



# IX WORLD AVOCADO CONGRESS

Medellín, Colombia. 24 de septiembre 2019

## Recursos Genéticos del Aguacate: Perspectivas y Futuro

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
CHAPINGO



"ENSEÑAR LA EXPLOTACIÓN DE  
LA TIERRA, NO LA DEL HOMBRE"



DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA



POSGRADO EN HORTICULTURA

**Alejandro F. Barrientos-Priego**  
Posgrado en Horticultura  
Departamento de Fitotecnia  
Universidad Autónoma  
Chapingo

# El género *Persea* está dividido en dos subgéneros

**Persea**

Según van der Werff (2002; Sinopsis de *Persea* (Lauraceae) en América Central; Novon 12: 575-586) en el subgénero *Persea* sólo hay dos especies: *Persea americana* Mill. y *Persea schiedeana* Ness



**Eriodaphne**

Existen alrededor de 90 especies en este subgénero y se le conocen como “aguacatillos” los cuales no son compatibles vegetativamente y gaméticamente con el subgénero *Persea*, con excepción de *Persea longipes*.



# A Synopsis of *Persea* (Lauraceae) in Central America

*Henk van der Werff*

Missouri Botanical Garden, P.O. Box 299, St. Louis, Missouri 63166-0299, U.S.A.  
henk.vanderwerff@mobot.org



No consideró a *Persea parvifolia* Will.

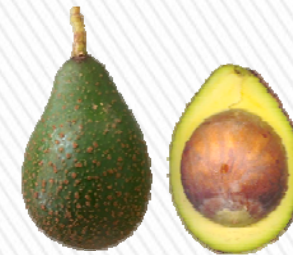
Especies que consideró como *Persea americana* Mill.



