

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

**ANATOMÍA DE LOS SISTEMAS DE CONDUCCIÓN DE AGUA Y
ESTOMÁTICO DE DIFERENTES GENOTIPOS DE DURAZNERO**

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

PRESENTA:

CARLOS ALBERTO NÚÑEZ COLÍN



DIRECCION GENERAL ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

CHAPINGO, MÉXICO, ABRIL DE 2004.



Instituto de Horticultura

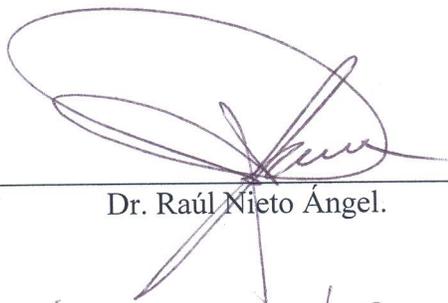
**ANATOMÍA DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA Y ESTOMÁTICA DE
DIFERENTES GENOTIPOS DE DURAZNERO**

Tesis realizada por Carlos Alberto Núñez Colín, bajo la dirección del Comité Asesor indicado,
aprobado por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA



DIRECTOR: _____
Dr. Alejandro Facundo Barrientos Priego.



ASESOR: _____
Dr. Raúl Nieto Ángel.



ASESOR: _____
Dr. Juan Enrique Rodríguez Pérez.

Chapingo, México. Abril de 2004.

DATOS BIOGRÁFICOS

El Autor de la presente tesis, Carlos Alberto Núñez Colín, Ingeniero Agrónomo especialista en Fitotecnia, es originario de la ciudad de Toluca de Lerdo, Estado de México, lugar donde nació el 15 de Abril de 1978. La educación media superior la realizó en la Preparatoria número cinco “Ángel María Garibay Kintana” dependiente de la Universidad Autónoma del Estado de México, en la misma ciudad entre los años 1993 y 1996, curso el Propedéutico de Preparatoria Agrícola en el Departamento de Preparatoria Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo entre los años 1996 y 1997, los estudios de licenciatura los llevo a cabo en el Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo entre los años 1997 y 2001. Titulándose el día 4 de Diciembre de 2001 con el trabajo de tesis titulado “Obtención de plantas a partir de estacas en verde del membrillero, durazno y tejocote mediante el uso de auxinas” obteniendo un veredicto en el examen profesional de “aprobado por unanimidad de votos con felicitación”. Desde su egreso ha asesorado 4 tesis de licenciatura y aplicado el mismo número de exámenes profesionales titulando a 4 egresados del Departamento de Fitotecnia y 2 del Departamento de Agroecología, y ha participado en diferentes investigaciones referentes a fruticultura y caracterización de especies frutales nativas de México con las que ha participado en congresos nacionales e internacionales.

AGRADECIMIENTOS.

A la Universidad Autónoma Chapingo, por brindarme la oportunidad de continuar con mi preparación académica, todos los apoyos otorgados para divulgar mis investigaciones, y cumplir con una meta más en mi vida.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico otorgado en este grado académico.

Al Dr. Alejandro Barrientos Priego, por la amistad, la confianza, la paciencia, el apoyo y los consejos brindados así como sus observaciones para la conclusión del presente trabajo.

Al Dr. Raúl Nieto Ángel, por la amistad, sus consejos y el apoyo desde hace ya algunos años para poder concluir esta etapa de mi vida y el presente trabajo.

Al Dr. Enrique Rodríguez, por las peleas y las discusiones sobre este y otros trabajos, gracias a usted pude entender muchas cosas que me servirán en un futuro académico para realizar y presentar de una mejor manera los resultados en futuras investigaciones donde participe.

Al Dr. Mario Pérez Grajales, Coordinador del Posgrado en Horticultura, por las facilidades otorgadas para mi persona dentro de la maestría.

A los profesores del Posgrado en Horticultura, en especial al Dr. Sergio Segura, Dr. Jaime Sahagún y Dr. Héctor Lozoya por sus consejos personales y profesionales tanto dentro como fuera de los cursos.

