratus*, que se detectó por vez primera cerca de Savannah, (Georgia, EUA) en el año 2002, y que desde entonces se ha extendido por la planicie de la costa de los estados de Carolina del Sur y Florida. *Euwallacea* sp. se detectó por primera vez en parques urbanos de los Ángeles California y ha comenzado a esparcirse hacia el norte y sur de la costa oeste de los Estados Unidos.

Al igual que en el caso de *X. glabratus*, *Euwallacea* sp. parece tener su origen en el sur de Asia. Esta especie es también responsable de causar la infección de árboles de aguacate y otras especies forestales en Israel, así como de la infección del té en Sri Lanka. Asimismo, el Dr. Zvi Mendel (ARO Volcani Center, de Israel) destacó que los síntomas del daño causados por *Euwallacea* sp. pueden variar en las diferentes especies identificadas como hospederos. A diferencia de *R. lauricola*, que muestra un crecimiento sistémico a lo largo del tejido vascular del hospedero, *Fusarium euwallaceae* parece mostrar un crecimiento localizado en la región circundante a las galerías creadas por *Euwallacea* sp. Sin embargo, la muerte del árbol parece ser ocasionada por una exacerbada producción de tilosas, un mecanismo propio que las plantas utilizan en pro de evitar que se disemine la infección. Se hipotetiza que el grado de tolerancia de las diferentes especies de hospedero podría estar relacionado al tamaño del diámetro de sus haces vasculares, sin embargo, aún no existe evidencia que sustente dichas ideas. El Dr. Zvi Mendel también mostró el efecto poco prometedor de una serie de anti-fúngicos químicos que han sido probados mediante una aplicación directa al sistema vascular de árboles infectados.

El Dr. Stanley Freeman (ARO Volcani Center, de Israel) por su parte destacó que en Israel el escarabajo ambrosial invasivo *Euwallacea* sp., al igual que en California, es también portador de otros hongos simbioses como *Acremonium* y *Graphium*. Describió la dominancia acrecentada de *Fusarium* conforme el escarabajo se va desarrollando, y resaltó la importancia de investigar los mecanismos que determinan la especificidad de la asociación hongo / escarabajo y escarabajo /

árbol hospedante, con el fin de conocer la dinámica de colonización del escarabajo por sus simbioses fúngicos.

Finalmente, el Dr. Sampath Walgama, adscrito actualmente a Agriculture and Agri-Food, Canadá, y quién realizó trabajos importantes de detección y control del barrenador del té (tea shot hole borer, TSHB) en Sri Lanka, concluyó las sesiones del segundo día con una reseña acerca de la biología del TSHB *Xyleborus fornicatus*, descrita en 1865 por Eichhoff. Enfatizó el riesgo de entrada de este tipo de plagas a través de actividades comerciales mal vigiladas y planteó como estrategia de control el “triángulo de interacción I-P-E” que involucra el estudio de: el I-insecto, las plantas P-planta, y aspectos ecológicos E-ecología. Indicando que esta estrategia ha sido importante para la obtención de plantas resistentes en invernadero.



El tercer día de sesiones académicas fue inaugurado por la Dra. Emily Kuhns de la Universidad de Florida, quien presentó un estudio sobre atrayentes de *X. glabratus*, en el que se demuestra que el hongo *R. lauricola* no atrae por sí mismo al escarabajo, pero mejora la atracción del aceite de manuka, cebo conocido que contiene olores del árbol hospedero. Asimismo, la Dra. Kuhns identificó al eucaliptol como un atrayente más de *X. glabratus*.

El Dr. Jiri Hulcr de la Universidad de Florida, habló de los diferentes métodos que podrían ser utilizados para combatir a los escarabajos ambrosiales, éstos van desde el control biológico, la sanitización y erradicación de árboles infectados, hasta la generación de variedades tolerantes o resistentes de árboles mediante el uso y la aplicación de técnicas moleculares como el silenciamiento de genes.

En su segunda plática, el Dr. Daniel Carrillo de la Universidad de Florida abordó el tema del control biológico y presentó los resultados de un estudio evaluando el antagonismo de hongos entomopatógenos pertenecientes a los géneros *Isaria*, *Beauveria*, y *Metarhizium*. Resaltó la necesidad de aumentar la persistencia de las soluciones elaboradas a partir de estas cepas para incrementar su eficiencia en condiciones de campo.

El Dr. Armando Equihua del Colegio de Posgraduados, quién es un experto en la Sistemática, Taxonomía y colecta de escarabajos ambrosiales, habló sobre la diversidad de este grupo de coleópteros en México. Mencionó algunos ejemplos de colaboraciones que ha sostenido con instituciones de los Estados Unidos de Norteamérica y Canadá para el monitoreo e identificación de ambrosiales en México con potencial invasivo. De igual manera resaltó el sistema de vigilancia que existe actualmente en los puertos de mayor importancia de México, en algunos cruces fronterizos y en el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México en coordinación con la Dirección General de Sanidad Vegetal del SENASICA y con la Comisión Nacional Forestal de la SEMARNAT.

Posteriormente, el Dr. Tom Atkinson enfatizó la importancia de registrar los puntos de muestreo en los cuales no se colectó ningún escarabajo, para modelar precisamente la distribución de éstos. Concluyó las sesiones del tercer día con una nota positiva, destacando que los matorrales xerófitos del sur de Texas y del norte de Tamaulipas podrían formar una barrera natural a la invasión por complejos ambrosiales provenientes de Estados Unidos.



Las sesiones del cuarto día iniciaron con la ponencia del Dr. Andrés Lira Noriega (INECOL) quien presentó los resultados de estudios de modelaje espacialmente explícitos, que permiten anticipar el riesgo del desplazamiento e invasión de las especies vector (*X. glabratus* y *Euwallacea* sp.) en territorio nacional. En estos modelos, se ilustra la vulnerabilidad de vastas zonas forestales, así como de las regiones de alta importancia económica, donde se concentra la mayor producción de aguacate. De acuerdo a los modelos presentados, estas importantes zonas podrían verse severamente afectadas.

El Dr. Francisco Lorea (INECOL) habló sobre la gran diversidad de especies de la familia Lauraceae presentes en nuestro país. Resaltó la existencia de especies endémicas y la prevalencia de los géneros más representativos (*Ocotea*, *Cinnamomum* y *Nectandra*) además de su amplia distribución. El Dr. Lorea también estuvo a cargo de dirigir la salida de campo del último día del Simposium, guiando a los participantes por el Santuario Bosque de Niebla, donde se resaltó el vasto rango de especies que podrían ser afectadas en caso de invasión por complejos ambrosiales. Posteriormente, se recorrió un antiguo cafetal convertido en parcela de regeneración natural en la que se pudieron observar Lauráceas nativas de México.

El Dr. Alfonso Méndez Bravo (INECOL) mostró los avances actuales de la secuenciación del genoma de aguacate (*Persea americana* var. *drymifolia*), un proyecto financiado por SAGARPA y desarrollado por una comunidad de científicos de la Unidad de Genómica Avanzada (UGA; antes LANGE BIO), y que se suma a la información existente para hacer frente a la amenaza que representa para nuestro país la introducción de las plagas invasivas *X. glabratus* y *Euwallacea* sp.

La Dra. Keithanne Mockaitis, de la Universidad de Indiana, habló de cómo la variabilidad genética es responsable de la variación fenotípica en términos de los niveles de tolerancia que pueden exhibir las diferentes especies de árboles hospedantes y de por qué la diversidad de especies presentes en México representa un importante recurso en términos del repertorio genético que puede y debe estudiarse en pro de la búsqueda de posibles soluciones.

La Dra. Noelani van den Berg, de la Universidad de Pretoria en Sudáfrica, habló de la gran complejidad que representa a nivel molecular la respuesta del hospedante como consecuencia de la infección causada por hongos fitopatógenos, y cómo puede ser estudiada mediante técnicas moleculares de reciente generación, tales como análisis de expresión global de genes (transcritos regulados) del hospedante durante el proceso de infección y establecimiento de una enfermedad. Aunado a ello, la Dra. van den Berg mostró sus resultados sobre la búsqueda de variedades tolerantes a la enfermedad conocida como “tristeza del aguacatero”, una enfermedad causada por el oomiceto hemibiotrófico *Phytophthora cinnamomi*, que provoca la pudrición de la raíz. Resaltó la importancia de iniciar de forma inmediata proyectos de investigación enfocados a la búsqueda de variedades tolerantes a la infección de *R. lauricola* y *F. euwallaceae*, para identificar condicionantes genéticos que confieran ventajas adaptativas para tolerar estas infecciones. Pese a ser estrategias viables, estos estudios requieren de años de trabajo de investigación, dada la complejidad que representa el trabajar con especies de árboles frutales.

La última ponencia del evento fue impartida por el Dr. Eneas Aguirre von Wobeser (INECOL), quien dio a conocer a los participantes, las fortalezas del grupo de investigadores que conforman la REMAV, y el Clúster Científico y Tecnológico BioMimic[®]. Adicionalmente, hizo mención del equipamiento y el capital humano disponible, y que, trabajando de manera conjunta con los especialistas en la materia, se pondrán en marcha proyectos de investigación enfocados a la búsqueda del conocimiento que resulte en información relevante. Esta información permitirá a las autoridades competentes (SENASICA, DGSV y CONAFOR) fortalecer y establecer nuevos planes de contingencia nacional, para así hacer frente a esta potencial plaga invasora, así como también a la generación de soluciones mediante desarrollos científicos-tecnológicos.



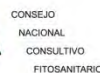
Acuerdos de colaboración y líneas de investigación sinérgicas

En coordinación entre el Comité Organizador del Simposio, la Dirección General y la Secretaría Académica del Instituto de Ecología, se redactó un acuerdo “Marco” o general para cada Institución representada por los ponentes del evento. Esto sirvió para dar certeza y formalidad de la seriedad con la que se pretenden abordar diferentes líneas de investigación de manera multidisciplinaria e interinstitucional relacionadas con el manejo de las plagas ambrosiales invasivas en nuestro país. Al momento se han concretado dos acuerdos de colaboración, uno de ellos con la Universidad de Florida para establecer colaboración con el Dr. Daniel Carrillo, quien es un experto en el manejo y estudio ecológico de *Xyleborus glabratus/Raffaele lauricola*, el segundo acuerdo se estableció con la Universidad de California en Riverside para colaborar con el Dr. Akif Eskalen, fitopatólogo experto en el control y manejo de la marchitez por *Fusarium* ocasionada por el complejo *Euwallacea* sp./*Fusarium euwallaceae*.



ACADEMIC AND TECHNICAL WORKSHOP

On *Xyleborus glabratus*
and *Euwallacea* sp.
November 3rd-7th 2014



INDEX

Day 1 - Natural History, Basic Biology, Ecology, and Genetics/Molecular Biology

- Paul Kendra (ARS-USDA): "Chemical ecology of *X. glabratus*: Attractants for detection and monitoring"
- Daniel Carrillo (University of Florida): "Ambrosia beetles associated with laurel wilt-affected avocados"
- Thomas Harrington (Iowa State University): "The *Raffaelea lauricola*/*Xyleborus glabratus* symbiosis and the threat of laurel wilt to Asian and American Lauraceae"
- Stephen Fraedrich (USDA, Forest Service): "The interactions of *Xyleborus glabratus* and *Raffaelea lauricola* with lauraceous species in forests of the southeastern United States"
- Jorge Macías (Synergy Semiochemicals Corporation, Canada): "Chemical ecology of ambrosia beetles: Knowledge and perspectives to manage exotic species"
- Randy Ploetz (University of Florida): "Epidemiology of laurel wilt on avocado: Impacts of root graft transmission and alternative vectors of *Raffaelea lauricola*"

Day 2 - Phylogeny, Phylogeography, Biogeography and Epidemiology

- Kerry O'Donnell (ARS-USDA): "Evolution of the *Fusarium* – *Euwallacea* mutualism and their cophylogenetic history"
- Tom Atkinson (University of Texas): "Summary of the Systematics of the Ambrosia Beetles of the World (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae, Platypodinae)"
- Akif Eskalen (University of California Riverside): "Fusarium dieback, an emerging exotic disease/pest complex causing dieback throughout agricultural, urban, and wildland landscapes in Southern California"
- Shannon Colleen Lynch (University of California Riverside): "Current host range, distribution and control studies of Polyphagous shot hole borer/*Fusarium* dieback in California"

- Zvi Mendel (ARO Volcani Center, Israel): "Tree colonization behavior as a basis for management of *Euwallacea nr fornicatus* population in avocado plantations and ornamental trees"
- Stanley Freeman (ARO Volcani Center, Israel): "Occurrence of *Fusarium* and *Graphium* symbiotic fungi within their host trees and their vector *Euwallacea nr fornicatus*"
- Sampath Walgama (Agriculture and AgriFood, Canada): "Symbiotic relationship in the tea ecosystem: Tea Shothole borer of Sri Lanka"

Day 3 – Management / Control

- Emily H. Kuhns (University of Florida): "Attraction of the redbay ambrosia beetle, *Xyleborus glabratus*, to key fungal and host plant odors"
- Jiri Hulcr (University of Florida): "Battling the emerging ambrosia beetle pests: what works and what does not"
- Daniel Carrillo / Jorge Peña (University of Florida): "First steps toward an integrated pest management program for the Red Bay Ambrosia Beetle, *Xyleborus glabratus*"
- Armando Equihua (COLPOS): "Monitoring ambrosia beetles in Mexico"
- Tom Atkinson (University of Texas): "Distribution, biogeography and systematics of ambrosia beetles in Mexico"

Day 4 – Genomic resources available for the potential development of resistance/tolerance to the pest/disease complex in both natural and agricultural scenarios