*Persea nubigena*,  
*Persea steyermarkii*,  
*Persea tolimanensis*

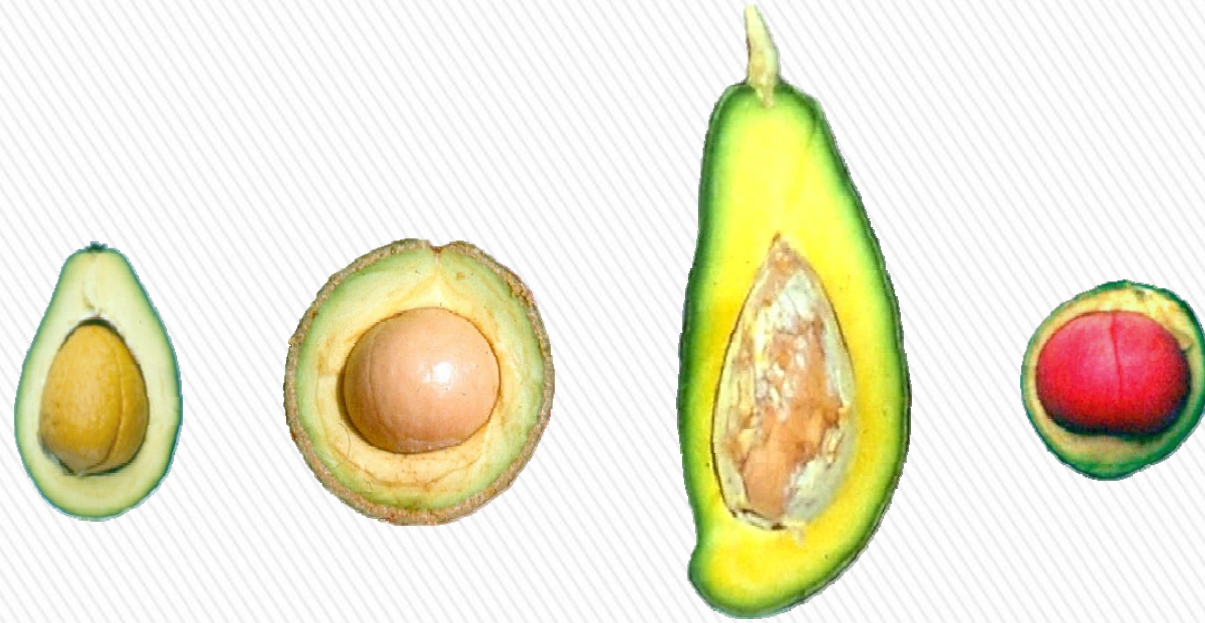


*Persea zentmyerii*



*Persea floccosa*

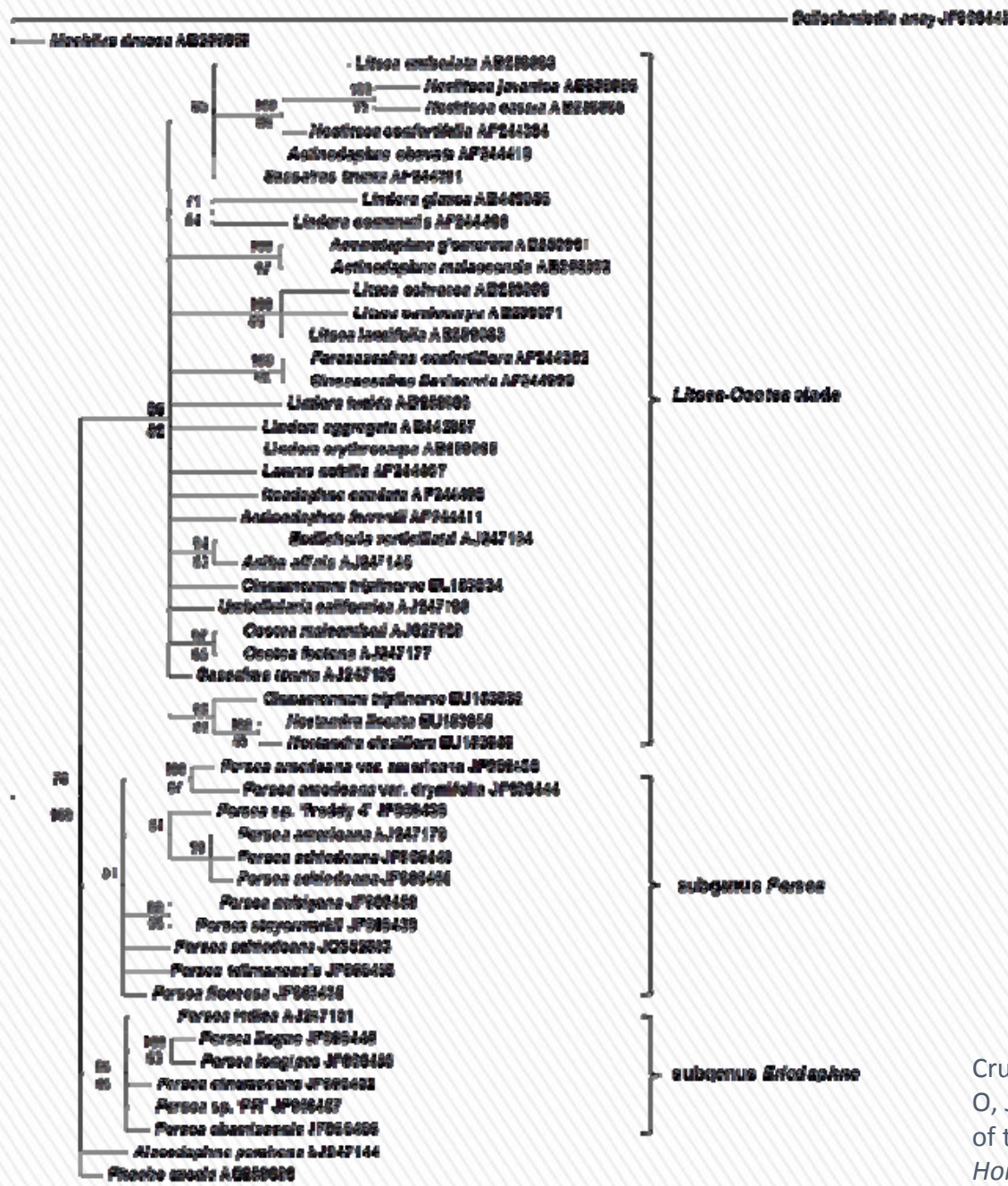




Representantes de *Persea americana* Mill. De izquierda a derecha: var. *drymifolia* (raza Mexicana), var. *guatemalensis* (raza Guatemalteca), var. *americana* (raza Antillana) y la propuesta var. *costaricensis* (raza de Costa Rica).







Filograma de consenso de la regla de mayoría Bayesiana del 50 % resultante del análisis de secuencias parciales del gen *matK* de *Persea* y otros géneros de Lauraceae. Las probabilidades posteriores se indican arriba de los nodos, los valores de apoyo de "Bootstrap" de máxima parsimonia (donde el 50 %) aparecen debajo de los nodos. En el análisis de parsimonia, se obtuvieron 133 árboles igualmente parsimoniosos con una longitud de 121 pasos, y un índice de consistencia de 0.88, índice de homoplasias de 0.12 y un índice de retención de 0.88.

Cruz-Maya, M. E., Barrientos-Priego, A. F., Zelaya-Molina, L. X., Rodríguez de la O, J. L. & Reyes-Alemán, J. C. (2018). Phylogenetic analysis of some members of the subgenus *Persea* (*Persea*, Lauraceae). *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 24(2), 133-150. <http://dx.doi.org/10.5154/r.rchsh.2017.12.038>



# Historia

## Wilson Popenoe

Entre 1916 y 1925 exploró desde México y Sudamérica colectando aguacates y tipos silvestres (Popenoe, 1935).



## George A. Zentmyer

Entre los 40s y 80s Eugenio Schieber y George A. Zentmyer con el fin de buscar fuentes de resistencia *Phytophthora* (Schieber & Zentmyer, 1977).



## Red de Aguacate

La Red de Aguacate del SINAREFI liderados por Alejandro F. Barrientos Priego colectaron una cantidad importante de germoplasma en gran parte de México (Bellon et al., 2009)



## Carl B. Schmidt

Realizó viajes de colecta de materiales en varios sitios de México y es en 1911 que hace la famosa colecta de 'Fuerte' (Noriega, 1948),



## C. Arthur Schroeder

Otra época de colecta involucró a Louis O. Williams (Williams, 1977) y C. Arthur Schroeder (Schroeder, C. A., 1948) entre los 30s y 50s



## Avraham D. Be-Ya'acov

Entre los 80s y 90s, el lideró colectas en México, Centroamérica y Sudamérica junto con varios colaboradores (Ben-Ya'acov et al., 1991).

**Se han colectado germoplasma de aguacate en Chiapas, Veracruz, Tlaxcala, Michoacán, Edo. de México, Nuevo León, Sinaloa, Nayarit, Guerrero, San Luis Potosí, Puebla, Hidalgo, Yucatán, Campeche, Tabasco, Quintana Roo, Guanajuato y Oaxaca.**



**Dra. Adriana Gutiérrez Díez  
Dra. María de la Cruz Espíndola Barquera  
Dr. Alfredo López Jiménez  
Dr. Raúl Medina Torres  
M.C. Ramón López de León  
Dr. Esteban Escamilla Prado  
M.C. Catarino Hernández Escobar  
M.C. Roberto Cob Salazar  
Dr. Juan Guillermo Cruz Castillo  
Dr. Eduardo Campos Rojas  
Dr. Juan Ayala Arreola  
Dr. Juan Carlos Reyes Alemán  
Dr. Agustín Damián Nava  
Dr. Alejandro F. Barrientos Priego**





**La Fundación Salvador Sánchez Colín-CICTAMEX, S.C., localizada en Coatepec Harinas, Estado de México, cuenta con el banco de germoplasma de aguacate más diverso con cerca de 800 de accesiones, tanto de México como del extranjero.**



**Casi la totalidad de este germoplasma no ha sido aprovechada por falta de recursos financieros y es una “mina de oro” que no hemos aprovechado.**



En este banco existe una grande  
variabilidad fenotípica



# Germoplasma exótico



Colecta realizada por Catarino Hernández y Roberto Cob (Universidad Autónoma Chapingo)



Colecta realizada por Catarino Hernández y Roberto Cob (Universidad Autónoma Chapingo)



Agricultor cooperante en la conservación *in situ* en Tamaulipas, México



Aramberri, Nuevo León, México (Dra. Adriana Gutiérrez Díez, UANL)



Nuevos genotipos que colectar en Oaxaca, México



# Ampliación del Depositario Nacional de Aguacate en Coatepec Harinas, Estado de México, México.

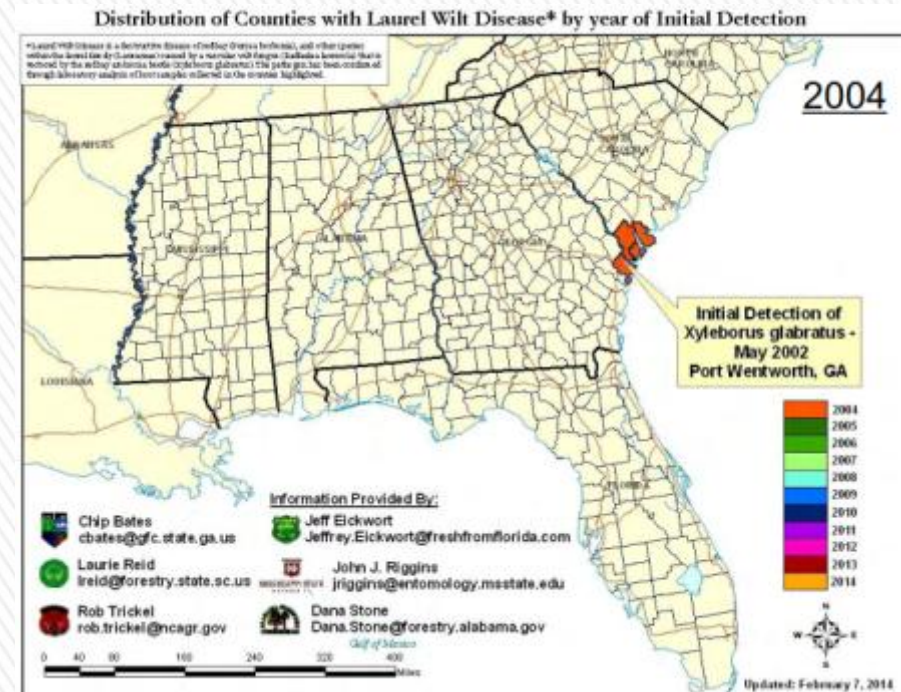


# Barrenador de madera *Xyleborus glabratus*



Mike Thomas (Florida Division of Agriculture)