A todos mis compañeros del posgrado tanto de maestría como de doctorado, por hacer mi estancia y mis estudios más fáciles y alegres, por las parrandas, los convivios y épocas de estudio.

DEDICATORIAS

A Dios, la vida y el destino por ponerme en este camino y seguir cumpliendo mis metas.

A mis Padres Rafael y Aideé por el amor, la paciencia, la confianza y apoyo para alcanzar una meta más en mi vida, y sobre todo por poder sentir su satisfacción de mi éxito.

A mis abuelos paternos Sofía y Leopoldo y a mi abuela materna Antonia por todo el apoyo incondicional en todos sentidos que han tenido conmigo para seguir adelante en la vida.

A mis hermanos Rafael y Jimena por todo el amor y el tiempo que compartimos.

A mis tíos Ana (mi segunda madre), Alberto y Conrada donde quiera que estén y a mi tía Teresa la única tía que me queda con vida. Y a todos mis parientes conocidos por tener una familia unida.

Una dedicatoria especial al Quím. Carlos Huerta Parraguirre por la amistad otorgada en mi estancia en el Departamento de Fitotecnia de mi *alma mater* espero el milagro de su recuperación.

A la Lic. Martha Villalobos, mi psicóloga de cabecera por su amistad y consejos en mi vida.

A mis amiguísimos Paco Guerra, Fer Martínez y familias por su amistad hasta el día de hoy.

A Sara Covaleda, por todos los momentos buenos que pasamos juntos y por la amistad otorgada, espero esa amistad no se pierda. A Abril Carrera, por los momentos que me consintió, me aguantó y me quitó el estrés, lastima que nuestro caminos se hayan separado. Y a la Flaca, me dejaste con las ganas, espero entiendas ahora. Y una muy especial a Nicté gracias por hacerme sentir vivo.

CONTENIDO

INDICE DE CUADROS	viii
INDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN GENERAL	xi
GENERAL ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN GENERAL	1
OBJETIVOS	5
HIPOTESIS	6
LITERATURA CITADA	7
1 ^{er} ARTÍCULO: ANATOMÍA DE LOS SISTEMAS DE CONDUCCIÓN Y ESTOMÁTICO EN DURAZNEROS: I. SELECCIÓN DE VARIABLES PARA CARACTERIZARLO.	
RESUMEN	10
ABSTRACT	11
INTRODUCCIÓN	12
MATERIALES Y MÉTODOS	15
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	19
CONCLUSIONES	33
LITERATURA CITADA	34
2 ^o ARTICULO: ANATOMÍA DE LOS SISTEMAS DE CONDUCCIÓN Y ESTOMÁTICO EN DURAZNEROS: II. VARIABILIDAD INTER E INTRAGRUPPO	
RESUMEN	37
ABSTRACT	38

INTRODUCCIÓN	39
MATERIALES Y MÉTODOS	41
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	44
CONCLUSIONES	58
LITERATURA CITADA	59
DISCUSIÓN GENERAL	62
CONCLUSIONES GENERALES Y COMENTARIOS FINALES	65

ÍNDICE DE CUADROS

1^{er} artículo: Anatomía de los sistemas de conducción y estomático en durazneros: I. Selección de variables para caracterizarlo.

Cuadro 1	Coeficientes de correlación de pearson de las variables anatómicas de brote, hojas y estomas de cinco grupos de durazno, el portainjerto ‘nemaguard’ y un almendro	21
Cuadro 2	Resumen de la selección de variables anatómicas de brote, hojas y estomas de cinco grupos de durazno, el portainjerto ‘nemaguard y un almendro con el método por pasos (stepwise)	22
Cuadro 3	Valores propios del análisis discriminante canónico de las variables anatómicas seleccionadas de brote, hojas y estomas de cinco grupos de durazno, el portainjerto ‘nemaguard’ y un almendro	24
Cuadro 4	Estructura canónica total de características anatómicas de brote, hoja y estomas de grupos de durazno de diferentes procedencias, ‘nemaguard’ y un almendro	25
Cuadro 5	Coeficientes canónicos totales aleatorizados y estandarizados de características anatómicas de brote, hoja y estomas de grupos de durazno de diferentes procedencias, ‘Nemaguard’ y un almendro	26
Cuadro 6	Distancia Mahalanobis y probabilidad de esta de características anatómicas de brote, hoja y estomas de cinco grupos de durazno de diferentes procedencias, el portainjerto ‘Nemaguard’ y un almendro.	30
Cuadro 7	Principales características que explican las diferencias entre grupos de durazno, ‘Nemaguard’ y un almendro	31