- Andrés Lira (CONACyT, INECOL): "Potential distribution of *Xyleborus glabratus* and associated hosts in Mexico"
- Francisco Lorea (INECOL): "The family Lauraceae in Mexico"
- Alfonso Méndez (INECOL): "Avocado Genome Sequencing Project"
- Keithanne Mockaitis (Indiana University, Bloomington): "Genomic sources of chemical defenses in trees from pine to avocado: new references for understanding large enzyme family conservation and diversification"
- Noelani van den Berg (University of Pretoria): "The "Omics" as a tool to study biotic and abiotic stress in avocado"
- Eneas Aguirre (INECOL): "Cases of *Xyleborus glabratus* and *Euwallacea* sp. invasions in North America: proposals of BioMimic – INECOL"

Chemical ecology of *Xyleborus glabratus*: Attractants for detection and monitoring

P.E. Kendra, W.S. Montgomery, J. Niogret, E.Q. Schnell, and N.D. Epsky

USDA-ARS, Subtropical Horticulture Research Station, 13601 Old Cutler Rd., Miami, FL 33158

Paul.Kendra@ARS.USDA.GOV

The redbay ambrosia beetle, *Xyleborus glabratus* Eichhoff, is endemic to Southeast Asia, but over the past decade it has become a serious invasive pest of both agriculture and forest ecosystems in the USA. Females of *X. glabratus* are the primary vector of a fungal pathogen (*Raffaelea lauricola*) that causes laurel wilt, a lethal vascular disease of trees in the family Lauraceae. First detected in 2002 near Savannah, Georgia, *X. glabratus* has since spread to become established in six southeastern states. Within this region, laurel wilt has caused extensive mortality in native *Persea* species, including redbay (*P. borbonia*), swampbay (*P. palustris*), and silkbay (*P. humilis*). Currently, commercial avocado (*P. americana*) is threatened in south Florida, and with continued spread, laurel wilt may impact avocado production in Mexico and California as well. In addition, native Mexican Lauraceae are potentially at risk. This presentation summarizes comparative research focused on the chemical ecology of *X. glabratus*, to identify the semiochemicals used by dispersing females for host location, and to develop field lures for pest detection and monitoring. Results presented will include (1) relative attraction and boring preferences of *X. glabratus* for nine US species within the Lauraceae, (2) electrophysiological analyses of olfactory responses to host volatiles, (3) evaluations of field lures commercially available and under development, and (4) initial risk assessment of Mexican species within the Lauraceae (collaborative research with INECOL).



Ecología química de *Xyleborus glabratus*: Identificación de atrayentes para detección y monitoreo

P.E. Kendra, W.S. Montgomery, J. Niogret, E.Q. Schnell, y N.D. Epsky

USDA-ARS, Subtropical Horticulture Research Station, 13601 Old Cutler Rd., Miami, FL 33158

Paul.Kendra@ARS.USDA.GOV

El escarabajo ambrosial del laurel rojo, *Xyleborus glabratus* Eichhoff, es endémico del sureste de Asia y durante la última década se ha convertido en una plaga invasiva seria, tanto para la agricultura como para los ecosistemas forestales de los Estados Unidos de Norteamérica (EUA). Las hembras de *X. glabratus* son el vector primario del hongo patógeno *Raffaelea lauricola* que causa la “marchitez del laurel”, una enfermedad vascular letal de árboles de la familia Lauraceae. *Xyleborus glabratus* fue detectado por primera vez en 2002 cerca de Savannah, Georgia, y desde entonces se ha extendido y establecido en seis estados del sureste de EUA. En esta región, la marchitez del laurel ha provocado una gran mortalidad en especies nativas de *Persea*, incluyendo el laurel rojo (*P. borbonia*), y aquellas conocidas popularmente en inglés como “swampbay” (*P. palustris*), y “silkbay” (*P. humilis*). Actualmente, el cultivo de aguacate comercial (*P. americana*) está bajo amenaza en el sur de Florida, y en caso de continuar con la propagación de la enfermedad, la marchitez del laurel podría impactar la producción de aguacate en México y en California. Adicionalmente, las especies nativas mexicanas de la familia Lauraceae se encuentran en riesgo potencial. El presente seminario resume la investigación comparativa centrada en la ecología química de *X. glabratus* para identificar los semioquímicos dispersados por las hembras para localizar los posibles hospedantes con el objetivo de desarrollar trampas en campo para la detección y monitoreo de la plaga. Los resultados presentados incluyen (1) la atracción relativa y la preferencia de *X. glabratus* por barrenar a nueve especies de la familia Lauraceae de los EUA, (2) el análisis electrofisiológico de las respuestas olfativas a los volátiles producidos por el hospedante, (3) la evaluación de las trampas en campo disponibles comercialmente y aquellas que se encuentran en fase de desarrollo, y (4) la evaluación inicial de riesgos de las especies mexicanas de la familia Lauraceae (investigación en colaboración con el INECOL).

Ambrosia Beetles Associated with Laurel Wilt-Affected Avocados

D. Carrillo, R. Duncan, R. Ploetz, and J.E. Peña

University of Florida, IFAS, 18905 SW 280th Street, Homestead, FL 33031-3314 USA
dancar@ufl.edu

Laurel wilt (LW) is a new disease that has decimated vast areas of native trees of the Lauraceae in the southeastern USA, and is now threatening the avocado industry in south Florida. This disease could potentially reach other avocado producing areas in the US and in Central and South America. LW was detected in commercial avocado systems in south Florida in February 2012; since then, over 6000 avocado trees have been destroyed. The primary vector of the LW pathogen (*Raffaelea lauricola*) in natural areas with native Lauraceae trees is the invasive redbay ambrosia beetle (RAB), *Xyleborus glabratus*. Unexpectedly, RAB has not established noticeable populations in avocado orchards, whereas populations of other ambrosia beetles have increased exponentially after the appearance of LW. Studies demonstrated that *R. lauricola* can be carried in the mycangia of several of the other avocado resident beetle species, apparently acquiring it when they breed in LW-infected trees. In addition, no choice-experiments showed that some of the resident species can vector LW to avocado trees. However, resident ambrosia beetles express different attack behavior than RAB. RAB is known to aggressively attack healthy native Lauraceous trees, while most resident ambrosia beetles in avocado groves are believed to attack trees that were previously subject to other stress factors, which are common in commercial avocado grove conditions. More research is needed to understand the role of RAB and other resident ambrosia beetles in the epidemiology of LW in commercial avocados. Current efforts to control RAB and other potential LW vectors are discussed.



Escarabajos Ambrosiales en Asociación con Aguacates Afectados con Marchitez del Laurel

D. Carrillo, R. Duncan, R. Ploetz, y J.E. Peña

University of Florida, IFAS, 18905 SW 280th Street, Homestead, FL 33031-3314 USA
dancar@ufl.edu

La marchitez del laurel o LW por sus siglas en inglés (laurel wilt), es una nueva enfermedad que ha devastado enormes áreas de árboles nativos de la familia Lauraceae en el sureste de los Estados Unidos de Norteamérica (EUA), y que actualmente representa una amenaza a la industria aguacatera del sur de Florida. Esta enfermedad potencialmente podría llegar a otras áreas productoras de aguacate en los EUA, e incluso Latinoamérica. El LW fue detectado en sistemas comerciales de producción de aguacate en el sur de Florida en febrero de 2012; desde entonces, cerca de 6,000 árboles de aguacate han sido destruidos. El vector primario del agente patógeno de LW (*Raffaelea lauricola*) es el escarabajo ambrosial invasivo del laurel rojo (RAB, por sus siglas en inglés, *Xyleborus glabratus*) en áreas naturales pobladas por árboles nativos de lauráceas. De manera inesperada, no se han detectado poblaciones establecidas de RAB en huertos de aguacate, sin embargo poblaciones de otros escarabajos ambrosiales se han incrementado exponencialmente después de la aparición de LW. Las investigaciones realizadas demuestran que *R. lauricola* puede ser transportado en los micangios de otras especies de escarabajos residentes en aguacate, y que el hongo aparentemente se adquiere durante la etapa de reproducción de los escarabajos en árboles infectados con LW. Adicionalmente, los experimentos sin alternativa (no-choice experiments) mostraron que algunos de las especies residentes pueden también ser vector de LW a árboles de aguacate. Sin embargo, las especies de escarabajos residentes muestran una conducta diferente de ataque comparada con la del RAB. Se sabe que RAB ataca agresivamente a árboles saludables de especies nativas de Lauraceae, mientras que se cree que la mayoría de los escarabajos ambrosiales residentes en cultivos de aguacate atacan a árboles sujetos previamente a otros factores de estrés, los cuales son comunes en las condiciones de cultivo de aguacate comercial. Por lo que se necesita mayor investigación para entender el papel del RAB y otros escarabajos ambrosiales residentes en la epidemiología de LW en aguacates comerciales. Finalmente, en esta presentación se discuten los esfuerzos actuales para controlar RAB y otros potenciales vectores de LW.

The *Raffaelea lauricola*/*Xyleborus glabratus* symbiosis and the threat of laurel wilt to Asian and American Lauraceae

T. Harrington¹, and S.W. Fraedrich²

¹ Department of Plant Pathology and Microbiology, Iowa State University, Ames 50014

² Southern Research Station, USDA Forest Service, Athens, Georgia 30605

tcharrin@iastate.edu

Laurel wilt, caused by *Raffaelea lauricola*, has been killing redbay (*Persea borbonia*) in southeastern USA since 2003. Affected trees have vascular streaking typical of a true wilt disease, which involves systemic colonization of the host through non-living vessels. Genetic analyses of isolates from discolored xylem placed the pathogen in *Raffaelea*, which comprises ambrosia beetle symbionts typically carried in mycangia and closely related to *Ophiostoma* and *Leptographium*, genera that include a few bark-beetle-vectored wilt pathogens, such as the agents of Dutch elm disease (DED). The biology and management of laurel wilt have some parallels with DED. The laurel wilt pathogen grows in the mycangium of the exotic *Xyleborus glabratus*, which like the DED vectors, feeds on healthy trees prior to making galleries for brood production. In inoculations studies, *R. lauricola* systemically colonizes and causes rapid death of members of the family Lauraceae from the southeastern USA: redbay, swampbay (*Persea palustris*), sassafras (*Sassafras albidum*), pondspice (*Litsea aestivalis*), and pondberry (*Lindera mellisifolia*). California bay (*Umbellularia californica*) and avocado (*Persea americana*) may be somewhat less susceptible. The pathogen and vector were confirmed in Taiwan and Japan, and Asian Lauraceae also appear to be susceptible to systemic colonization by *R. lauricola*. Other ambrosia beetles are attracted to ethanol and other “stress compounds” emanating from dead and dying trees, but there appears to be a unique relationship among *X. glabratus*, *R. lauricola* and aromatic tree compounds. *Xyleborus glabratus* bores short tunnels into xylem of healthy Lauraceae, allowing the pathogen to grow from the mycangium and infect the host. After systemic colonization by the pathogen, another generation of *X. glabratus* lays brood in the wilted tree. *Raffaelea lauricola* is the only mycangial symbiont of an ambrosia beetle that causes a plant disease. Tropical and subtropical Lauraceae native to Latin America could be severely affected by the disease.



La simbiosis de *Raffaelea lauricola*/*Xyleborus glabratus* y la amenaza de la Marchitez del Laurel a especies asiáticas y americanas de la familia Lauraceae

T. Harrington¹, y S.W. Fraedrich²

¹ Department of Plant Pathology and Microbiology, Iowa State University, Ames 50014

² Southern Research Station, USDA Forest Service, Athens, Georgia 30605

tcharrin@iastate.edu

La marchitez del laurel (LW por sus siglas en inglés), provocada por *Raffaelea lauricola*, está aniquilando al laurel rojo (*Persea borbonia*, conocido popularmente en inglés como Redbay) en el sureste de los Estados Unidos de Norteamérica (EUA) desde 2003. Los árboles afectados tienen el típico rayado vascular de una enfermedad por marchitez, la cual involucra una colonización sistémica del hospedante a través del sistema vascular. Los análisis genéticos de muestras obtenidas del xilema descolorido permitieron la identificación del agente patógeno como *Raffaelea*, cuyas especies se encuentran simbióticamente asociadas a escarabajos ambrosiales que los transportan en los micangios y además están cercanamente relacionados a *Ophiostoma* y *Leptographium*, géneros que incluyen unos cuantos patógenos de marchitez que son transportados por escarabajos barrenadores de corteza, tales como los agentes causales de la grafiosis o enfermedad holandesa del olmo (Dutch elm disease - DED). La biología y el manejo del LW tienen algunas similitudes con DED. El patógeno del LW crece en los micangios del escarabajo exótico *Xyleborus glabratus*, el cual como el vector de DED, se alimenta de árboles saludables antes de construir galerías para la producción de sus crías. En estudios de inoculación, *R. lauricola* coloniza sistémicamente y provoca una muerte rápida de los miembros de la familia Lauraceae nativos del sureste de EUA, tales como el laurel rojo, el laurel del pantano (*Persea palustris*), el sasafrás (*Sassafras albidum*), el pondspice (*Litsea aestivalis*), y el pondberry (*Lindera mellisifolia*). El laurel de California (*Umbellularia californica*) y el aguacate (*Persea americana*) de algún modo quizás son menos susceptibles. La presencia del patógeno y del vector fue confirmada en Taiwán y Japón, y las Lauráceas asiáticas al parecer son también susceptibles a la colonización sistémica por *R. lauricola*. Otros escarabajos ambrosiales son atraídos con etanol y otros “compuestos de estrés” emanados de árboles muertos o moribundos, y al parecer existe una relación única entre *X. glabratus*, *R. lauricola* y los compuestos aromáticos del árbol. *Xyleborus glabratus* barrena pequeños túneles dentro del xilema de árboles saludables de Lauraceae, permitiendo que el patógeno, transmitido desde los micangios, crezca e infecte al hospedante. Después de la colonización sistémica por el patógeno, otra generación de *X. glabratus* establece sus crías en el árbol ya marchito. *Raffaelea lauricola* es el único simbiote de los micangios de un escarabajo ambrosial que provoca una enfermedad vegetal. Las especies de Lauraceae nativas del trópico y subtrópico de Latinoamérica podrían estar severamente afectadas por esta enfermedad.