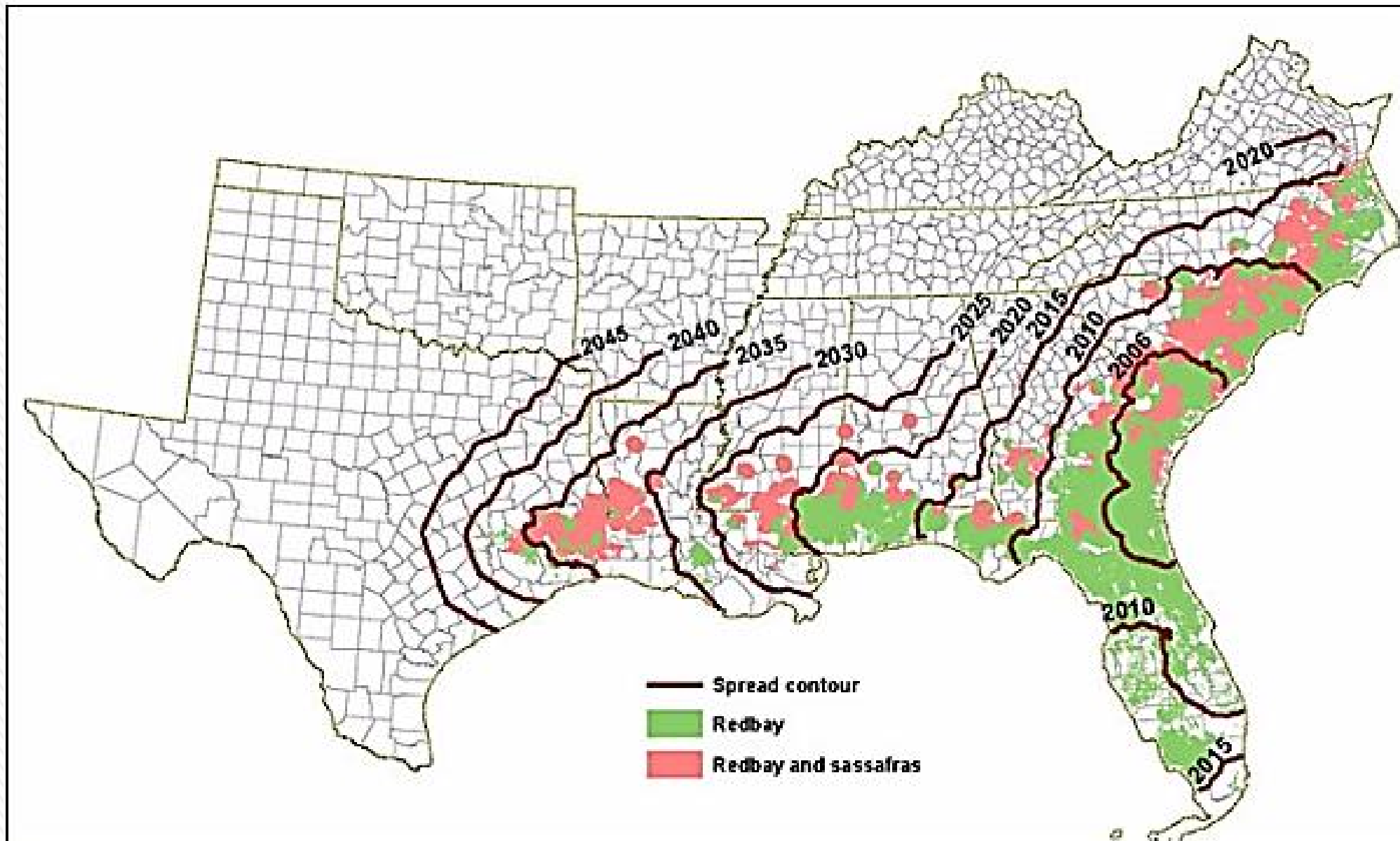
## Hongo *Raffaelea lauricola*





Florida  
2009



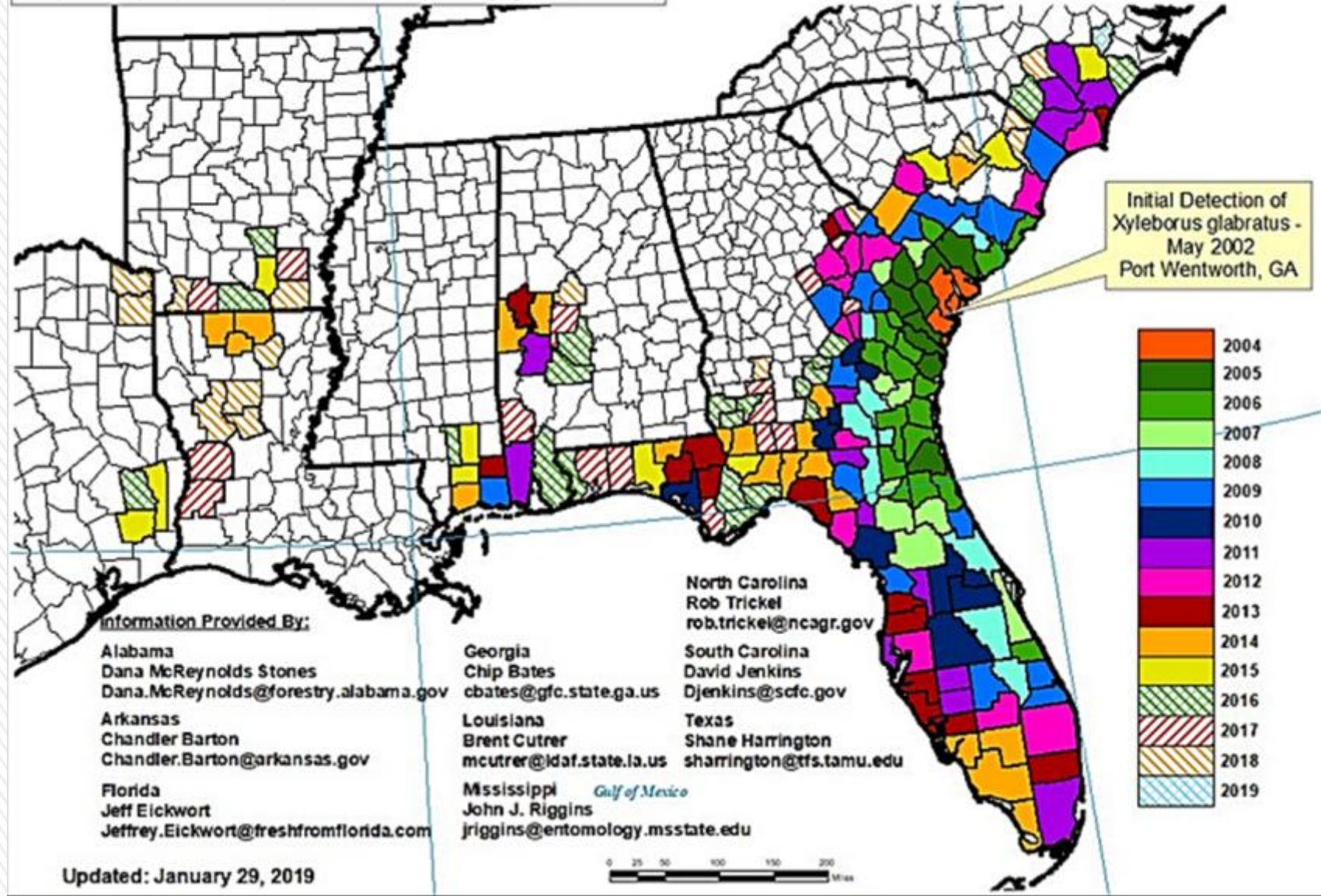


Koch y Smith (2008)