2^o artículo: Anatomía de los sistemas de conducción y estomático en durazneros: II. Variabilidad inter e intragrupo

Cuadro 1	Estadísticos básicos de 25 variables de los grupos de durazno, el portainjerto ‘Nemaguard’ y un almendro	46
Cuadro 2	Vectores propios del Análisis en Componentes Principales de características anatómicas de brote, hoja y estomas de cinco grupos de durazno de diferentes procedencias, el portainjerto ‘Nemaguard’ y un almendro	48

Cuadro 3	Valores propios del Análisis discriminante canónico de las variables anatómicas de brote, hojas y estomas de cinco grupos de durazno, el portainjerto ‘Nemaguard y un almendro	51
Cuadro 4	Estructura canónica total del Análisis Discriminante Canónico de características anatómicas de brote, hoja y estomas de cinco grupos de durazno de diferentes procedencias, el portainjerto ‘Nemaguard’ y almendro	53
Cuadro 5	Coeficientes canónicos totales aleatorizados del Análisis Discriminante Canónico de características anatómicas de brote, hoja y estomas de cinco grupos de durazno de diferentes procedencias, el portainjerto ‘Nemaguard’ y almendro	54
Cuadro 6	Probabilidades y distancias de Mahalanobis de características anatómicas de brote, hoja y estomas en cinco grupos de durazno de diferentes procedencias, el portainjerto ‘Nemaguard’ y almendro	57

INDICE DE FIGURAS

1 ^{er} artículo: Anatomía de los sistemas de conducción y estomático en durazneros: I. Selección de variables para caracterizarlo.		
Figura 1	Distribución de los genotipos de Durazno y Almendro en el primer plan factorial del análisis discriminante canónico, de acuerdo a las características anatómicas seleccionadas de brote, hoja y estomas	27
Figura 2	Características anatómicas de cinco grupos de duraznos de diferentes procedencias de México, el portainjerto ‘Nemaguard’ y un almendro. Medias mas menos error de estándar. Letras iguales significa que no existen diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$	32
2 ^o artículo: Anatomía de los sistemas de conducción y estomático en durazneros: II. Variabilidad inter e intragrupo		
Figura 1	Cortes anatómicos de brote, vena central y replicas de estomas de diferentes grupos de duraznos de diferentes procedencias, ‘Nemaguard’ y un almendro español	45
Figura 2	Dispersión de los genotipos de durazno en el primer plan factorial de los dos primeros componentes principales del Análisis en Componentes Principales con características anatómicas de brote, hoja y estomas	49
Figura 3	Variabilidad intragrupo del Análisis en Componentes Principales de cinco grupos de duraznos de diversas procedencias, el portainjerto ‘Nemaguard’ y un almendro, considerando características de brote, hoja y estomas. Distancia euclidiana cuadrada promedio de los individuos con respecto a su centroide \pm error estándar	50
Figura 4	Dispersión de los cinco grupos de durazno, ‘Nemaguard’ y almendro en el primer plan factorial de las dos primeras funciones canónicas del Análisis Discriminante Canónico, derivadas de características anatómicas de brote, hojas y estomas	56

ANATOMÍA DE LOS SISTEMAS DE CONDUCCIÓN DE AGUA Y ESTOMÁTICO DE DIFERENTES GENOTIPOS DE DURAZNERO

RESUMEN GENERAL.