The interactions of *Xyleborus glabratus* and *Raffaelea lauricola* with species in the family Lauraceae in the southeastern United States

S.W. Fraedrich¹, A.E. Mayfield², J.L. Hanula¹, and T.C. Harrington³

¹US Forest Service, Southern Research Station, Athens, GA

²US Forest Service, Southern Research Station, Asheville, NC

³Department of Plant Pathology, Iowa State University, Ames, IA

sfraedrich@fs.fed.us

Raffaelea lauricola, a fungal symbiont of *Xyleborus glabratus*, is the cause of laurel wilt, a vascular wilt disease that is responsible for the widespread mortality of redbay (*Persea borbonia*) trees and other lauraceous species in the coastal plains forests of the southeastern United States. *Xyleborus glabratus* is attracted to host volatiles and attacks healthy redbay trees, thus inoculating them with *R. lauricola*, which then moves rapidly within the sapwood, typically resulting in wilt within four to twelve weeks. Attacks by *X. glabratus* on healthy redbay trees are often aborted and brood is not produced. However, these initial attacks are sufficient to inoculate a redbay tree with *R. lauricola* and initiate the wilt. After the trees have died from wilt, they are mass attacked by *X. glabratus* and used for brood production. *Xyleborus glabratus* typically attacks the largest diameter trees first, and these trees often wilt first. As the epidemic proceeds through an area, most trees over 10 cm dbh (diameter at breast height) die from wilt, there are some survivors in the 2.5 to 10 cm dbh class, and many trees under 2.5 cm diameter are not attacked by the beetle and thus survive. Populations of *X. glabratus* increase rapidly on large diameter trees, but beetle populations decrease after several years when suitable brood material is no longer available. However, *X. glabratus* populations have persisted locally at very low levels for at least 5 years after a laurel wilt epidemic has moved through an area. Sassafras (*Sassafras albidum*), pondspice (*Litsea aestivalis*) and pondberry (*Lindera melissifolia*) are other members of the Lauraceae indigenous to the southeastern USA, and all are highly susceptible to laurel wilt, although the shrubs pondspice and pondberry do not appear to be good brood hosts for *X. glabratus*. However, the larger and more widespread sassafras is suitable for brood production, and the vector and pathogen are continuing to spread westward on this host.



Las interacciones de *Xyleborus glabratus* y *Raffaelea lauricola* con especies de la familia Lauraceae en el sureste de los Estados Unidos de Norteamérica

S.W. Fraedrich¹, A.E. Mayfield², J.L. Hanula¹, y T.C. Harrington³

¹US Forest Service, Southern Research Station, Athens, GA

²US Forest Service, Southern Research Station, Asheville, NC

³Department of Plant Pathology, Iowa State University, Ames, IA

sfraedrich@fs.fed.us

Raffaelea lauricola, un hongo simbiote de *Xyleborus glabratus*, es el causante de la marchitez del laurel (LW, por sus siglas en inglés), una enfermedad vascular que es responsable de la mortalidad generalizada de los árboles pertenecientes a la especie *Persea borbonia* (Laurel rojo) conocidos popularmente en inglés como redbay, y otras especies de Lauráceas que crecen en los bosques de las llanuras costeras del sureste de Estados Unidos de Norteamérica (EUA). *Xyleborus glabratus* es atraído por compuestos volátiles del hospedante y ataca árboles saludables de laurel rojo, inoculándoles a *R. lauricola*, el cual se mueve rápidamente dentro de la albura, generando como resultado la marchitez del árbol en un periodo de cuatro a doce semanas posteriores a la infección. Los ataques por *X. glabratus* a árboles saludables de laurel rojo son a menudo interrumpidos sin la producción de crías. Sin embargo, estos ataques iniciales son suficientes para inocular al laurel rojo con *R. lauricola* e iniciar la marchitez. Posterior a la muerte de los árboles por el marchitamiento, éstos son atacados masivamente por *X. glabratus* y utilizados para su reproducción. Por lo regular *X. glabratus* ataca primero a árboles con el diámetro del tronco más grande, y por lo tanto estos son los árboles que frecuentemente se marchitan primero. A medida que la epidemia avanza a través de un área, la mayoría de los árboles con un diámetro mayor a los 10 cm dap (diámetro a la altura del pecho) mueren, algunos árboles dentro del rango de los 2.5 a los 10 cm dap sobreviven, y muchos otros por debajo de los 2.5 cm de diámetro no son atacados por los escarabajos y por lo tanto sobreviven. Las poblaciones de *X. glabratus* se incrementan rápidamente en árboles con diámetros mayores, pero las poblaciones de escarabajos disminuyen después de algunos años cuando el material adecuado para las crías ya no está disponible. Sin embargo, las poblaciones de *X. glabratus* han persistido localmente en niveles muy bajos por al menos 5 años después de que la epidemia de LW comenzara a dispersarse a lo largo del área infestada. Las especies *Sassafras albidum* (sasafrás), *Litsea aestivalis* (pondspice) y *Lindera melissifolia* (pondberry) son los otros miembros nativos de la familia Lauraceae en el sureste de los EUA que son altamente susceptibles al LW, aunque los arbustos de “pondspice” y “pondberry” no parecen ser buenos hospedantes para las crías de *X. glabratus*. Sin embargo, los árboles más grandes de sasafrás son más adecuados para la producción de crías, de modo que el vector y el patógeno continúan esparciéndose hacia el Oeste a través este hospedante.

Chemical ecology of ambrosia beetles: Knowledge and perspectives to manage exotic species

Jorge E. Macías Sámano

Synergy Semiochemical Corp., Canada

jmacias33@hotmail.com

In contrast with their narrow ecological role as wood decomposers and a strict dependence of its symbiotic microorganisms, the ambrosia beetles present a wide diversity of mating systems, host ranges and habitats. Due to their nature these beetles are very mobile in international commerce, becoming extremely successful in flourishing in new areas, and establishing interactions on new and naïve hosts. From a chemical ecological point of view, the most well-known ambrosia beetle species are those living in conifers and developing under temperate conditions; however the larger diversity of these beetles resides in the tropics and subtropics, consequently there is a large knowledge gap in their interactions mediated by chemical signals. While some species clearly use sexual or aggregation pheromones, the majority due to their mating systems, do not seem to need pheromones and rely on host kairomones to find suitable host to feed and to breed. The fact that exotic species are killing wild and cultivated host species that seem healthy and that frequently are taxonomically different from their original host species creates a strong need to study the process involved in the chemical perception, acceptance and colonization in new hosts in order to gain knowledge and to elucidate tools for their management.



Ecología química de los escarabajos ambrosiales: Conocimiento y perspectivas para el manejo de especies exóticas

Jorge E. Macías Sámano

Synergy Semiochemical Corp., Canada

jmacias33@hotmail.com

A pesar de su función ecológica natural, limitada a la descomposición de madera y de la dependencia estricta de sus microorganismos simbióticos, los escarabajos ambrosiales presentan una amplia diversidad de sistemas de apareamiento, de hospedantes y de hábitats. Estos escarabajos son propensos a ser dispersados como consecuencia de las actividades comerciales internacionales, llegando a ser extremadamente exitosos en prosperar en áreas nuevas y en establecer interacciones con nuevos hospedantes. Desde el punto de vista de la ecología química, las especies más conocidas de escarabajos ambrosiales son aquellas que viven en coníferas y que se desarrollan en climas templados. Sin embargo, la mayor diversidad de estos escarabajos residen en los trópicos y sub-trópicos; consecuentemente, existe un gran desconocimiento en cuanto a sus interacciones mediadas por la señalización química. Mientras que algunas especies utilizan feromonas sexuales o de agregación, la mayoría, dado sus sistemas de apareamiento, no parecen necesitar feromonas y se basan en las cariomonas del hospedante para encontrar al hospedante más conveniente para su alimentación y reproducción. El hecho de que ciertas especies exóticas estén aniquilando especies de hospedantes silvestres y cultivables que parecen saludables, y que frecuentemente son taxonómicamente diferentes a la especie hospedera original, genera la necesidad de estudiar los procesos involucrados en la percepción química, la aceptación y colonización de nuevos hospedantes para generar información nueva y elaborar herramientas para el manejo de esta plaga.

Epidemiology and management of laurel wilt of avocado

R. Ploetz, J. Konkol, R. Wideman, R. Fernández, J. Pérez Martínez, and D. Carrillo

University of Florida, IFAS, 18905 SW 280th Street, Homestead, FL 33031-3314 USA
kelly12@ufl.edu

In the last decade, laurel wilt has emerged as one of the most destructive diseases of avocado. For several reasons, its effective management remains elusive. Resistant cultivars have not been found, and those with a West Indian or Antillean pedigree, which are most important in south Florida, are quite susceptible. Effective fungicides have been identified, but their efficacious application is time-consuming, expensive and justified economically in only some situations. Whether the disease could be effectively managed via vector control remains to be seen, as it is thought that a single boring event by an ambrosia beetle that is infested with *Raffaelea lauricola* is sufficient to systemically infect trees. As *Xyleborus glabratus* does not appear to be involved and the identities of which beetle species are most important in pathogen transmission are not clear, the species that would need to be managed are also unknown. Furthermore, root graft transmission of the pathogen from affected to healthy trees, which does not involve beetle vectors, appears to be prevalent once the disease appears in commercial orchards. Recent work is discussed to understand the epidemiology of this disease on avocado. Ultimately, cost-effective methods for managing laurel wilt may rely on combinations of several different measures.



Epidemiología y manejo de la marchitez del laurel en el aguacate

R. Ploetz, J. Konkol, R. Wideman, R. Fernández, J. Pérez Martínez, y D. Carrillo

University of Florida, IFAS, 18905 SW 280th Street, Homestead, FL 33031-3314 USA
kelly12@ufl.edu

En la última década, la marchitez del laurel se ha convertido en una de las enfermedades más destructivas para el aguacate. Por diversas razones, su manejo eficaz continúa siendo difícil de alcanzar. A la fecha no se han encontrado variedades resistentes, y los árboles que pertenecen a la raza antillana, la cual es la más importante en el sur de Florida, son bastante susceptibles. Hasta el momento, se han identificado fungicidas eficaces, pero su aplicación adecuada requiere de mucho tiempo, es costosa y se justifica económicamente sólo en algunas situaciones. Si la enfermedad puede ser manejada de manera eficiente a través del control del vector, es aún incierto, ya que se cree que un evento único de barrenado por un solo escarabajo ambrosial que porta a *Raffaelea lauricola*, es suficiente para infestar sistemáticamente a más árboles. Debido a la identidad de las especies de escarabajos más importantes en la transmisión del patógeno no está bien definida, las especies que se deben controlar prioritariamente no resulta muy claro. Por otra parte, la transmisión del patógeno de árboles enfermos a árboles saludables a partir de injertos, donde los vectores (escarabajos) no están involucrados, parece ser predominante una vez que la enfermedad aparece en los huertos comerciales. En el presente seminario se discuten los trabajos recientes que permiten entender la epidemiología de esta enfermedad en el aguacate. En última instancia, las medidas más rentables para el manejo de la marchitez del laurel quizás dependan de combinaciones de diferentes métodos.

Evolution of the *Fusarium* – *Euwallacea* mutualism and their cophylogenetic history

K. O'Donnell*, S. Sink, R. Libeskind-Hadas, J. Hulcr, M.T. Kasson, R.C. Ploetz, J.L. Konkol, J.N. Ploetz, D. Carrillo, A. Campbell, R.E. Duncan, P.N.H. Liyanage, A. Eskalen, F. Na, D.M. Geiser, C. Bateman, S. Freeman, Z. Mendel, M. Sharon, T. Aoki, A.A. Cossé, and A.P. Rooney

* NCAUR-ARS-USDA

Kerry.ODonnell@ARS.USDA.GOV

This research was conducted to characterize the genetic diversity of wood-boring ambrosia beetles in the genus *Euwallacea* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) and the *Fusarium* fungi they cultivate for food. Native to Asia, five different infestations of these economically destructive mutualists have been introduced into the United States. These exotic fungus-farming beetles currently pose a significant threat to avocado production, urban landscape trees and forested areas worldwide. Twelve phylogenetically distinct ambrosia fusaria and eight *Fusarium*-farming *Euwallacea* species were identified based on collections from the United States, Australia and Sri Lanka. Moreover, four of the five *Euwallacea* spp. appear to have been introduced into the United States just within the past decade. Cophylogenetic analyses indicated that the *Euwallacea* beetles have switched *Fusarium* symbionts multiple times during the evolution of this 20 million year old mutualism. Surprisingly, three collections of a *Euwallacea* sp. from Miami, Florida shared an identical cytochrome oxidase subunit 1 allele with *E. validus*, suggesting introgressive hybridization between these species. Results of the present study highlight the importance of understanding the potential for and frequency of host-switching between *Euwallacea* and the fusaria they cultivate for food, given that these shifts may bring together more virulent and aggressive combinations of these invasive mutualists. Results of the present study should help inform quarantine officials and agricultural scientists of each species' genetic diversity, host range and geographic distribution so that these economically destructive pests and pathogens can be monitored using molecular markers such as those developed in this study.