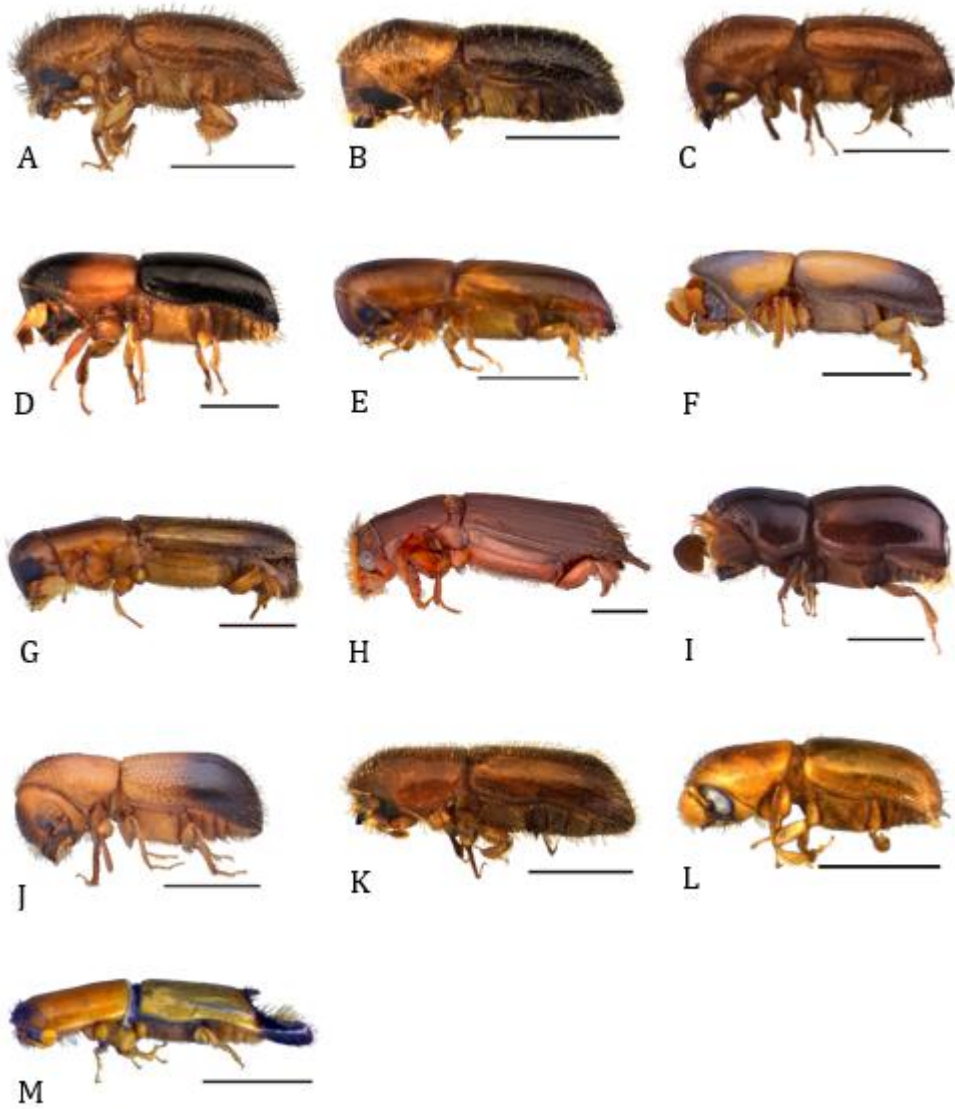


# Distribution of Counties with Laurel Wilt Disease\* by year of Initial Detection

\* Laurel Wilt Disease is a destructive disease of redbay (*Persea borbonia*), and other species within the laurel family (Lauraceae) caused by a vascular wilt fungus (*Raffaelea lauricola*) that is vectored by the redbay ambrosia beetle (*Xyleborus glabratus*). The pathogen has been confirmed through laboratory analysis of host samples collected in the counties highlighted.







Escarabajos identificados atacando árboles de aguacate. *Xyleborus affinis* Eichhoff (A), *X. volvulus* (Fabricius) (B), *X. ferrugineus* (Fabricius) (C), *Monarthrum conversum* Wood (D), *M. exoranatum* (Schedl) (E), *M. fimbriaticorne* (Blandford) (F), *Euplatypus segnis* (Chapuis) (G), *E. otiosus* (Schedl) (H), *Corthylus flagellifer* Blandford (I), *C. detrimmentosus* Schedl (J), *Premnobius cavipennis* Eichhoff (K), *Corthylocurus aguacatensis* (Schedl) (L), *Amphicranus micidus* Wood (M). Escala 1 mm. (Ángel-Restrepo et al., 2019).



Escarabajo *Xyleborus affinis* (a la izquierda) identificado que ataca solo al portainjerto de árboles de aguacate (a la derecha) en Los Reyes y Ziracuaretiro, Michoacán, México. Fotos con permiso de M. C. Manuela Ángel Restrepo, Facultad de Agrobiología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (Ángel, 2019; Ángel-Restrepo et al., 2019).

# La Dra. Neena Mitter ha planteado sobre la importancia y la preocupación sobre la conservación del aguacate.

Ha destacado que los depositarios de germoplasma son costosos de mantener y están constantemente expuestos a la amenaza de desastres naturales, así como de plagas y enfermedades.

Esto ejemplifica la necesidad urgente de un método de conservación de germoplasma a largo plazo que no esté expuesto a los caprichos del cambio climático y las incursiones de enfermedades y plagas.



Banco de germoplasma “La Curva” el Potrero, Coatepec Harinas devastado por *Phytophthora cinnamomi*.

O’Brien, C., Constantin, M., Walia, A., Yiing, J. L. Y., & Mitter, N. (2016). Cryopreservation of somatic embryos for avocado germplasm conservation. *Scientia Horticulturae*, 211, 328-335.