La caracterización anatómica de los sistemas de conducción de agua y estomático tiene como finalidad la identificación de cultivares, el análisis de la diversidad genética y la identificación de parámetros de selección temprana en un programa de mejoramiento de portainjertos. Los objetivos de la presente investigación fue identificar algunas variables discriminantes para caracterizar dichos sistemas y estudiar su variabilidad en cinco grupos de durazneros de diferente procedencia de México, el portainjerto ‘Nemaguard’ y un almendro. Las variables para discriminar orígenes fueron: longitud de estomas, densidad estomática, grosor de la lámina, la epidermis superior e inferior de la hoja, área y diámetro medio de los elementos de vaso del xilema en la vena central, porcentaje de xilema y floema, frecuencia de vasos, área y diámetro Feret medio de los elementos de vaso y la conductividad relativa del brote. Las características de los grupos indicaron que los provenientes de Jalatzingo y ‘Nemaguard’ presentaron caracteres que podrían conferir susceptibilidad a sequía (alto porcentaje de xilema, diámetros reducidos de vasos y alta densidad estomática). En contraste los grupos de Tulancingo y Sombrerete al poseer características opuestas pueden asociarse con mayor tolerancia a este factor, sin embargo son, probablemente, los más susceptibles a cavitarse o sufrir embolismo bajo sequías prolongadas. La variación dentro de grupos, fue mayor en almendro, probablemente por su sistema de reproducción (alógama). El portainjerto ‘Nemaguard’ presentó altas variaciones explicado por su linaje con *Prunus davidiana* (Carr.) Franch.

Palabras clave: *Prunus persica* (L.) Batsch, recursos fitogenéticos, parámetros de selección a estrés hídrico.

ANATOMY OF THE WATER CONDUCTION AND STOMATAL SYSTEMS OF DIFFERENT PEACH TREE GENOTYPES

GENERAL ABSTRACT

The anatomical characterization of water conduction and stomatal systems aims to identify cultivars, analyze genetic diversity, and detect indicators of early selection in a rootstock breeding program. The objective of this research was to find the most discriminant variables for the characterization of the existing anatomical diversity in five groups of local Mexican peach trees, 'Nemaguard' rootstock, and an almond tree. The best variables to discriminate origins were: stoma length, stomata density, leaf width, superior and inferior leaf epidermis width, mean area and diameter of the xylem vessels in the central vein, percentage of xylem and phloem, vessel frequency, mean area and Feret diameter of the cross section of the shoot, and the relative conductivity of the shoot. With respect to the characteristics of the studied groups those peach tree native to Jalatzingo and 'Nemaguard' presented characters that could confer susceptibility to drought (high xylem percentage, reduced diameters of vessels and high stomata density). In contrast the groups native to Tulancingo and Sombrerete when possessing opposed characteristics can associate with more tolerance to this factor, but were probably the most susceptible to cavitation or embolism during long droughts. The variation inside groups, was bigger in almond tree, probably for its reproduction system (alogama). The 'Nemaguard' rootstock had also high variations explained by its *Prunus davidiana* (Carr.) Franch lineage.

Keywords: *Prunus persica* (L.) Batsch, plant genetic resources, selection parameters to water stress.

INTRODUCCIÓN GENERAL

Normalmente el establecimiento de las huertas frutícolas a nivel comercial es en suelos de fertilidad normal o alta y con disponibilidad de riego; sin embargo estas tierras son cada vez más limitadas (Sánchez, 1986) ya que compiten fuertemente con cultivos de alimentos básicos, por lo que frecuentemente son desplazadas a suelos que presentan características edáficas adversas para su desarrollo, como lo son suelos alcalinos, ácidos, calcáreos, sódicos, delgados, tepetatosos, de manto freático alto, sin riego (de secano), y cuando existe riego el agua puede contener altas concentraciones de sales, etc. (Barrientos, 1998). Lo anterior obliga al uso de portainjertos adaptados a dichas condiciones.