Evolución del mutualismo entre *Fusarium* – *Euwallacea* y su historia co-filogenética

K. O'Donnell*, S. Sink, R. Libeskind-Hadas, J. Hulcr, M.T. Kasson, R.C. Ploetz, J.L. Konkol, J.N. Ploetz, D. Carrillo, A. Campbell, R.E. Duncan, P.N.H. Liyanage, A. Eskalen, F. Na, D.M. Geiser, C. Bateman, S. Freeman, Z. Mendel, M. Sharon, T. Aoki, A.A. Cossé, y A.P. Rooney

* NCAUR-ARS-USDA

Kerry.ODonnell@ARS.USDA.GOV

Esta investigación se llevó a cabo con la finalidad de caracterizar la diversidad genética de los escarabajos ambrosiales barrenadores de madera del género *Euwallacea* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), y de los hongos del género *Fusarium* que éstos cultivan para su alimentación. Originarios de Asia, cinco infestaciones diferentes de estos mutualistas económicamente destructivos han ocurrido en los Estados Unidos de Norteamérica (EUA). Estos escarabajos exóticos, cultivadores de hongos, representan actualmente una amenaza significativa para la producción del aguacate, para los árboles de paisajes urbanos y para regiones boscosas en todo el mundo. Doce especies de fusaria diferenciadas filogenéticamente y ocho especies de *Euwallacea* que cultivan *Fusarium* fueron identificadas en colecciones de EUA, Australia y Sri Lanka. Adicionalmente, cuatro de las cinco especies de *Euwallacea* parecen haber sido introducidas en los EUA, tan sólo en la última década. Los análisis co-filogenéticos indicaron que los escarabajos del género *Euwallacea* han intercambiado varias veces a sus simbiontes *Fusarium* durante la evolución de este mutualismo que data de 20 millones años. Sorprendentemente, tres colecciones de un escarabajo identificado como *Euwallacea* sp. y provenientes de Miami, Florida, comparten un alelo idéntico de la subunidad 1 de la citocromo oxidasa con *E. validus*, lo que sugiere la hibridación introgresiva entre estas especies. Los resultados del presente estudio enfatizan la importancia de entender la posibilidad, y en su caso la frecuencia, de cambios de hospedantes entre *Euwallacea* y las especies de *Fusarium* que cultivan para su alimentación, teniendo en cuenta que estos cambios pueden resultar en combinaciones más virulentas y agresivas de estos mutualistas invasivos. Los resultados del presente estudio pretenden ayudar a informar a las autoridades sanitarias de plagas cuarentenarias y a los científicos del sector agrícola sobre la diversidad genética de cada especie, su gama de hospedantes potenciales y su distribución geográfica, de modo que estas plagas y patógenos económicamente destructivos puedan ser monitoreados mediante el uso de marcadores moleculares como los desarrollados en el presente estudio.

Summary of the Systematics of the Ambrosia Beetles of the World (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae, Platypodinae)

Thomas H. Atkinson

Texas Natural History Collections, Entomology, University of Texas at Austin, 3001 Lake Austin Blvd., suite 1.314, Austin, Texas 78703

Thatkinson.austin@gmail.com

The ambrosial feeding habit, or nutrition from ectosymbiotic fungi, has arisen at least 11 separate times within the clade of the bark and ambrosia beetles (Curculionidae: Scolytinae, Platypodinae). This has been facilitated by the close relationships between all members of the group and their fungal associates. Within the group, three major lineages have undergone a massive adaptive radiation following the adoption of the ambrosial habit. These are the Platypodinae (1,371 species), the Xyleborini (1,168 species), and the Corthylini (553 species). In all cases the shift to fungal feeding has been accompanied by a loss of ancestral host specificity. Members of the Xyleborini have also made a drastic change in their reproductive biology, with a combination of haplo-diploidy and inbreeding. Mature females emerge from their larval hosts already fertilized which probably accounts for the much higher rate of successful introductions of species in this group.



Bosquejo de la Sistemática de los escarabajos ambrosiales del mundo (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae, Platypodinae)

Thomas H. Atkinson

Texas Natural History Collections, Entomology, University of Texas at Austin, 3001 Lake Austin Blvd., suite 1.314, Austin, Texas 78703

Thatkinson.austin@gmail.com

El hábito de alimentación ambrosial, o alimentación a partir de hongos ectosimbióticos, ha surgido en al menos once eventos independientes durante la historia filogenética de los escarabajos descortezadores y ambrosiales (Curculionidae: Scolytinae, Platypodinae). Esto se ha facilitado por las relaciones estrechas entre todos los miembros del grupo y sus hongos asociados. Dentro del grupo, tres grandes linajes han experimentado radiación adaptativa masiva, siguiendo la adopción del hábito ambrosial. Estos linajes son los Platypodinae (1,371 especies), los Xyleborini (1,168 especies), y los Corthylini (553 especies). En todos los casos, el cambio hacia la alimentación basada en hongos se ha acompañado por una pérdida de la especificidad ancestral respecto a las plantas hospedantes. Algunos miembros de los Xyleborini también han tenido cambios drásticos en su biología reproductiva, con una combinación de haplo-diploidía y endogamia. Las hembras maduras emergen de sus hospantes larvales ya fertilizadas, lo cual probablemente explica la tasa elevada de aparición de especies exitosas dentro de este grupo.

Fusarium dieback, an emerging exotic disease/pest complex causing dieback throughout agricultural, urban, and wildland landscapes in Southern California

A. Eskalen¹, S.C. Lynch^{1,3}, F. Na¹, K. Sugino¹, R. Stouthamer², T. Paine², and J. Carrillo¹

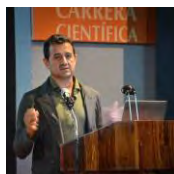
¹Department of Plant Pathology and Microbiology, University of California Riverside, CA 92521

²Department of Entomology, University of California Riverside, CA 92521

³Center for Conservation Biology, University of California Riverside, CA 92521

akif.eskalen@ucr.edu

The polyphagous shot hole borer (PSHB) is an invasive ambrosia beetle that forms a symbiosis with multiple fungi. Together, they cause fusarium dieback (FD), a pathogen/insect complex that affects trees in agriculture, ornamental landscapes, and native forests in California. PSHB was first reported on black locust in California in 2003 but there were no records of fungal damage until 2012, when *Fusarium euwallaceae* was recovered from the tissues of several backyard avocado trees infested with PSHB in Los Angeles County. Since early 2012, FD has been confirmed on more than 138 species of tree in landscape and urban forest in Los Angeles, Orange, San Bernardino and San Diego counties. The objective of this study was to identify and characterize fungal species associated with the PSHB in California. Beetles and larvae from infested trunks were collected from eight different tree species including *Platanus ramosa*, *Acer negundo*, *Persea americana*, and *Ricinus communis* in Los Angeles county. Beetles and larvae samples were collected from galleries and put directly into 1.5 ml tube containing 90% ethanol. All samples were brought to the laboratory (University of California, Riverside). Isolation from beetle and larvae, tubes with 70% ethanol containing beetles or larvae were vortexed for 10 s followed by three serial washings with sterilized distilled water. The beetles were aseptically dissected. The head and the abdomen of the beetle or larva were individually macerated in 1.5 ml tube containing 200 µl of sterile water with a sterile blue pestle. Tubes were vortexed a suspension of 50 µl was spread onto potato dextrose agar (Difco) amended with 0.01% tetracycline hydrochloride (PDA-test). The relative abundance of fungal species associated with the PSHB in different hosts was determined by counting colony-forming units (CFUs) of each fungal species identified within the head and abdomen of ten beetles each from eight different hosts. *F. euwallaceae*, *Graphium* sp. and *Acremonium* sp. were most frequently recovered from the head of the female beetles. No fungus was recovered from the male heads. *Graphium* sp. was recovered at higher frequencies than *F. euwallaceae* from the larvae. These data suggest the beetle carries more than one fungal species, and this beetle–disease complex potentially may establish in a variety of plant communities locally and worldwide.



“Marchitez por Fusarium”, una enfermedad transmitida por un complejo ambrosial exótico causante de la pudrición de árboles en áreas agrícolas, urbanas y forestales en el Sur de California

A. Eskalen¹, S.C. Lynch^{1,3}, F. Na¹, K. Sugino¹, R. Stouthamer², T. Paine², y J. Carrillo¹

¹Department of Plant Pathology and Microbiology, University of California Riverside, CA 92521

²Department of Entomology, University of California Riverside, CA 92521

³Center for Conservation Biology, University of California Riverside, CA 92521

akif.eskalen@ucr.edu

El insecto barrenador polífago *Euwallacea* sp., mejor conocido en inglés como PSHB (polyphagous shot hole borer), es un escarabajo ambrosial que forma interacciones simbióticas con múltiples especies de hongos. Esta asociación provoca la enfermedad conocida como marchitez por Fusarium o “Fusarium dieback”. El complejo insecto/patógeno afecta múltiples especies arbóreas en áreas agrícolas, jardines urbanos y bosques nativos de California. La presencia del PSHB se reportó por primera vez en el año 2003 en la falsa acacia *Robinia pseudoacacia* (Fabaceae), conocida como “black locust”, sin embargo, no hubo registro de daños asociados con la presencia del hongo hasta 2012 cuando *Fusarium euwallaceae* fue descubierto a partir de tejidos provenientes de diversos árboles de aguacate infestados con PSHB en el condado de Los Ángeles. Desde principios de 2012, la incidencia de la marchitez por Fusarium se ha confirmado en más de 138 especies de árboles tanto en bosques como en áreas urbanas y huertos comerciales de los condados de Los Ángeles, Orange, San Bernardino y San Diego, California. El objetivo de este estudio fue identificar y caracterizar las especies de hongos asociadas a *Euwallacea* sp. en California. Para ello se colectaron escarabajos adultos y larvas directamente de las galerías formadas dentro de los troncos infestados de ocho diferentes especies de árboles, incluyendo: *Platanus rasemosa*, *Acer negundo*, *Persea americana*, y *Ricinus communis* en el Condado de Los Ángeles. Una vez en el laboratorio (Universidad de California, Campus Riverside), las muestras de escarabajos y larvas se colocaron en tubos con etanol al 70%, se agitaron 10 s con un agitador tipo vórtex, y se enjuagaron tres veces en agua destilada esteril. Posteriormente los escarabajos fueron diseccionados en condiciones asépticas, la cabeza y el abdomen de cada individuo se maceraron con un pistilo estéril en un tubo con agua estéril. Después de otra agitación, se esparcieron 50 µl de cada suspensión en cajas Petri con medio PDA (Papa Dextrosa Agar) modificado con 0.01% de clorhidrato de tetraciclina (PDA-test). La abundancia relativa de las especies de hongos asociadas al PSHB se determinó mediante el conteo de unidades formadoras de colonia (UFC) de cada especie fúngica identificada dentro de la cabeza y el abdomen de diez escarabajos provenientes de cada una de las ocho especies árboles hospedantes. Las especies fúngicas que se encontraron en mayor abundancia en las cabezas de escarabajos hembra fueron *F. euwallaceae*, *Graphium* sp. y *Acremonium* sp. No se detectó ningún aislado fúngico a partir de las cabezas de escarabajos macho. En los aislados provenientes de larvas, *Graphium* sp. fue más abundante que *F. euwallaceae*. Estos resultados sugieren que los escarabajos transportan más de una especie fúngica, y que este complejo escarabajo/patógeno podría establecerse potencialmente en una gran diversidad de comunidades vegetales con amplia distribución geográfica.

Current host range, distribution and control studies of Polyphagous shot hole borer/*Fusarium* dieback in California

S. Lynch¹, M. Twizeyimana¹, D.H. Wang¹, J.S. Mayorquin¹, F. Na¹, P. Rugman-Jones², R. Stouthamer², and A. Eskalen¹

¹ Department of Plant Pathology and Microbiology, University of California, Riverside, CA 92521

² Department of Entomology, University of California, Riverside, CA 92521

shannon.lynch@ucr.edu

The polyphagous shot hole borer (PSHB, (*Euwallacea* nr. *forficatus*) is an invasive ambrosia beetle that forms a symbiosis with *Fusarium euwallaceae*, and new species of *Graphium* and *Acremonium*. Together, they cause Fusarium dieback on avocado and other host plants in California and Israel. The problem earned its name when *F. euwallaceae* was first reported to cause fungal damage in Los Angeles County, California on a backyard avocado tree in 2012; the beetle had previously been reported on black locust in 2003, but there were no records of fungal damage. Since 2012, the number of tree species prone to attack by both the beetle and *F. euwallaceae* increased from 111 to 139, and the number of trees susceptible to the beetle itself increased from 207 to 303. The number of tree species that are prone to attack by PSHB that are native to California increased from 11 to 17. The number of tree species that function as reproductive hosts for PSHB has increased from 19 to 33, representing 15 plant families, and including 12 species that are native to California. The number of agriculturally important crop species did not change. The wide distribution of host plants and the current lack of effective disease control strategies have resulted in uncontrolled proliferation of the beetle-fungus complex in California. The infestation has spread from a single county in 2012 to six counties in 2014 and originally, the infestation was limited to urban forests and landscape trees. However, it has recently spread into the Angeles National Forest in Los Angeles County, as well as native forests in Orange County. An additional introduction has been detected in commercial avocado groves and urban forests in San Diego County. Strategies that inhibit the growth of *F. euwallaceae*, the primary symbiotic fungus, could potentially be used to control the beetle vector and prevent the pathogen from colonizing the host trees. Various endophytic bacteria and fungi obtained from members of known host tree species, as well as commercially available biological control agent known to be effective against *Fusarium* species (*B. subtilis* strain QST713) were collected to evaluate their efficacy in inhibiting the growth of *F. euwallaceae* in vitro. The preliminary screen showed that a total of 13 isolates of endophytic bacteria obtained from *Persea americana* and *Platanus racemosa* were found to form zones of inhibition against *F. euwallaceae*. The commercially available *Bacillus subtilis* strain QST713 also showed inhibition against the isolates of *F. euwallaceae*. Further screening of additional endophytes from other susceptible hosts, the effectiveness endophytes against other beetle-associated fungi, and greenhouse studies evaluating the potential biological control agents in plants are currently underway.