La búsqueda de portainjertos para adaptación a condiciones bióticas y abióticas es una de las opciones para aprovechar el potencial que tiene el germoplasma, ya que existe una gran reserva de genes que puede ofrecer una amplia oportunidad de uso y así tratar de enfrentar los retos que hay al establecer huertos en condiciones marginales, lo que permitiría ampliar las plantaciones de aguacate a sitios donde se presentan problemas con el suelo utilizando portainjertos clonales adaptados (Barrientos-Priego, 2018), además de poder mitigar el efecto que en el futuro tendremos que enfrentar con el cambio climático.



# Portainjertos



**Estrés abiótico**



**Estrés biótico**

**Productividad, manipulación de crecimiento y otros atributos**



**PRODUCTIVIDAD**



# Las características generales que se busca en un portainjerto de aguacate:

- Rendimiento
- Eficiencia en el rendimiento
- Reducir alternancia
- Tamaño del árbol y vigor
- Rápida entrada a producción
- Eficiencia en absorción  
nutrimental
- Tolerancia a estrés abiótico
- Resistencia a estrés biótico
- Mejoras en calidad
- Mejora en postcosecha del fruto



Los mejores árboles del cv. Wurtz injertados sobre diferente portainjertos clonales y en diferentes condiciones adversas de suelo (tomado de Ben-Ya'acov, Zilbersteine, & Sela, 1992).

clave VC	Nombre	Givat-Haim <i>Phytophthora cinnamomi</i>	Neve Ya'ar salinidad-calcáreo	Maoz Haim salinidad	Emeq Hefer sodio intercambiable	Bet Dagan duna (sequía-textura)	Gilat salinidad-calcáreo
202	Avocatosa 2	-	-	-	-	+	-
204	Guzman	-	-	-	-	-	-
207	<b>Day</b>	+	+	+	+	+	+
209	Mayo 133	-	+	+	-	-	-
210	PIC 9615	-	+	-	-	-	+
213	<i>P. americana</i> C2	-	-	+	-	-	-
214	Dade	+	-	-	-	-	-
217	<i>P. americana</i> T2	-	-	+	-	-	-
218	Antigua	++	-	-	-	+	+
225	Galvan	++	-	-	+	+	-
226	Orizaba 1	-	-	+	-	-	-
227	Orizaba 4	+	+	-	-	+	-
231	Maskaria 1	-	+	-	-	-	-
232	Km 145	-	+	-	-	-	-
235	<b>Orizaba 3</b>	+	+	+	+	+	-
237	Sholola	-	-	-	-	+	-
239	Gainesville	+	-	-	-	-	-
240	Amatlan	-	+	-	-	-	-
241	<i>P. nubigena</i> 1/7	+	-	-	-	+	-
242	<i>P. nubigena</i> 1/8	-	-	-	-	+	-
245	<i>P. gigantea</i>	-	+	-	-	-	-
246	<i>P. floccosa</i>	-	+	-	-	-	-
247 <sup>z</sup>	Stuart	-	-	-	-	-	-
256	No identificado	++	-	-	-	-	-

<sup>z</sup>El peor portainjerto. ++ = muy bien; + = bien; - = mala condición.



Existen actualmente grupos de investigación de diferentes países que están trabajando en la búsqueda de los mejores portainjertos, donde el germoplasma local es clave para búsqueda de portainjertos élite, sin embargo, también el importado, tal como se ha visto en Australia con la evaluación de portainjertos importados de Israel ('Ashdot 17').

El futuro es alentador ya que, en Sudáfrica, Estados Unidos de Norteamérica, México, Colombia y Australia, están por liberar nuevos portainjertos con particularidades locales y que pueden ser de uso en otros países





Ejemplo de un portainjerto élite injertado con 'Hass' que muestra buena productividad en instalaciones del Centro de Investigación La Selva de Agrosavia en Rionegro, Antioquia, Colombia.





Por otra parte, hay otros grupos de trabajo que están seleccionando portainjertos como en España (Figura), Israel, Perú, Chile, México (Figura) y Ecuador, que seguramente en un futuro no lejano también estarán liberando nuevos portainjertos.



Ensayo con aguacates clonales para determinar la resistencia a *Rosellinia necatrix* en la Estación experimental del IHSM La Mayora, Málaga, España.



Árbol que tolera condiciones adversas de suelo extremadamente arcilloso donde la huerta tiene problemas severos de inundación causando asfixia de raíces. Tronco anillado para recuperar el portainjerto en instalaciones de Huertos Don Horacio La Trinitaria, Chiapas, México.

# Variedades



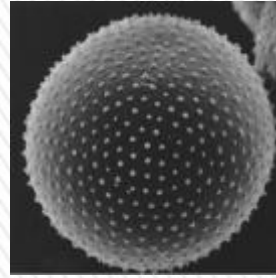
Consumo en fresco



Industria

Otros atributos

Por ejemplo: resistencia a enfermedades, donadores de polen, hábito de crecimiento, etc.



PRODUCTIVIDAD



# Características que buscar en una nueva variedad

- Calidad
- Buen comportamiento en postcosecha
- Entrada temprana a etapa productiva
- Rendimiento y su eficiencia productiva
- Tamaño del árbol y vigor
- Forma del árbol
- Época de producción
- Sin alternancia en la producción
- Concentración de la producción
- Tolerancia a temperaturas frías o cálidas
- Resistencia a plagas y enfermedades



# El mejoramiento genético para obtener nuevas variedades es difícil

Es muy heterogéneo y las progenies dan una gran variabilidad



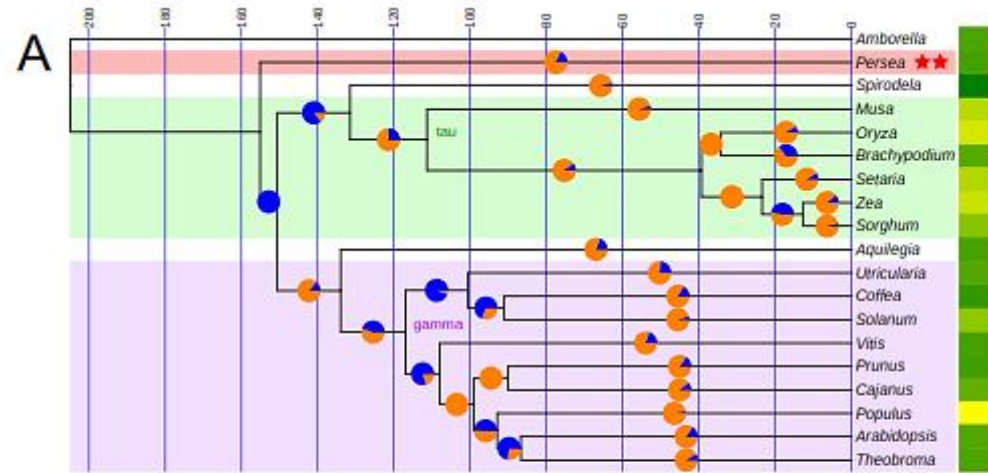
Bajo amarre de frutos, en general menor al 0.01 %, que dificulta el realizar cruza dirigidas.