Los actuales cultivares de duraznero (*Prunus persica* (L.) Batsch) son en su mayoría altamente homocigóticos, debido a que se trata de una especie autógena, generalmente autofecundados por muchas generaciones (Ryugo, 1993). De aquí que la progenie derivada de estos cultivares son poblaciones con características de planta y fruto muy similares a sus progenitores. A diferencia del caso anterior, el almendro (*P. dulcis* (L.) Batsch) generalmente presentan autoincompatibilidad, ya que al ser alógama obligada existe una gran heterogeneidad dentro de las poblaciones.

El cultivo del duraznero se realiza con mayor éxito en climas con veranos cálidos e inviernos moderadamente fríos con requerimientos de frío invernal para salir de reposo desde 100 a 1000 horas frío (Morales, 1991)

Ha sido demostrado que en duraznero el exceso de agua en el suelo causa daños serios a las raíces, lo que se traduce en baja producción y hasta la muerte de los árboles, y en términos

generales no acepta excesiva humedad en el tallo (Hesse, 1993), por lo que requiere de terrenos perfectamente drenados. De ser cultivado en tierras de secano e injertadas sobre pie franco, al sufrir la más ligera sequía es muy sensible a la gomosis. Aunque el duraznero tiene ciertas dificultades en su cultivo respecto al contenido químico del suelo, a la humedad y a la sequía, el empleo de portainjertos adecuados, permite su cultivo en toda clase de suelos y la obtención de regulares y abundantes cosechas (Juscafresa, 1978).

El concepto de sequía desde el punto de vista agrícola está ligado a las necesidades de un cultivo en particular, en general ésta se define como la condición de insuficiente agua disponible para el desarrollo del cultivo; de tal forma esta definición y el impacto de esta condición cambian dependiendo del cultivo al que se hace referencia y su estado fenológico. Lo que refleja no solo las variaciones climáticas, sino las edáficas e historia del cultivo con respecto a su régimen hídrico (Barrientos, 1998).

De acuerdo a lo anterior la tolerancia a sequía se relaciona con distintos mecanismos que permiten a las plantas sobrevivir a periodos de tensión hídrica ambiental o están capacitadas para desarrollar y producir mejor bajo condiciones de sequía (Sánchez, 1986).

Algunos caracteres del xilema y el floema, como el diámetro de los elementos de vaso del xilema, en aguacate (*Persea americana* Mill.), asocian su desarrollo con la disponibilidad de agua que ocurre durante el crecimiento de la planta (Reyes, 2002). En una interpretación ecológica, las correlaciones de caracteres anatómicos de madera y corteza, probablemente fijados en el genotipo, es con base a preferencias ecológicas o requerimientos relacionados con el hábitat en el que se desarrollan (Bass, 1982).

La cavitación y las embolias son frecuentes en condiciones de estrés hídrico, congelación e infección de algunos patógenos; así como al déficit hídrico asociado a tasas elevadas de transpiración y altas tensiones xilemáticas, especialmente en hojas y ramas pequeñas. Aparentemente, diminutas burbujas de aire se filtran a través de las finas membranas de las punteaduras que separan un conducto embolizado del contiguo. Las burbujas actúan como origen y núcleos de una ulterior cavitación y cuanto más grande sean los poros de las membranas más probables es la formación de burbujas. El tamaño de los poros se asocia al tamaño de los vasos, de tal manera que, aunque el flujo de agua es más fácil y rápido a través de conductos anchos, existe mayor riesgo de cavitación. Por lo que el déficit hídrico es la principal causa de embolias durante el crecimiento de la planta (Sánchez-Díaz y Agurreolea, 2000)

Las plantas han adquirido diversas adaptaciones para contrarrestar o disminuir cavitaciones o embolias, las cuales se clasifican en tres grupos, los cuales son:

- Por su balance hídrico. El balance hídrico de las plantas son las relaciones hídricas que se pueden considerar bajo el prisma de un presupuesto, en el cual este balance está controlado por la intensidad relativa de absorción y pérdida de agua. De acuerdo con el hábitat y las características funcionales de la planta, es posible distinguir dos tipos de balance hídrico: plantas hidroestables y plantas hidroábiles. Las hidroestables son aquellas que mantienen un contenido hídrico favorable, varían muy poco su balance hídrico durante el día, los estomas responden con gran sensibilidad a la falta de agua, y los sistemas radicales son, en general, extensos y eficaces; así las fluctuaciones diarias y estacionales de los potenciales hídrico y osmótico son reducidos. Las plantas hidroábiles toleran la pérdida de agua con el consiguiente aumento en la concentración de jugo celular, por lo que pueden tolerar grandes fluctuaciones en el potencial hídrico, así como marchitez temporal. La

recuperación de estas situaciones adversas es rápida, gracias a su elevada relación raíz/parte aérea y a la eficiencia de los sistemas de transporte de agua (Sánchez-Díaz y Aguirreolea, 2000).

- Morfológicas. Las características morfológicas y anatómicas más importantes que favorecen la resistencia a sequía son: tamaño reducido de brotes (enanismo) aumento del sistema radical y reducción del tamaño de células de la hoja; lo anterior ocasiona la presencia de laminas segmentadas, pequeñas o gruesas, alta densidad y tamaño reducido de estomas, isletas venosas más pequeñas ; mayor densidad de tricomas, en el caso de haber superficies pubescentes; paredes celulares más gruesas así como las cutículas, con más lípidos en la superficie de transpiración, el tejido de empalizada del mesófilo con menor desarrollo, el tejido esponjoso (mesófilo) menos desarrollado, paredes epidérmicas menos sinuosas, espacios intracelulares más pequeños, células del xilema más pequeñas, pero con una mayor proporción de tejidos endurecidos y lignificados (López-Torres, 1995).

- Fisiológicas. Las características fisiológicas más importantes que pueden aumentar la resistencia a sequía son: la tasa de transpiración más rápida por unidad de área, aún cuando la transpiración neta por planta puede disminuir, la tasa fotosintética es más rápida por unidad de área, menor concentración de almidón con relación en la proporción de azúcares, menor viscosidad y mayor permeabilidad protoplasmática, menor potencial osmótico y mayor resistencia a marchitez, precocidad a la floración y fructificación, mayor porcentaje de agua por unidad de peso de tejidos y mayor longevidad (López-Torres, 1995).

Genotipos con distinta procedencia de México presentan diferente comportamiento bajo condiciones hídricas adversas, por lo que es posible aprovechar esta variabilidad para desarrollar portainjertos para duraznero con características deseables de adaptación a dichas condiciones. Por ello, se requiere investigar diversas características, entre ellas algunas anatómicas relacionadas

con los sistemas de conducción y estomático; ya que se ha demostrado teórica y experimentalmente que la eficiencia en la conductividad de un sistema de transporte de agua está relacionada con el diámetro de elemento de vasos, es decir, vasos de mayor tamaño presentan mayor susceptibilidad a presentar disfunciones, comparados con los de menor tamaño (Reyes, 2002; Sánchez-Díaz y Aguirreolea, 2000). Por otra parte caracteres morfológicos asociados a los estomas pueden servir también como indicadores de selección, debido a que al regular el intercambio de gases de la parte aérea influye directamente en el comportamiento del sistema de conducción (Sánchez-Díaz y Aguirreolea, 2000).

Por lo anterior, el conocimiento de estas relaciones y la identificación de caracteres morfológicos y anatómicos afectan en mayor medida dichas relaciones, lo que permitirá la implementación de métodos de selección temprana orientada a la obtención de portainjertos con resistencia tanto a déficit como a excesos de humedad edáfica. Por lo que se plantearon los siguientes objetivos e hipótesis.