Valoración actual de la diversidad de hospedantes, distribución y control del complejo *Euwallacea* sp./*Fusarium euwallaceae* en California

S. Lynch¹, M. Twizeyimana¹, D.H. Wang¹, J.S. Mayorquin¹, F. Na¹, P. Rugman-Jones², R. Stouthamer², y A. Eskalen¹

¹ Department of Plant Pathology and Microbiology, University of California, Riverside, CA 92521

² Department of Entomology, University of California, Riverside, CA 92521

shannon.lynch@ucr.edu

El insecto barrenador polífago *Euwallacea* sp., mejor conocido como PSHB (polyphagous shot hole borer) es un escarabajo ambrosial invasivo que forma interacciones simbióticas con los hongos *Fusarium euwallaceae* y con especies no descritas de los géneros *Graphium* y *Acremonium*. Esta asociación provoca la enfermedad conocida como marchitez por *Fusarium* o “*Fusarium* dieback (FD)” en aguacate y en otras especies hospedantes en California e Israel. La enfermedad recibió su nombre a partir de 2012 cuando se reportó al hongo *F. euwallaceae* como la causa de los daños en un aguacatero de jardín en el condado de Los Ángeles, California; el escarabajo había sido reportado previamente en un árbol conocido popularmente como “black locust” (*Robinia pseudoacacia*) en 2003, sin embargo, la asociación de su presencia con un daño de origen fúngico llevó 9 años en ser considerada. A partir del 2012, el número de especies identificadas como susceptibles al ataque por ambos agentes, el escarabajo y *F. euwallaceae*, ha incrementado de 111 a 139, mientras que el número de especies nativas de California incrementó de 11 a 17. Por otro lado, el número de especies que fungen como hospedantes para la reproducción de PSHB se ha incrementado de 19 a 33, representando 15 familias, e incluyendo 12 especies que son nativas de California. El número de especies cultivables de importancia agrícola no cambió. La amplia distribución de plantas hospedantes y la carencia actual de estrategias efectivas para el control de la enfermedad han resultado en la proliferación descontrolada del complejo escarabajo/hongo en California. La infestación se ha propagado desde un solo Condado en 2012, hasta seis Condados en 2014, y a pesar de que las áreas infestadas se limitaban dentro de bosques urbanos y árboles ornamentales, actualmente ha invadido el Parque Nacional de Los Ángeles y los bosques naturales del Condado de Orange. Recientemente se han registrado detecciones en huertos comerciales de aguacate y en bosques urbanos del Condado de San Diego. Tentativamente, el uso de estrategias encaminadas a inhibir el crecimiento de *F. euwallaceae*, el hongo simbiótico predominante en el aparato bucal del escarabajo, serían un método de control efectivo de la colonización de árboles por el escarabajo vector y de prevención de la diseminación de la marchitez por *Fusarium*. Se evaluó la efectividad para inhibir el crecimiento *in vitro* de *F. euwallaceae* de algunas bacterias y hongos endófitos aislados a partir de árboles hospedantes conocidos, así como de algunos agentes de control biológico (disponibles comercialmente) que son utilizados contra otras especies de *Fusarium* (*B. subtilis* cepa QST713); un escrutinio preliminar mostró que un total de 13 aislados de bacterias

endófitas obtenidas a partir de *Persea americana* y *Platanus racemosa* generaron halos de inhibición contra *F. euwallaceae*. La cepa comercialmente disponible de *Bacillus subtilis* QST713 también mostró inhibición contra *F. euwallaceae*. Estudios adicionales de escrutinios con otros endófitos a partir de hospedantes susceptibles, de endófitos efectivos contra otros hongos asociados a otros escarabajos, y pruebas en invernadero para evaluar el potencial de agentes de control biológico *in situ*, están siendo desarrollados actualmente.



Tree colonization behavior as a basis for management of *Euwallacea* nr. *forficatus* populations in avocado plantations and ornamentals

Z. Mendel^{1*}, A. Portasov¹, O. Margalit¹, M. Sharon², Y. Maoz³, K. O'Donnell⁴, and S. Freeman²

¹Dept. of Entomology, ARO, The Volcani Center; Bet Dagan 50250, Israel

²Dept. of Plant Pathology and Weed Research, ARO, The Volcani Center, Bet Dagan 50250, Israel

³Avocado marketing board

⁴Bacterial Foodborne Pathogens and Mycology Research Unit, NCAUR-ARS-USDA, Peoria, IL 61604, USA

zmendel@volcavi.agri.gov.il

Euwallacea nr. *forficatus* displays rather diverse modes of performance as related to suitable and non-suitable host tree species. The injury symptoms are different and reflect somehow the typical response mechanism of each of the attacked tree species. The reproductive success also varied among suitable hosts. Some tree species produce large number of beetles which eventually emerge and disperse during a rather short period, when the tree succumbs to the mass beetle colonization and dies. Avocado trees behave differently and produce relatively low numbers of beetles for a certain period, while emergence continues over a long time which may last a few years. This behavior may be partly explained by the pattern of tree colonization comparison of different host trees. While successful colonization occurs in avocado trees in thin woody branches, the successful attacks on other good hosts are aimed at the stem and the main thick branches. In lab rearing culture the beetle's performance is different from that in nature. A survey included plots of 22 growers in 2013 showing that about 55% of the avocado surveyed area was affected in various degrees. Hass is the dominant variety in Israel and is highly susceptible. The beetle flight in avocado orchards continues during the complete warm season, mainly during the second half of the summer and autumn. We estimated that about 80% of the newly emerging beetles prefer to attack avocado branches that were already attacked, including those where the previous attacks failed to produce brood galleries. Control of the beetle in heavily infested ornamental and forest trees by insecticides should be done either by spray application or by introducing systemic compounds by injection, whereas application through irrigation is inefficient. Ornamental trees could be saved if they were treated with systemic compounds as soon as the first symptoms were detected or by prophylactic treatments.



Comportamiento en la colonización de árboles como base para el manejo de las poblaciones de *Euwallacea nr. fornicatus* en plantaciones de aguacate y árboles ornamentales

Z. Mendel^{1*}, A. Portasov¹, O. Margalit¹, M. Sharon², Y. Maoz³, K. O'Donnell⁴, y S. Freeman²

¹Dept. of Entomology, ARO, The Volcani Center; Bet Dagan 50250, Israel

²Dept. of Plant Pathology and Weed Research, ARO, The Volcani Center, Bet Dagan 50250, Israel

³Avocado marketing board

⁴Bacterial Foodborne Pathogens and Mycology Research Unit, NCAUR-ARS-USDA, Peoria, IL 61604, USA

zmendel@volcavi.agri.gov.il

Euwallacea nr. fornicatus presenta diferentes modos de acción dependiendo de qué tan apropiadas son las especies de árboles hospedantes. Los síntomas del daño ocasionado son diferentes y reflejan de algún modo el mecanismo de defensa típico de cada especie de árbol que es atacado. El éxito en su reproducción también varía entre los hospedantes. En algunas especies de árboles se desarrollan un gran número de escarabajos, los cuales eventualmente emergerán y se dispersarán durante un período relativamente corto, cuando los árboles sucumben ante la colonización masiva de escarabajos y mueren. Los árboles de aguacate se comportan de manera diferente y producen un número relativamente bajo de escarabajos durante un cierto periodo, mientras que el surgimiento de más escarabajos continúa durante un periodo que puede durar hasta algunos años. Esta conducta puede explicarse parcialmente al comparar los patrones de colonización de los diferentes árboles hospedantes. Mientras que en árboles de aguacate, las ramas delgadas son las que los escarabajos colonizan exitosamente, el ataque a otros hospedantes compatibles se favorece en los tallos y en las ramas principales gruesas. En condiciones de laboratorio, el éxito de los escarabajos es diferente al observado en la naturaleza. Los resultados de una encuesta realizada a 22 productores de aguacate en 2013 mostraron que cerca del 55% del área monitoreada se vio afectada, aunque con diferente magnitud. El aguacate Hass es la variedad dominante en Israel y es altamente susceptible. El vuelo del escarabajo en los huertos de aguacate continúa durante toda la temporada de calor, principalmente entre la segunda mitad del verano y el otoño. Se estima que cerca del 80% de los nuevos escarabajos que emergen prefieren atacar ramas de aguacate que ya han sido atacadas, incluyendo aquellas donde el ataque previo falló en generar galerías de reproducción. El control del escarabajo con insecticidas en árboles silvestres u ornamentales altamente infestados debe realizarse ya sea mediante la aplicación en spray o por la introducción de compuestos sistémicos a través de una inyección. Por otro lado, la aplicación utilizando el método de irrigación es poco efectiva. Los árboles ornamentales podrían salvarse si fueran tratados con compuestos a nivel sistémico, tan pronto como los primeros síntomas se detecten, o a través de tratamientos profilácticos.

Occurrence of *Fusarium euwallaceae* and *Graphium* sp. symbiotic fungi within their host trees and their association with their symbiotic beetle, *Euwallacea nr. fornicatus*

S. Freeman^{1*}, M. Sharon¹, M. Maymon¹, A. Protasov², O. Margalit², K. Mohotti³, K. O'Donnell⁴, and Z. Mendel²

¹Dept. of Plant Pathology and Weed Research, ARO, The Volcani Center, Bet Dagan 50250, Israel

²Dept. of Entomology, ARO, The Volcani Center; Bet Dagan 50250, Israel

³Tea Research Institute of Sri Lanka, Entomology and Nematology Division, St. Coombs, Talawakelle 22100, Sri Lanka

⁴Bacterial Foodborne Pathogens and Mycology Research Unit, NCAUR-ARS-USDA, Peoria, IL 61604, USA

freeman@volcani.agri.gov.il

The invasive ambrosia beetle *Euwallacea nr. fornicatus* from Israel was shown to vector a novel symbiont, *Fusarium euwallaceae*. Adult beetles and larvae feed on the mycelium inoculated into galleries by adult females tunneling in the xylem. In Israel the beetle attacks 48 tree species belonging to 25 botanical families, although brood develop successfully on about 10 species, including avocado, box elder, castor oil plant, ornamental and forest trees, causing injury and tree mortality. The spread of *F. euwallaceae* appears to be limited, located mainly in the galleries of naturally infected trees. In avocado, no visible injury to the cortex was observed and xylem surrounding the galleries was stained brown, and become necrotic and nonfunctional, leading to dieback of branches. Certain hosts exuded sap and gum but showed limited injury by the beetle with minimal fungal development (e.g. brachychiton and persimmon), while with other hosts fungal establishment was not proven, although penetration by the beetle occurred (e.g. olive and casuarina), leading to an incompatible interaction. An additional *Graphium* sp. was isolated from mycangia of the beetles. At the pupal stage, no fungi were isolated from the heads, whereas at the callow adult to the mature beetle stages, the numbers of *Graphium* decreased compared to an increase in *F. euwallaceae*. When reared on plates, inoculated with cultures of *F. euwallaceae*, the beetle successfully completed its lifecycle in approximately 60 days. *Euwallacea nr. fornicatus* was not able to survive when fed with *F. ambrosium* from tea from Sri Lanka and other *Fusarium* species. Likewise, the larvae of *E. fornicatus* from tea were unable complete their lifecycle when supplied with *F. euwallaceae*, indicating an obligatory required symbiosis. Over a five year survey, the beetle has spread to approximately 60% of the avocado production area in Israel.



Presencia de los hongos simbióticos *Fusarium euwallaceae* y *Graphium* sp. dentro de sus árboles hospedantes y su asociación con su escarabajo simbiótico, *Euwallacea nr. fornicatus*

S. Freeman^{1*}, M. Sharon¹, M. Maymon¹, A. Protasov², O. Margalit², K. Mohotti³, K. O'Donnell⁴, y Z. Mendel²

¹Dept. of Plant Pathology and Weed Research, ARO, The Volcani Center, Bet Dagan 50250, Israel

²Dept. of Entomology, ARO, The Volcani Center; Bet Dagan 50250, Israel

³Tea Research Institute of Sri Lanka, Entomology and Nematology Division, St. Coombs, Talawakelle 22100, Sri Lanka

⁴Bacterial Foodborne Pathogens and Mycology Research Unit, NCAUR-ARS-USDA, Peoria, IL 61604, USA

freeman@volcani.agri.gov.il

El escarabajo ambrosial invasivo *Euwallacea nr. fornicatus* de Israel es vector de un nuevo simbiote, *Fusarium euwallaceae*. Los escarabajos adultos y las larvas se alimentan del micelio inoculado en las galerías por hembras adultas que barrenan el xilema. En Israel, el escarabajo ataca 48 especies de árboles pertenecientes a 25 familias botánicas. Las crías se desarrollan con éxito en cerca de 10 especies, incluyendo el aguacate, el arce conocido como *box elder*, la higuera y árboles ornamentales y forestales, causando lesiones y la muerte del hospedante. La propagación de *F. euwallaceae* parece ser limitada, ya que se localiza principalmente en las galerías de árboles infectados de manera natural. En el aguacate, no se observaron lesiones visibles del córtex, mientras que el xilema próximo a las galerías, se tornó a una coloración café, y se volvió necrótico y disfuncional, conduciendo a la marchitez de las ramas. Ciertos hospedantes exudan savia y goma pero con pocas lesiones causadas por el escarabajo, y un desarrollo mínimo del hongo (e.g. *brachychiton* y *persimmon*), mientras que en otros hospedantes, el establecimiento del hongo no se comprobó, aunque la penetración por el escarabajo haya ocurrido (e.g. olivo y casuarina), lo que condujo a una interacción incompatible. Otro hongo perteneciente al género *Graphium* se aisló de los micangios de los escarabajos. En el estadio de pupa, ningún hongo fue aislado de las cabezas, mientras que entre las etapas de adulto joven a maduro, el número de *Graphium* disminuye en contraste con el incremento de *F. euwallaceae*. Cuando los escarabajos fueron criados en placa e inoculados con cultivos de *F. euwallaceae*, completaron de manera exitosa su ciclo de vida en aproximadamente 60 días. *Euwallacea nr. fornicatus* no fue capaz de sobrevivir cuando fue alimentado con *F. ambrosium* aislado del té de Sri Lanka y otras especies de *Fusarium*. De la misma manera, las larvas de *E. fornicatus* aislados a partir de plantas de té, fueron incapaces de completar su ciclo de vida cuando se les suministró *F. euwallaceae*, lo que indica que esta simbiosis es obligada. Un estudio de cinco años muestra que el escarabajo se ha dispersado en aproximadamente 60% del área de producción de aguacate en Israel.