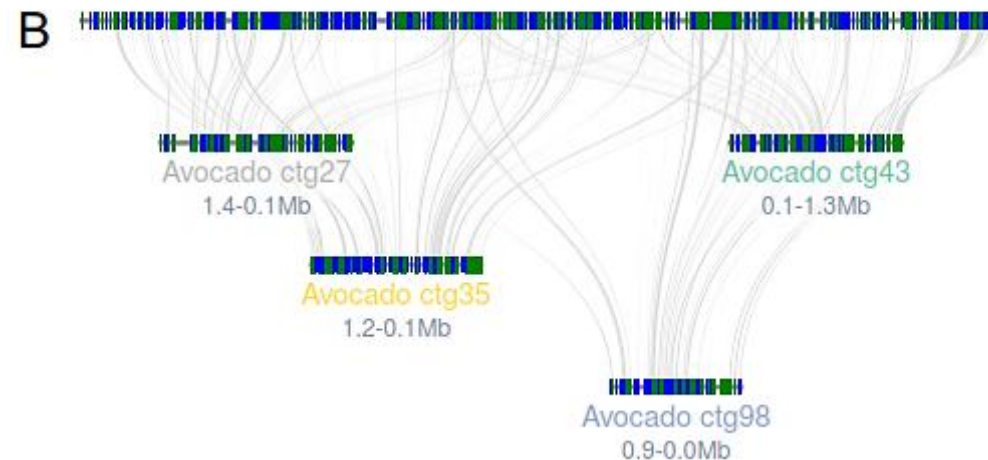
Largo periodo juvenil, que puede tardar hasta 14 años en fructificar,



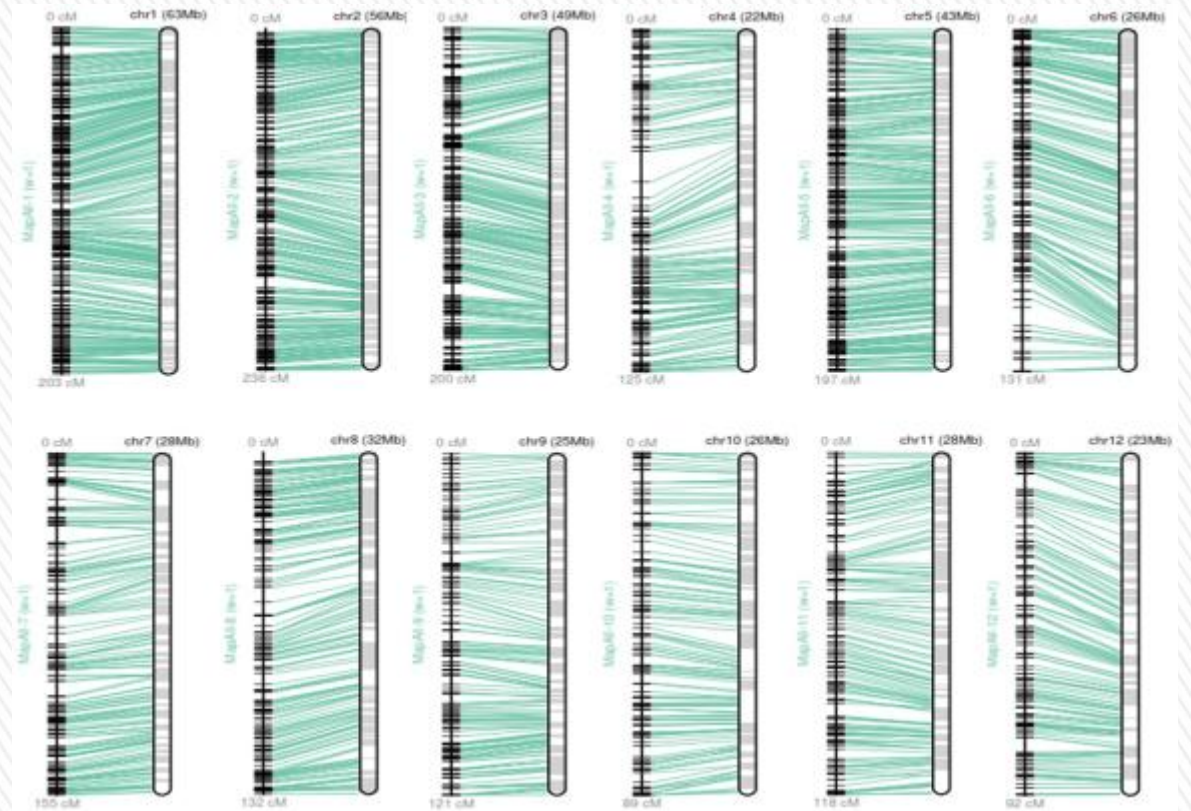
# Historial de duplicación filogenómica y de genoma completo del aguacate.