OBJETIVOS

- Evaluar, identificar y seleccionar algunas características de los sistemas de conducción de agua y estomático que nos permitan caracterizar a los grupos evaluados y relacionarlo con las condiciones climatológicas de su lugar de origen, para probablemente obtener indicadores de selección hacia resistencia o tolerancia a condiciones hídricas adversas.
- Evaluar la variabilidad de dichos sistemas dentro y entre grupos para poder explicar de mejor manera su comportamiento de acuerdo a las condiciones climatológicas de su lugar de origen y explicar los posibles cambios morfológicos y anatómicos sufridos por el genotipo de acuerdo a su lugar de origen.

- Evaluar las posibilidades de los genotipos locales de México como portainjertos a condiciones adversas de sequía comparado con ‘Nemaguard’ y el almendro (*Prunus dulcis* (L.) Batsch), utilizados normalmente como portainjertos a nivel mundial.

HIPÓTESIS

- Algunas características del sistema de conducción del almendro, normalmente portainjerto para zonas de sequía (Kester y Grasselly, 1987) será parecido al de los genotipos de zonas secas de México, en tanto que ‘Nemaguard’ reportado de medianamente susceptible a susceptible a sequía (Layne, 1987; Duran–Torrallardona, 1993) tendrá de un comportamiento de bajo a intermedio.
- Los genotipos provenientes de zonas con presencia de déficit de humedad, tendrán menor diámetro de vasos, mayor densidad y menor longitud de estomas que aquellos que provienen de zonas húmedas, debido a que esta situación sucede en aguacate (*Persea americana* Mill.) (Reyes, 2002).
- La variabilidad dentro de los grupos será mayor en almendro y ‘Nemaguard’ debido a que el primero es alógamo (Ryugo, 1993) y el segundo es un híbrido entre durazno y *Prunus davidiana* (Carr.) Franch.

LITERATURA CITADA

- BASS, P. 1982. Systematic phylogenetic and ecological wood anatomy: history and perspective. pp. 23-58. *In: New Perspective in Wood Anatomy*. Bass, P. (ed.). Martinus Nijhoff, Amsterdam, Netherlands.
- BARRIENTOS PRIEGO, A. F. 1998. Algunos aspectos fisiológicos en plantas de aguacatero bajo condiciones de sequía. Tesis Doctoral. Instituto de Recursos Genéticos y Productividad Especialidad en Fisiología Vegetal, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, México. 122 p.
- DURÁN-TORRALLARDONA, S. 1993. Melocotoneros, Nectarinas y Pavias: Portainjertos y Variedades. Editorial Fundación Caixa. Barcelona, España. pp.15-20.
- HESSE, C. O. 1993. Duraznos. pp. 359-424. *In: Avances en la Genotecnia de Frutales*. N. Moore y J. Janick (eds.). Traducido por J. Rodríguez Alcázar. AGT Editor. D. F., México.
- JUSCAFRESA SERRAT, B. 1978. Árboles Frutales. Cultivo y Explotación Comercial. Sexta edición. Editorial AEDOS. Barcelona, España. pp. 125-155.
- KESTER, D. E.; GRASSELLY, C. 1987. Almond rootstocks. pp. 265-293. *In: Rootstocks for Fruit Crops*. Rom, R. C.; Carlson, R. F. (eds.). John Wiley & Sons. New York, USA.
- LAYNE, R. E. C. 1987. Peach rootstocks. pp. 185-216. *In: Rootstocks for Fruit Crops*. Rom, R. C.; Carlson, R. F. (eds.). John Wiley & Sons. New York, USA.

LÓPEZ-TORRES, M. 1995. Resistencia de las Plantas. Editorial Trillas. D. F., México. pp. 9-19

MORALES VARELA, M. A. 1991. Evaluación de trece cultivares y selecciones de durazno en Chapingo, México. Tesis Profesional. Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 84 p.

REYES SANTAMARÍA, I. 2002. Anatomía del sistema de conducción de agua y respuesta fisiológica de aguacatero (*Persea americana* Mill) en condiciones limitantes de humedad. Tesis Doctoral. Instituto de Recursos Genéticos y Productividad Especialidad en Fisiología Vegetal, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, México. 94 p.