Symbiotic relationship in the tea ecosystem: Tea Shot-hole borer of Sri Lanka

Sampath Walgama

Agriculture and Agri-Food Canada (formerly Tea Research Institute, Talawakelle, Sri Lanka)
sampathwalgama@hotmail.com

The Shot-hole borer, *Xyleborus fornicatus* Eichh. (Coleoptera: Scolytidae), is a serious pest of tea in Sri Lanka. It lives symbiotically with the fungus *Moncrosporium ambrosium* Gadd & Loos (Orbiliaceae) it cultivates in the galleries excavated in the host plant. The damage it causes is twofold: the primary damage is the branch breakage as a result of construction of galleries and the more damaging secondary damage is due to the setting in of wood rot. It is the secondary damage that leads to the shortening of the productive life of tea plants. The Shot-hole borer has a wide distribution in the country, covering more than 3/4ths of the total tea growing extent. Its concealed habit, wide distribution and wide host preference make pest control difficult. Due to restrictions in the use of chemicals on this beverage crop and since tea is not a good candidate for biological control, more emphasis is placed on cultural and/or agronomic control of the pest. The present Integrated Pest Management (IPM) of the shot-hole borer is discussed.



Relación simbiótica en el ecosistema del té: Barrenador (shot-hole borer) del té en Sri Lanka

Sampath Walgama

Agriculture and Agri-Food Canada (previamente Tea Research Institute, Talawakelle, Sri Lanka)
sampathwalgama@hotmail.com

El barrenador (Shot-hole borer), *Xyleborus fornicatus* Eichh. (Coleoptera: Scolytidae), es una plaga del té en Sri Lanka. Vive de manera simbiótica con el hongo *Moncrosporium ambrosium* Gadd & Loos (Orbiliales: Orbiliaceae) que cultiva en las galerías excavadas en la planta hospedante. El daño que causa es doble: el primer tipo de daño causa la ruptura de ramas como resultado de la construcción de las galerías, y el segundo, aún más importante, es debido al establecimiento del proceso de podredumbre de la madera. Este daño secundario conduce al acortamiento de la vida productiva de la planta del té. El barrenador (Shot-hole borer) tiene una amplia distribución en Sri Lanka, cubriendo más de tres cuartas partes del total del área destinada a la plantación de té. El control de esta plaga es difícil por su forma de vida no conspicua, su amplia distribución y su amplia gama de hospedantes. Debido a las restricciones en el uso de productos químicos para el cultivo del té, y a que este cultivo no es un buen candidato para el uso de controles biológicos, se enfatiza la aplicación de medidas de controles culturales y/o agronómicos. En el presente trabajo se discuten las estrategias para el manejo integral de las plagas del barrenador (shot-hole-borer).

Attraction of the redbay ambrosia beetle, *Xyleborus glabratus*, to key fungal and host plant odors

Emily H. Kuhns

CREC, University of Florida, EEUU

ehkuhns@ncsu.edu

The redbay ambrosia beetle, *Xyleborus glabratus*, is an invasive beetle that has become established in the southeastern United States and transmits a fungus, *Raffaelea lauricola*, that causes lethal laurel wilt. Among the susceptible Lauraceae hosts are redbay, *Persea borbonia*, and avocado, *Persea americana*. We analyzed the volatile emissions of *R. lauricola* and redbay wood and tested synthetic odor blends as a potential attractants in a natural redbay forest infested with *X. glabratus*. In initial trials, the synthetic *Raffaelea* odor blend was not attractive to the beetles by itself; however, traps baited with the *Raffaelea* odor paired with manuka oil lures captured more beetles on average than manuka lures alone. Redbay odors contained large amounts of eucalyptol, p-cymene, and α -pinene. We conducted trapping experiments using subtractive blends and subsequently found that eucalyptol alone was sufficient for capturing *X. glabratus*. Additionally, in experiments using paper arenas treated with redbay odor constituents, *X. glabratus* females showed an increased propensity to bore into papers treated with eucalyptol alone.

Atracción del escarabajo ambrosial del laurel rojo *Xyleborus glabratus*, por volátiles de hongos y plantas hospedantes

Emily H. Kuhns

CREC, University of Florida, EEUU

ehkuhns@ncsu.edu

El escarabajo ambrosial del laurel rojo, *Xyleborus glabratus*, es una especie invasiva que se ha establecido en el Sureste de los Estados Unidos de Norteamérica y transmite el hongo *Raffaelea lauricola*, que causa la marchitez letal del laurel. Algunos de los hospedantes susceptibles que pertenecen a la familia Lauraceae son el laurel rojo, *Persea borbonia* y el aguacate, *Persea americana*. Hemos analizado la emisión de volátiles de *R. lauricola* y de madera del laurel rojo, así mismo, hemos evaluado mezclas de aromas sintéticos como atrayentes potenciales en un bosque natural de laurel rojo infestado por *X. glabratus*. En pruebas iniciales, el olor sintético de *Raffaelea* no fue atractivo para los escarabajos; sin embargo, en las trampas con cebos que combinan volátiles producidos por *Raffaelea* con señuelos de aceite de manuka, se capturaron más escarabajos en promedio que los cebos de manuka solos. Los aromas del laurel rojo contienen grandes cantidades de eucaliptol, p-cimeno, y α -pineno. Se llevaron a cabo experimentos de trampas usando mezclas sustractivas y se encontró que el eucaliptol por sí mismo, fue suficiente para capturar *X. glabratus*. Adicionalmente, en experimentos con papel de arena tratado con constituyentes de aromas de laurel rojo, las hembras de *X. glabratus* mostraron una propensión incrementada para barrenar en los papeles tratados solamente con eucaliptol.

Battling the emerging ambrosia beetle pests: what works and what does not

J. Hulcr, J.A. Smith, and M. Hughes

University of Florida, School of Forest Resources and Conservation, USA
hulcr@ufl.edu

Ambrosia beetles have always been among the most common insects in forests, but it was not until outbreaks of invasive tree-killing species that this group received increased attention of entomologists, tree growers and regulators. Consequently, research on the beetle ecology and management is relatively young. Some management strategies have succeeded, some have failed, and many still need to be tested. In this talk I will summarize recent research on ambrosia beetle management in these categories: traps and semiochemicals, biocontrol, grove and nursery strategies, and management in natural areas.



Combatiendo a las plagas emergentes de escarabajos ambrosiales: qué sí funciona y qué no funciona

Jiri Hulcr, Jason A. Smith, y Marc Hughes

University of Florida, School of Forest Resources and Conservation, USA

hulcr@ufl.edu

Los escarabajos ambrosiales siempre han sido considerados entre los insectos más comunes en los bosques, pero no fue sino hasta los brotes de especies invasivas causantes de la muerte de árboles, que este grupo recibió una atención acrecentada por parte de entomólogos, productores de árboles y autoridades reguladoras. Consecuentemente, las investigaciones sobre la ecología y manejo del escarabajo son relativamente recientes. Algunas estrategias de manejo han sido exitosas, algunas otras han fallado, y muchas otras aún necesitan ser evaluadas. En este seminario se resumirán los resultados obtenidos en estudios sobre el manejo de los escarabajos ambrosiales en las siguientes categorías: trampas y semioquímicos, biocontrol, estrategias en plantaciones, en viveros, y manejo en áreas naturales.

First steps toward an integrated pest management program for the Red Bay Ambrosia Beetle, *Xyleborus glabratus*

J.E. Peña¹, D. Carrillo¹, G. Brar², R.E. Duncan¹, J. Capinera², and J.H. Crane¹

¹University of Florida, Tropical Research and Education Center, Homestead, FL

²University of Florida, Department of Entomology and Nematology, Gainesville, FL

jepeña@ufl.edu

Several basic and applied studies were undertaken toward developing an integrated pest management program for the vector of laurel wilt, *Xyleborus glabratus*. The first step was to determine the susceptibility to insect boring on avocado. Trees of the cultivars Hass, Winter Mexican, Catalina, Simmonds, Donnie, Choquete, Tower2, Monroe, Lula, Loretta, Hall, Dupuis, Donnie, Brookslate, Beta and Bernecker were all bored by *X. glabratus*. A second test was carried both in the field and laboratory, exposing logs of different Lauraceae to *X. glabratus*. All *Persea* species tested (*caerula*, *pachypoda*, *floccosa*, *skutchii*, *tolimanensis*, *nubigena*, *indica*, *tilarensis*), *Beilschmidia* sp., and *Umbellularia californica* were bored by *X. glabratus*. An additional study was conducted exposing wood palette sections to boring by *X. glabratus*. *Xyleborus glabratus* successfully bored into the wood palette, but did not reproduce inside this type of wood. The handicaps of using logs to determine susceptibility of host plants to *X. glabratus* are discussed. Additionally, logs were collected from avocado, redbay and swamp bay trees infected with laurel wilt in different parts of Florida. *Xyleborus glabratus* emergence from avocado trees was much lower than emergence from other hosts like redbay and swamp bay. The third step was to determine the life cycle of *X. glabratus* in three different species of *Persea*. Teneral adults were obtained 28-30 days after infestation with *X. glabratus*. Studies on flying periodicity and population dynamics on red bay forests were determined. The first trials to determine effectiveness of insecticides against *X. glabratus* and results of a test to determine if non Lauraceae native trees can be used as hosts for *X. glabratus* are presented.

Los primeros pasos hacia un programa de manejo integral del escarabajo ambrosial *Xyleborus glabratus*

J.E. Peña¹, D. Carrillo¹, G. Brar², R.E. Duncan¹, J. Capinera², y J.H. Crane¹

¹University of Florida, Tropical Research and Education Center, Homestead, FL

²University of Florida, Department of Entomology and Nematology, Gainesville, FL

jepena@ufl.edu

Se llevaron a cabo varios estudios de carácter básico y aplicado, con el fin de desarrollar un programa de manejo integral del vector de la marchitez del laurel, *Xyleborus glabratus*. El primer paso fue determinar la susceptibilidad del aguacate al barrenado por el insecto. Árboles de las variedades Hass, Winter Mexican, Catalina, Simmonds, Donnie, Choquete, TOWER2, Monroe, Lula, Loretta, Hall, Dupuis, Donnie, Brookslate, Beta y Bernecker fueron todos barrenados por *X. glabratus*. Una segunda prueba se realizó tanto en el campo como en el laboratorio, se expusieron diferentes troncos de lauráceas al ataque por *X. glabratus*. Todas las especies de *Persea* analizadas (*caerula*, *pachypoda*, *floccosa*, *skutchii*, *tolimanensis*, *nubigena*, *indica*, *tilarensis*), *Beilschmidia* sp., y *Umbellularia californica* fueron barrenadas por *X. glabratus*. Se llevó a cabo un estudio adicional en el que se expusieron secciones de paletas de madera al barrenado por *X. glabratus*. El barrenado en las paletas de madera fue exitoso pero no se hubo reproducción del insecto en este tipo de madera. Se discutirán las desventajas de usar leños para determinar la susceptibilidad de las plantas hospedantes a *X. glabratus*. Adicionalmente, se colectaron leños de aguacate, laurel rojo y *Persea palustris* ("swamp bay" en inglés), infectados con la marchitez del laurel y provenientes de diferentes regiones de Florida. La aparición de *X. glabratus* en árboles de aguacate fue mucho menor que en otros hospedantes como el laurel rojo y el "swamp bay". El tercer paso fue determinar el ciclo de vida de *X. glabratus* en tres especies diferentes de *Persea*. Se obtuvieron adultos jóvenes después de 28-30 días de la infección con *X. glabratus*, se determinó la periodicidad de vuelo y la dinámica de poblaciones en los bosques de laurel rojo. Presentaremos los primeros ensayos para establecer la eficacia de los insecticidas contra *X. glabratus* y los resultados de una prueba para determinar si los árboles nativos no pertenecientes a la familia Lauraceae pueden ser considerados como hospedantes de *X. glabratus*.

Monitoring ambrosia beetles in Mexico

A. Equihua Martínez and E.G. Estrada-Venegas

Instituto de Fitosanidad, Km. 36.5 Carretera México-Texcoco, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Edo. de México 56230
equihuaa@colpos.mx

Monitoring ambrosia beetles in Mexico is primarily based on direct sampling on hosts or on the use of traps (ethanol, black light traps or plant-traps). These beetles have been collected in most Mexican ecosystems, although sometimes in a discrete way given the great plant diversity in the country. It is important to mention that traps using ethanol are being very productive in collecting these beetles. Very recently, with the support of CONAFOR (Mexican Forestry Commission), we established the first monitoring system in the most important ports (Manzanillo, Veracruz and Tampico) and in The International Airport in Mexico City. This system was established for the early detection of exotic species potentially associated to wood packing material and others. First results indicated the capture of boring beetles and some ambrosia beetles. For this project, we utilized Lindgren traps with frontalín. Another important contribution to the monitoring of ambrosia beetles in Mexico was done by SENASICA (National Service of Agro Alimentary Health, Safety and Quality). Trapping was initiated in seven states in Central Mexico using Lindgren traps with Manuka oil as attractant. This monitoring program started in 2013 and SENASICA is considering expanding to other states in Mexico. Considering that there are now two systems in place in Mexico to monitor not only ambrosia beetles but some other potential exotic species, it is crucial to use the right attractants. It is clear that attractants of wide spectrum will better contribute to the detection of exotic species across the country. Other initiatives of monitoring in Mexico must be done in close collaboration with the main phyto-sanitary institutions to avoid replication of efforts while contributing to the same goal, monitoring exotic species.