Amborella Scf10  
2.9-9.1Mb

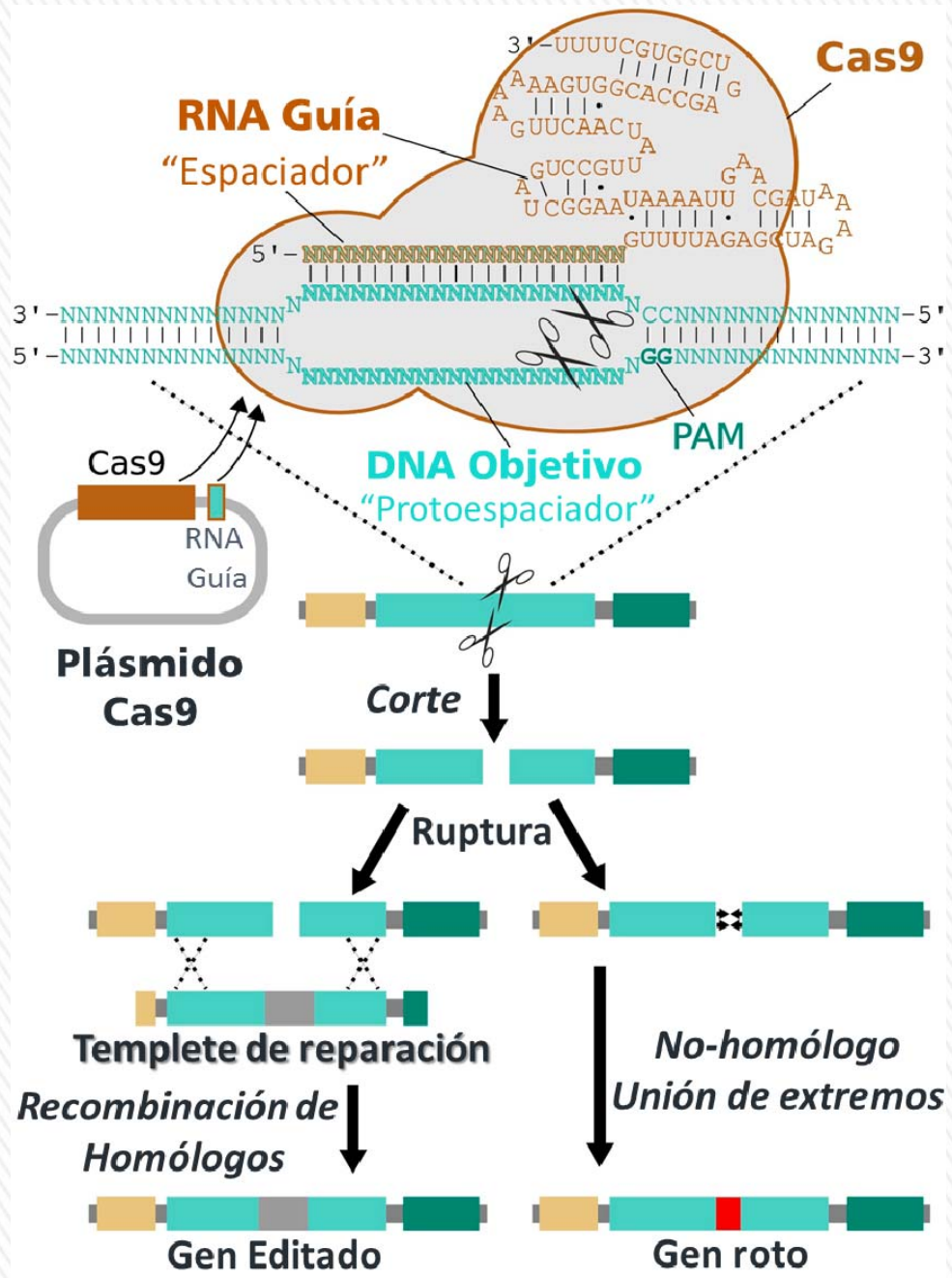


(A) tiempo dividido entre el último ancestro común del aguacate y el grupo base monocotiledónea/eudicot es inferior a 4 millones. (B) El aguacate Hass (4 bloques genómicos inferiores) muestra relaciones sinténicas intercaladas 4: 1 con *Amborella* (bloque superior).



Cromosomas anclados de aguacate donde se muestra las distancias genéticas y físicas (Rendón-Anaya et al., 2019).

Rendón-Anaya, M., Ibarra-Laclette, E., Méndez Bravo, A., Lan, T., Zheng, C., Carretero-Paulet, L. Perez-Torres, C. A., Chacón-López, A., Hernandez-Guzmán, G., Chang, T.-H., Farr, K. M., Barbazuk, B., Chamala, S., Mutwil, M., Shivhare, D., AlvarezPonce, D., Mitter, N., Hayward, A., Fletcher, S., Rozas, J., Sánchez Gracia, A., Kuhn, D., Barrientos-Priego, A. F., Salojärvi, J., Librado, P., Sankoff, D., Herrera-Estrella, A., Albert, V. A., & Herrera Estrella, L. (2019). The avocado genome informs deep angiosperm phylogeny, highlights introgressive hybridization, and reveals pathogen-influenced gene space adaptation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 116(34) 17081-17089. <https://doi.org/10.1073/pnas.1822129116>



La edición genética es una posible vía para avanzar significativamente con el mejoramiento genético del aguacate





Fruto de la colecta MV4 que se destaca por su excelente sabor, proveniente de Motozintla, Chiapas.

Dentro del germoplasma de aguacate hay genotipos que destacan por su sabor pero que no tienen la fortuna de ser de maduración de cáscara “negra”, como uno que probó en 2004 Reuben Hofshi durante una visita que realizamos junto con la Dra. Mary Lu Arpaia y el Dr. Grant Thorp en la localidad de Motozintla, Chiapas, México, donde su comentario fue “es el mejor aguacate que he probado”