El monitoreo de escarabajos ambrosiales en México

A. Equihua Martínez y E.G. Estrada-Venegas

Instituto de Fitosanidad, Km. 36.5 Carretera México-Texcoco, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Edo. de México 56230
equihuaa@colpos.mx

El monitoreo de escarabajos ambrosiales en México se ha basado principalmente en la colecta directa en sus hospedantes y en el uso de trampas (trampas de alcohol, trampas de luz negra o ultravioleta y plantas trampa). Los muestreos se han implementado en la mayoría de los ecosistemas mexicanos, aunque de manera discreta, si se considera la gran diversidad vegetal de este país. Es importante mencionar que el uso de trampas con etanol como atrayente ha sido muy eficiente en la captura de especies ambrosiales en México. Muy recientemente, con el apoyo de CONAFOR (Comisión Nacional Forestal), establecimos el primer sistema de monitoreo en los principales puertos mexicanos (Manzanillo, Veracruz y Tampico) y en el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México. Este sistema se estableció para la detección temprana de especies exóticas, principalmente asociadas a material de empaque de madera y otros. Los primeros resultados han mostrado la captura de escarabajos barrenadores y ambrosiales. Para este proyecto se utilizaron trampas Lindgren cebadas con frontalina. Otra contribución importante al monitoreo de especies ambrosiales en México es el programa realizado por el SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). El trampeo fue iniciado en siete estados de la región central de México, utilizando trampas Lindgren cebadas con aceite de Manuka. El monitoreo inició en 2013 y se está considerando la expansión del sistema de trampeo a otros estados de la República. Considerando que ahora existen dos sistemas de monitoreo establecidos en México, no sólo para la detección de escarabajos ambrosiales, sino para más especies exóticas, el uso de los atrayentes apropiados es crucial. Es claro que el uso de atrayentes de amplio espectro contribuirá mejor en la detección de especies exóticas a lo largo del país. Otras iniciativas de monitoreo en México deben realizarse en colaboración cercana con los sistemas ya establecidos para evitar duplicidad de esfuerzos y contribuir al mismo propósito: el monitoreo de especies exóticas.

Diversity, Biogeography and Ecology of Mexican Ambrosia Beetles (Coleoptera: Curculionidae: Platypodinae, Scolytinae)

Thomas H. Atkinson

Texas Natural History Collections, Entomology, University of Texas at Austin, 3001 Lake Austin Blvd., suite 1.314, Austin, Texas 78703

Thatkinson.austin@gmail.com

Mexico has a very diverse fauna of ambrosia beetles with 230 species, 43 species of which belong to the Platypodinae and 187 species to the Scolytinae, mostly to the Corthylini (132) and Xyleborini (49). There are a small number of widely distributed species but almost all of them are limited geographically. In general, humidity is the limiting factor. Three main patterns of geographical distribution are present: (1) Lowland, humid forests. The greatest diversity of these species is found on the Gulf Coast of Mexico. Many of these species are widely distributed in the Neotropical Region. (2) Temperate pine-oak forests. These species are found in cooler areas of major mountain ranges. Particular species may be found in the western United States or in northern Central America, but the greatest diversity is in Mexico. (3) Mesic montane forests. The greatest diversity of these species is found along the slopes of the mountains facing the Gulf of Mexico, although many species are also found in humid canyons and more limited regions of the interior and Pacific Slope. While the genera are almost exclusively Neotropical, many species have narrow distribution ranges. Despite the large number of ambrosia beetles introduced into the eastern United States from Asia, very few have become established in Mexico. Apparently the dry scrublands of southern Texas and northern Tamaulipas form a barrier to natural dispersal.



Diversidad, Biogeografía y Ecología de Escarabajos Ambrosiales Mexicanos (Coleoptera: Curculionidae: Platypodinae, Scolytinae)

Thomas H. Atkinson

*Texas Natural History Collections, Entomology, University of Texas at Austin, 3001 Lake Austin Blvd.,
suite 1.314, Austin, Texas 78703*

Thatkinson.austin@gmail.com

México posee 230 especies de escarabajos ambrosiales, con 43 especies de Platypodinae y 187 especies de Scolytinae, principalmente en los grupos de Corthylini (132) y Xyleborini (49). Existe un número reducido de especies con distribución amplia, en su mayoría están limitadas geográficamente. En general, la humedad es el factor limitante. Los patrones biogeográficos de distribución son: (1) selvas húmedas de baja elevación. La mayor diversidad de estas especies se encuentra en la llanura costera del Golfo de México. Muchas de estas especies se distribuyen ampliamente en la región neotropical; (2) bosques templados de pino-encino. Estas especies se encuentran en zonas más frescas de las principales cadenas montañosas. Aunque algunas de estas especies existen también en el Oeste de los Estados Unidos de Norteamérica y en el norte de Centroamérica, la mayor diversidad se encuentra en México; (3) bosques mesófilos de montaña. La mayor diversidad de estas especies se presenta por la vertiente del Golfo de México, aunque muchas especies también se encuentran en cañadas húmedas o en zonas limitadas del interior y de la vertiente del Pacífico. Aunque los géneros son casi exclusivamente neotropicales, muchas de las especies tienen distribuciones estrechas. A pesar del gran número de escarabajos ambrosiales introducidos en el Este de los Estados Unidos de Norteamérica, procedentes de Asia, muy pocos se han establecido en México. Aparentemente, los matorrales xerófitos del Sur de Texas y del Norte de Tamaulipas forman una barrera contra su dispersión natural.

Topic: Genomic resources available for the potential development of resistance/tolerance to the pest/disease complex in both natural and agricultural scenarios

Potential distribution of *Xyleborus glabratus* and associated hosts in Mexico

Andrés Lira-Noriega

Cátedras CONACyT, Instituto de Ecología A.C., Xalapa, Veracruz, México
aliranoriega@yahoo.com

Studying the distribution and ecological requirements of species is key to understanding and describing species biogeographical associations and potential distributions. The potential invasion of *Xyleborus glabratus* - *Raffaelea lauricola* in Mexico represents a major threat to the Lauraceae species, of which avocado is one of the most economically important representative. First, raw biodiversity data and potential distribution maps were used to describe biodiversity patterns on Lauraceae and *Xyleborus* species at global and national scales. Spatial diversity patterns allowed us to locate hotspots of diversity and identify potential sites where studies on relevant evolutionary interactions between *Xyleborus* - Lauraceae could be conducted. Then, more comprehensive maps on the potential risk of invasion of *X. glabratus* in Mexico were obtained using spatial multi-criteria evaluation with factors related to the potential distribution of the beetle, distribution of species of Lauraceae, stress in forest ecosystems, and frequency of hurricanes. Occurrence data of Lauraceae species showed that there was higher species richness in Central and Northern South America, followed by some regions in Asia, Oceania and Madagascar. Our knowledge on *Xyleborus* spp. is highly biased towards Mexico and Central America, as well as Northeastern Europe. Among the Lauraceae species with largest distribution ranges are *Nectandra cuspidata*, *Ocotea cernua*, *Laurus nobilis*, and *Persea americana*. Areas of potential risk of invasion of *X. glabratus* in Mexico are located near the Gulf of Mexico and Yucatan Peninsula, a region where other species of the genus *Xyleborus* have also been found.



Topic: Genomic resources available for the potential development of resistance/tolerance to the pest/disease complex in both natural and agricultural scenarios

Distribución Potencial de *Xyleborus glabratus* y sus Hospedantes Asociados en México

Andrés Lira-Noriega

Cátedras CONACyT, Instituto de Ecología A.C., Xalapa, Veracruz, México
aliranoriega@yahoo.com

Conocer la distribución y los requerimientos ecológicos de las especies es fundamental para entender y describir sus asociaciones y predecir su distribución potencial. La invasión potencial de *Xyleborus glabratus* - *Raffaelea lauricola* en México, representa una amenaza importante para especies de la familia Lauraceae, de las cuales el aguacate es de importancia estratégica en términos económicos. Para el presente trabajo se utilizaron datos primarios de biodiversidad y mapas de distribución potencial para describir los patrones de diversidad de especies de Lauraceae y *Xyleborus*, a escala global y nacional. Los patrones de diversidad permitieron ubicar sitios de alta diversidad y lugares relevantes para el estudio de interacciones evolutivas entre *Xyleborus* y Lauraceae. Se generaron adicionalmente, mapas más comprensivos sobre el riesgo potencial de invasión de *X. glabratus* en México, se obtuvieron mediante una evaluación espacial multi-criterio con factores relacionados a la distribución potencial del escarabajo, la distribución de especies de Lauraceae, estrés en ecosistemas forestales y frecuencia de huracanes. Los datos de distribución de lauráceas mostraron altos niveles de riqueza de especies en Centroamérica y en el Norte de Sudamérica, seguidos por algunas regiones de Asia, Oceanía y Madagascar. Nuestro conocimiento sobre *Xyleborus* spp. está altamente sesgado hacia México, Centroamérica y el Noreste de Europa. Entre las especies de Lauraceae con una distribución amplia están *Nectandra cuspidata*, *Ocotea cernua*, *Laurus nobilis* y *Persea americana*. Las áreas de predicción con mayor riesgo de invasión por *X. glabratus* en Méxicose situaron en la vertiente del Golfo de México y en la Península de Yucatán, en donde también se encuentra la mayor concentración de especies del género *Xyleborus*.

Topic: Genomic resources available for the potential development of resistance / tolerance to the pest / disease complex in both natural and agricultural scenarios.

The Family Lauraceae in Mexico

Francisco Lorea

Institute of Ecology A.C. (INECOL), Xalapa, Veracruz, Mexico
francisco.lorea@inecol.mx

An overview of the diversity and distribution of the different species of the Lauraceae family in Mexico is presented. So far, 132 species have been recorded. These species are divided into 10 genera, including: *Aiouea*, *Beilschmiedia*, *Cassytha*, *Cinnamomum*, *Licaria*, *Litsea*, *Mocinnodaphne*, *Nectandra*, *Ocotea* and *Persea*. The Mexican states of Chiapas, Oaxaca and Veracruz are those with the highest specific diversity (77, 68 and 56 species, respectively). More than 50% of the recorded species are endemic and are concentrated in Chiapas, Oaxaca and Veracruz states as well. However, these species are not locally abundant. The most diverse genera are *Ocotea* (43 species), *Cinnamomum* (19 species), *Nectandra* (19 species), *Licaria* (17 species) and *Persea* (16 species). The vegetation types with the highest number of Lauraceae species are cloud forests and tropical rainforests with 74 and 52 species, respectively. There is no evidence that the distribution of Lauraceae species is favored by environmental disturbance, although species local abundance seems to be influenced by disturbance in the case of *Nectandra salicifolia* and *Ocotea psychotrioides*. Given the level of disturbance of the plant communities where members of Lauraceae are found, the limited dimensions of their distribution area and their poor representation in protected areas, it is likely that nearly half of Mexican species are under extinction threat. Based on these results, we suggest to increase the number of protected areas that contain members of Lauraceae and to design repopulation strategies in vegetation types that present the highest richness of Lauraceae species.



Topic: Genomic resources available for the potential development of resistance / tolerance to the pest / disease complex in both natural and agricultural scenarios.

La Familia Lauraceae en México

Francisco Lorea

Instituto de Ecología A.C. (INECOL), Xalapa, Veracruz, México
francisco.lorea@inecol.mx

Se presentará un análisis general de la diversidad y distribución de las especies de la familia Lauraceae en el territorio mexicano. El registro enlista a 132 especies, reunidas en 10 géneros: *Aiouea*, *Beilschmiedia*, *Cassytha*, *Cinnamomum*, *Licaria*, *Litsea*, *Mocinnodaphne*, *Nectandra*, *Ocotea* y *Persea*. Los estados de Chiapas, Oaxaca y Veracruz son las entidades en las que se encuentran los números más altos de diversidad específica (77, 68 y 56 especies, respectivamente), asociada sobre todo al bosque mesófilo de montaña y al bosque tropical perennifolio. Más del 50% de las especies registradas son endémicas, concentrándose de manera similar en Chiapas, Oaxaca y Veracruz (aunque localmente no son abundantes). Los géneros más diversos son *Ocotea* (43 especies), *Cinnamomum* (19 especies), *Nectandra* (19 especies), *Licaria* (17 especies) y *Persea* (16 especies). Los tipos de vegetación que registran el mayor número de especies son el bosque mesófilo y el bosque tropical perennifolio (74 y 52 especies, respectivamente). No existen indicios que sugieran que la distribución de alguna de las especies registradas sea favorecida por el disturbio, aunque sí en su abundancia local, como *Nectandra salicifolia* y *Ocotea psychotrioides*. Dado el grado de deterioro de las comunidades vegetales donde habitan las lauráceas del país, las dimensiones de las áreas de distribución de las especies consideradas, y la baja representación de las mismas en áreas naturales protegidas, es probable que cerca de la mitad de las especies se encuentren bajo amenaza de extinción. Con base en estos datos se sugiere incrementar el número de áreas protegidas que contengan especies de lauráceas y diseñar una estrategia de repoblación según los tipos de vegetación que contienen la abundancia más alta de lauráceas.