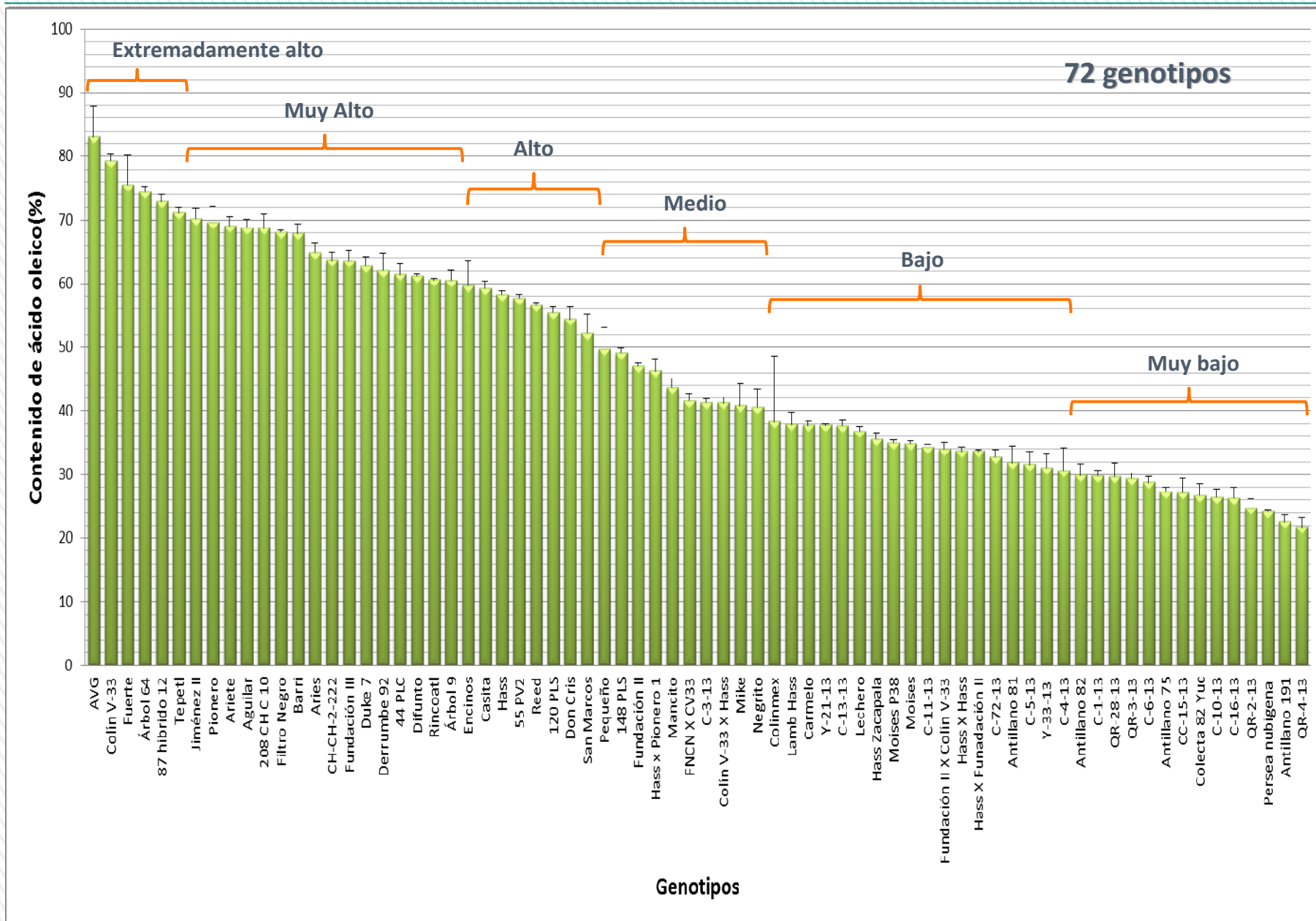


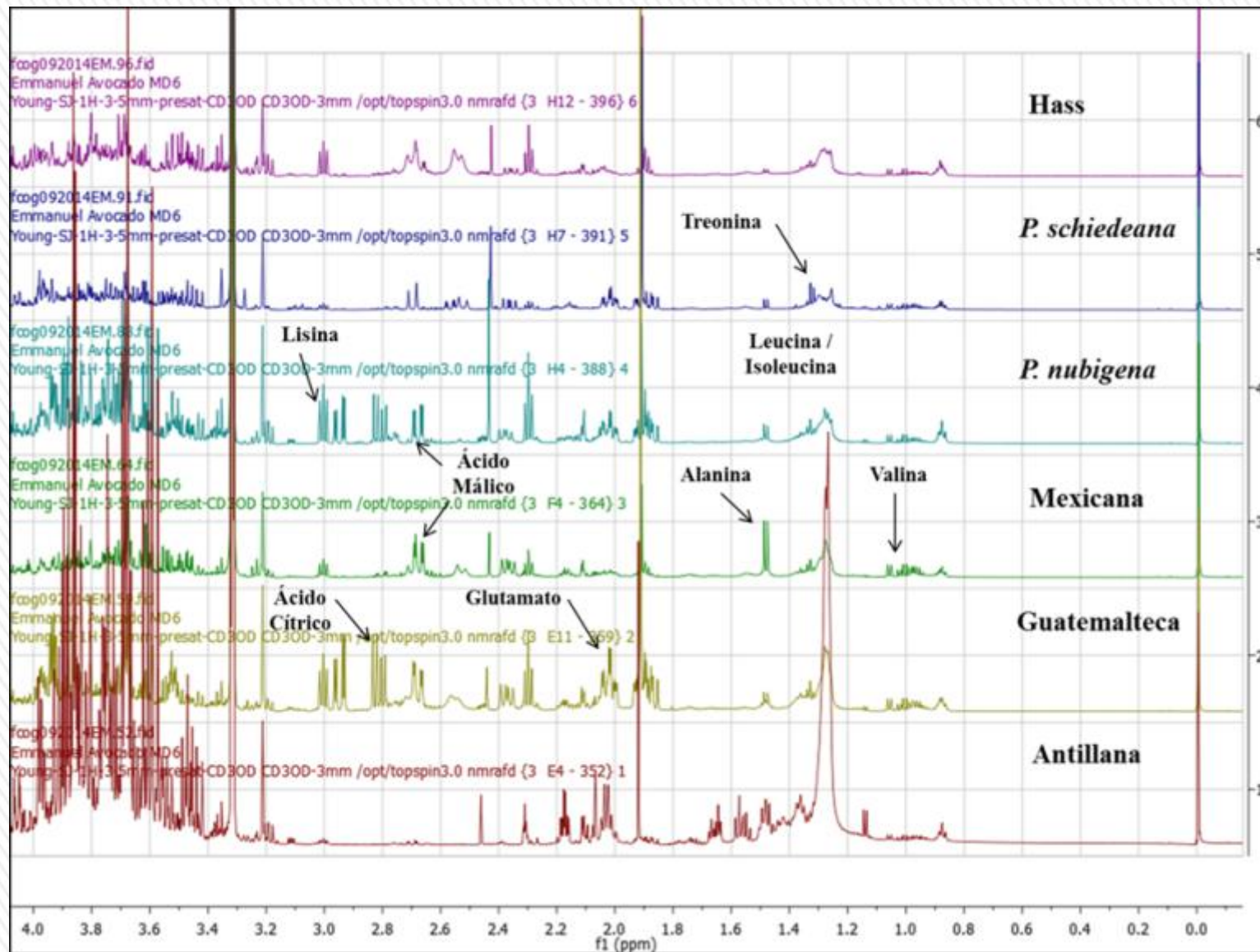
Por otra parte, no hay que descartar el uso del germoplasma para programas de mejoramiento para obtener variedades de uso industrial, tema que no se ha abordado con la suficiente visión a futuro. Hay germoplasma que contiene altos niveles de aceite, ácido oleico, tocoferol y otros compuestos como aminoácidos





# Contenido de ácido oleico en individuos de aguacate





Espectro resonancia magnética nuclear protónica de aminoácidos de pulpa de aguacate y parientes cercanos (Ibarra-Estrada, 2015).



# Tratado Internacional Sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura, Protocolo de Nagoya y Derechos de Obtentor

El tratado internacional sobre los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura. En el no está considerado el aguacate a diferencia de los cítricos y otros cultivos, por lo que no hay obligación si el país firmó el mismo.





Convention on  
Biological Diversity

Protocolo de Nagoya (extensión del Convenio sobre la Diversidad Biológica) abre una nueva etapa en la que el intercambio de los recursos genéticos, ya que exigirá que los usuarios acrediten el *status* legal de sus recursos genéticos y compartan los beneficios derivados de su utilización con los países proveedores y con las comunidades que les han facilitado el acceso a los mismos, por lo que los países que firmaron dicho tratado si deberán considerar el caso del aguacate y deben cumplir con lo estipulado en este.

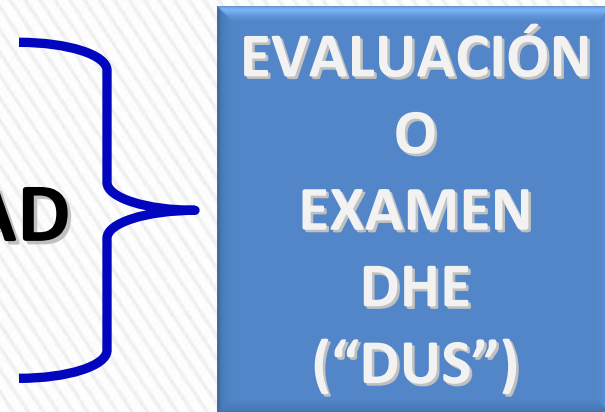


Existen varios países que son miembros de UPOV, quien da lineamientos generales de Derechos de Obtentor, su misión es *“Proveer y promocionar un sistema efectivo de protección de variedades de plantas, con el fin de alentar el desarrollo de nuevas variedades de plantas, para el beneficio de la sociedad”*. Esta protección le da al obtentor una exclusividad temporal para la explotación comercial de la variedad o portainjerto obtenido.



## Criterios a satisfacer

- **NOVEDAD**
- **DISTINCIÓN**
- **HOMOGENEIDAD**
- **ESTABILIDAD**
- **DENOMINACIÓN VARIETAL**



## Comentario final

Con lo previamente señalado y gracias a la labor incansable de investigadores, estudiantes y productores, que junto con el uso de los recursos genéticos para la obtención de portainjertos y variedades, en el futuro se podrá hacer frente a las necesidades ecológicas cambiantes e industriales que demanda el actual mundo globalizado, estamos en camino de proveer soluciones para el sector. Falta mucho por avanzar, pero con la tecnología emergente y los nuevos avances en investigación, los tiempos se acortan y las posibilidades así como soluciones crecen día con día.



# ¡GRACIAS!

**Dr. Alejandro F. Barrientos-Priego**  
**Posgrado en Horticultura**  
**Departamento de Fitotecnia**  
**Universidad Autónoma Chapingo**  
**abarrien@correo.chapingo.mx**