Topic: Genomic resources available for the potential development of resistance/tolerance to the pest/disease complex in both natural and agricultural scenarios

The avocado genome sequencing project. A powerful tool to assess defense responses against fusarium dieback and laurel-wilt diseases in Lauraceous plants

A. Méndez-Bravo¹, E. Ibarra-Laclette¹, C.A. Pérez-Torres^{1,2}, V.A. Albert³, L. Carretero-Paulet³, E. Lyons⁴, K. Mockaitis⁵, A. Kilaru⁶, R. López-Gómez⁷, and L. Herrera-Estrella⁸

¹ Red de Estudios Moleculares Avanzados, Instituto de Ecología A.C.

² Cátedras CONACYT en INECOL

³ Department of Biological Sciences, University at Buffalo, Buffalo, New York, USA

⁴ The School of Plant Sciences and iPlant Collaborative, University of Arizona, Tucson, Arizona, USA

⁵ Biology Department, Indiana University

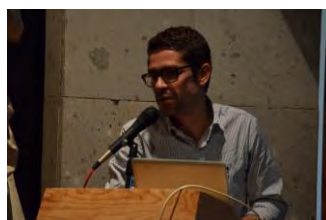
⁶ Department of Biological Sciences, East Tennessee State University, Kingsport, Tennessee, USA

⁷ Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Michoacán

⁸ Laboratorio Nacional de Genómica para la Biodiversidad, Cinvestav-Irapuato

alfonso.mendezbravo@inecol.mx

Avocado (*Persea americana*) is one of the rare crop plants among the basal angiosperms that belong to the Lauraceae family. Genomic characterization of avocado will provide an opportunity to examine, besides the developmental genetics of fleshy fruits and the mechanisms of early evolutive adaptations in flowering plants, some of the molecular mechanisms related to defense responses and to damaging interactions with microbes. Avocado is also a product of great social and economic importance for Mexico. A number of desirable traits such as disease resistance and water use efficiency, among others, should be integrated into commercial cultivars in order to guarantee productivity in the long-term. However, due to its long life cycle and the difficulty of producing directed crosses, traditional breeding strategies are slow and costly. To use modern breeding strategies such as association mapping or transgenic strategies, it is important to have detailed knowledge of the structure, sequence and expression of the avocado genome. With this goal in mind, we have produced an EST database of different organs and fruit developmental stages and carried out the sequencing of the avocado genome. To generate a *de novo* avocado genome sequence, we combined data from 454, SOLID, Illumina and PacBio sequencing platforms that made up to a 200X coverage of the genome. In this talk, we will present a structural and functional analysis of the avocado genome and will discuss some suitable strategies to use genomic data as a platform to search for natural tolerance of horticultural races and cultivars of avocado to fusarium dieback and laurel-wilt diseases.



Topic: Genomic resources available for the potential development of resistance/tolerance to the pest/disease complex in both natural and agricultural scenarios

La secuenciación del genoma del aguacate como una herramienta de alto alcance para el control de enfermedades de alto impacto agronómico y ecológico: la muerte regresiva por *Fusarium euwallaceae* y la marchitez del laurel

A. Méndez-Bravo¹, E. Ibarra-Laclette¹, C.A. Pérez-Torres^{1,2}, V.A. Albert³, L. Carretero-Paulet³, E. Lyons⁴, K. Mockaitis⁵, A. Kilaru⁶, R. López-Gómez⁷, and L. Herrera-Estrella⁸

¹ Red de Estudios Moleculares Avanzados, Instituto de Ecología A.C.

² Cátedras CONACYT en INECOL

³ Department of Biological Sciences, University at Buffalo, Buffalo, New York, USA

⁴ The School of Plant Sciences and iPlant Collaborative, University of Arizona, Tucson, Arizona, USA

⁵ Biology Department, Indiana University

⁶ Department of Biological Sciences, East Tennessee State University, Kingsport, Tennessee, USA

⁷ Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Michoacán

⁸ Laboratorio Nacional de Genómica para la Biodiversidad, Cinvestav-Irapuato

alfonso.mendezbravo@inecol.mx

El aguacate (*Persea americana*) es un frutal ubicado taxonómicamente dentro del grupo de las angiospermas basales y que pertenece a la familia Lauraceae. La caracterización genómica de esta especie abrirá la posibilidad de examinar, además de la genética del desarrollo y de las adaptaciones evolutivas de los primeros grupos de plantas con flores, los mecanismos moleculares asociados a las respuestas de defensa y las interacciones perjudiciales con microorganismos patógenos. Este cultivo es de gran importancia social y económica para México por lo que algunas características de interés agronómico como la resistencia a enfermedades, la eficiencia en el uso del agua, entre otras, deberían de ser seleccionadas en los cultivares comerciales, a fin de garantizar su productividad en el futuro. Sin embargo, debido a su ciclo de vida largo y a la dificultad de realizar cruza dirigidas, las estrategias de mejoramiento tradicionales son una opción poco viable y muy costosa. El uso de estrategias de mejoramiento modernas, como el mapeo por asociación o estrategias de transformación genética, son importantes porque nos permitirán conocer a detalle la estructura, secuencia y funcionalidad de su genoma. Con este propósito, hemos generado una base de datos de secuencias de expresión génica provenientes de diferentes órganos y de diferentes etapas del desarrollo frutal. Éstas se generaron como parte sustancial del proyecto de secuenciación del genoma de aguacate. La secuenciación genómica *de novo*, con una cobertura de 200X de su tamaño total, se obtuvo combinando diferentes plataformas de secuenciación de última generación: 454, Illumina, SOLID, y PacBio; en esta plática presentaremos un análisis estructural y funcional del genoma del aguacate y discutiremos algunas estrategias enfocadas al empleo de datos genómicos como una plataforma de largo alcance para la búsqueda de la tolerancia natural de razas criollas nativas de México y de cultivares comerciales a enfermedades de alto impacto agronómico y ecológico como la muerte regresiva por *Fusarium euwallaceae* y la marchitez del laurel.

Topic: Genomic resources available for the potential development of resistance/tolerance to the pest/disease complex in both natural and agricultural scenarios.

Genomic sources of chemical defenses in trees from pine to avocado: new references for understanding large enzyme family conservation and diversification

K. Mockaitis*, S. Fuentes-Soriano, S. Sankaranarayanan, R. Podicheti, A. Kilaru, and D. Kuhn

* *Indiana University, Bloomington*
kmockait@indiana.edu

Combining next-generation sequencing data from a variety of experiments in *Persea americana* 'Hass,' we have generated an avocado transcriptome reference that provides over 36 K putative unique protein coding sequences, along with extensive alternatively spliced and allelic forms, estimated to offer a very high level of gene discovery completeness. Our parallel work defining genes expressed in the ancient and massive genomes of conifers has engendered valuable insights into the phylogenetic origins and diversification of gene families in both angiosperm and gymnosperm trees that provide important chemical defenses against herbivory and other environmental stresses. Here we present our recent findings in large enzyme gene family diversification in avocado based on incorporation of the above transcriptome references into a selection of larger phylogenetic studies in loblolly pine (*Pinus taeda*), native to the U.S. South-East. Intraspecies variation in sequence and copy number of members of the cytochrome P450 superfamily, terpene synthase family and others are likely to underlie phenotypic variation in levels of tree resistance to insect attraction and feeding, as well as variation in development that may contribute further to pest avoidance in avocado.



Topic: Genomic resources available for the potential development of resistance/tolerance to the pest/disease complex in both natural and agricultural scenarios.

Recursos genómicos de metabolitos de defensa en árboles, desde el pino hasta el aguacate: nuevas bases para entender la conservación y diversificación de una gran familia de enzimas

K. Mockaitis*, S. Fuentes-Soriano, S. Sankaranarayanan, R. Podicheti, A. Kilaru, y D. Kuhn

* Indiana University, Bloomington
kmockait@indiana.edu

Combinando datos de secuenciación masiva de última generación obtenidos a partir de diferentes estudios con aguacate *Persea americana* variedad 'Hass', se generó un transcriptoma con una cobertura de aproximadamente 36 Kb de secuencias codificantes y numerosas variantes alélicas alternativas, que en conjunto constituyen una vasta cantidad de nuevos genes. De manera paralela, hemos descrito genes expresados en genomas antiguos de coníferas que nos han permitido explorar el origen filogenético y la diversificación de familias génicas de angiospermas y gimnospermas asociadas a respuestas de defensa química contra herbivoría y contra otros tipos de estrés ambiental. En este seminario, se presentarán nuestros descubrimientos más recientes sobre la diversificación de una gran familia de genes de enzimas en aguacate, basados en la incorporación de los transcriptomas de referencia mencionados anteriormente dentro de una selección de estudios filogenéticos más amplios con Pino amarillo (*Pinus taeda*), nativo del sureste de los EUA. La variación intra-específica en secuencia y número de copias de los miembros de la súper familia de citocromo P450, de la familia de las terpeno sintasas, entre otras, es probablemente la base de la variación fenotípica en los niveles de resistencia de árboles a la atracción de insectos, y de variación en el desarrollo con potencial de uso para combatir plagas del aguacate en el futuro.

Topic: Genomic resources available for the potential development of resistance/tolerance to the pest/disease complex in both natural and agricultural scenarios

“Omics” as a tool to study biotic and abiotic stress in avocado

N. van den Berg, B. Reeksting, W. Mahomed, and J. Engelbrecht

Department of Genetics, Forestry and Agricultural Biotechnology Institute, University of Pretoria, Pretoria, South Africa

Noelani.VanDenBerg@up.ac.za

Plants respond to stress on a molecular, cellular, physiological, and biochemical level. To elucidate the mechanisms involved in these responses it is important to understand the changes occurring on the transcriptome, proteome, and metabolome levels. Avocado is a diploid angiosperm that represents an important fruit crop worldwide, with a genome estimated to exceed 920 Mb. Several biotic and abiotic stresses limit avocado production worldwide, including the root rot caused by the oomycete *Phytophthora cinnamomi*, Laurel wilt caused by *Raffaelea spp.*, flooding and salinity. In addition, these stresses often occur in combination leading to an additive effect. The avocado genome is not yet publically available and limited sequence data exists for rootstocks. Advances in technologies such as RNA-seq have allowed the generation of transcriptome data at affordable rates in order to gain an understanding of the genes that are involved in the response to stress. Our research has focused on the response of avocado to *P. cinnamomi*, flooding, and a combination of these stresses. Approximately 124 Mb of data were produced through three separate sequencing runs utilizing the Roche 454 platform. Numerous stress-related transcripts were identified from this data, including genes involved in defence such as the salicylic acid and jasmonic acid pathways as well as genes known to be involved in the anaerobic response in plants. This data enables further expression profiling utilizing technologies such as microarray analysis and quantitative RT-PCR. A multispecies microarray has been designed containing avocado and pathogenicity-related *P. cinnamomi* transcripts to conduct large-scale gene expression analysis in both the host and the pathogen. The identification of stress-responsive genes will allow further functional characterization of these genes for selection of candidate genes for further study. Proteome data generated using the same avocado samples from transcriptome analysis will allow further insight into the response of avocado to these stresses.



Topic: Genomic resources available for the potential development of resistance/tolerance to the pest/disease complex in both natural and agricultural scenarios

Análisis “ómicos” Como una Herramienta Para el Estudio del Estrés Biótico y Abiótico en el Aguacate

N. van den Berg, B. Reeksting, W. Mahomed, y J. Engelbrecht

Department of Genetics, Forestry and Agricultural Biotechnology Institute, University of Pretoria, Pretoria, South Africa

Noelani.VanDenBerg@up.ac.za

Las plantas responden al estrés a nivel molecular, celular, fisiológico, y bioquímico. Para elucidar los mecanismos relacionados con estas respuestas, es importante entender los cambios que ocurren a gran escala (niveles transcriptómicos, proteómicos y metabolómicos). El aguacate es una angiosperma diploide de importancia agronómica a nivel mundial y se estima que su genoma sobrepasa los 920 Mb. Diferentes factores de estrés biótico y abiótico limitan la producción de aguacate, incluyendo la podredumbre de la raíz causada por el oomiceto *Phytophthora cinnamomi*, la marchitez del laurel causada por *Raffaelea spp.*, inundaciones y salinidad. Adicionalmente, estos factores de estrés se presentan frecuentemente en conjunto, generando un efecto negativo sinérgico. El genoma del aguacate no está públicamente disponible todavía y los datos de secuenciación de porta-injertos son limitados. Algunos avances tecnológicos de secuenciación de ácidos nucleicos, tales como “RNA-seq”, han permitido la generación de datos de transcriptomas en tiempos cortos, de tal manera que se tiene un mayor entendimiento de los genes que están involucrados en las respuestas al estrés. Nuestra investigación se enfocó en la respuesta del aguacate a *P. cinnamomi*, a inundaciones, y a una combinación de estos dos factores de estrés. Aproximadamente 124 Mb de datos fueron producidos a través de tres rondas de piro-secuenciación independientes, empleando la plataforma 454 de Roche. A partir de los datos generados, se identificaron numerosos transcritos relacionados con las respuestas al estrés, incluyendo genes relacionados con mecanismos de defensa, tales como las vías reguladas por el ácido salicílico y el ácido jasmónico, así como genes involucrados en la respuesta de las plantas a la hipoxia. Estos datos han permitido generar tecnologías de análisis dirigidos, tales como la impresión de microarreglos y RT-PCR cuantitativo. Se han desarrollado microarreglos multi-especie que permiten evaluar la dinámica de expresión de genes de aguacate y de *P. cinnamomi* relacionados con procesos de patogeneicidad, es decir, analizar simultáneamente tanto al hospedante como al patógeno. La identificación de los genes que responden al estrés permitirá su caracterización funcional para la selección de genes marcadores en estudios posteriores. Los datos proteómicos generados a partir de las mismas muestras analizadas a nivel transcriptómico favorecerán el tener un entendimiento más amplio de las respuestas del aguacate a este tipo de factores de estrés.