RYUGO, K. 1993. Fruticultura Ciencia y Arte. 1ª edición en español. Traducido por J. Rodríguez-Alcázar. AGT Editor. México, D. F. pp. 347-351.

SÁNCHEZ-DÍAZ, M; AGUIRREOLEA, J. 2000. Transporte de agua y balance hídrico en la planta. pp. 45-64. *In*: Fundamentos de Fisiología Vegetal. Azcon-Bieto, J.; Talón, M. (eds.) McGraw-Hill Interamericana. Barcelona, España.

SÁNCHEZ LOERA, S. 1986. Estudio de adaptaciones a sequía del durazno y selección de tipos sobresalientes. Tesis profesional. Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 76 p.

ANATOMÍA DE LOS SISTEMAS DE CONDUCCIÓN Y ESTOMÁTICO EN DURAZNEROS: I. SELECCIÓN DE VARIABLES PARA SU CARACTERIZACIÓN.

C. A. Núñez-Colín¹; J. E. Rodríguez-Pérez²; R. Nieto-Ángel²; A. F. Barrientos-Priego².

¹Parte de la tesis del primer autor, Programa de Maestría en Ciencias en Horticultura, Instituto de Horticultura; Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México, México. 56230.

²Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México, México 56230.

RESUMEN

La selección de variables permite una mejor discriminación de grupos para explicar la variación existente y caracterizar los sistemas de conducción de agua y estomático y relacionarlos con las condiciones de su lugar de origen. Esta investigación tuvo como propósito seleccionar las variables anatómicas de brote, hoja y estomáticas más apropiadas para explicar dicha variación en cinco grupos de duraznero adaptados a diferentes zonas de México, el portainjerto ‘Nemaguard’ y un almendro español. Mediante un análisis discriminante de variables (Stepwise) existieron 13 variables importantes para explicar la variabilidad anatómica en duraznero que fueron: longitud del estoma, densidad estomática, grosor de la lámina foliar, grosor de epidermis superior e inferior de la lamina foliar, área y diámetro de vasos en la vena central de la hoja, porcentaje del xilema y el floema en el brote, frecuencia de vasos en brote, área y diámetro Feret de vasos del brote y la conductividad relativa del brote. De acuerdo con un análisis discriminante canónico y la distancia Mahalanobis, el genotipo de Jalatzingo (Veracruz) presenta características anatómicas similares a ‘Nemaguard’, todos los demás grupos presentaron diferencias entre si, por lo que estas variables permiten una mejor discriminación de los grupos de duraznero y almendro estudiados.

Palabras clave: *Prunus persica* (L.) Batsch, *P. dulcis* (L.) Batsch, discriminación de genotipos, discriminación por orígenes.

ANATOMY OF WATER CONDUCTION AND STOMATAL SYSTEMS IN PEACH TREES. I. SELECTION OF VARIABLES TO THEIR CHARACTERIZATION

ABSTRACT

Selection of variables allows a better groups discrimination to explain the existent variability and characterize a water conduction and stomatal systems and to relate with the conditions of origin place. This research had as objective to select the anatomical variables of shoot, leaf and stomata more appropriate to explain this existent variation in five peach groups adapted to diverse areas of Mexico, the 'Nemaguard' rootstock, and a Spanish almond. Mean Discriminant variable analysis (Stepwise) 13 important variables existed to explain the anatomical variability in peach that they were: stoma length, stomata density, leaf width, superior and inferior leaf epidermis width, area and diameter of vessels in the leaf central vein, percentage of xylem and phloem in the shoot, vessels frequency in shoot, area and Feret diameter of vessels of the shoot, and the relative conductivity of the shoot. Agreement to canonical discriminant analysis the genotype of Jalatzingo (Veracruz) presents similar anatomical characters to 'Nemaguard', other all groups presents differences between them, to this variables allows a best group discrimination to peach tree and almond trees were studied.

Keywords: *Prunus persica* (L.) Batsch, *P. dulcis* (L.) Batsch, genotypes discrimination, discrimination to origins.

INTRODUCCIÓN

La supervivencia de las plantas terrestres depende de que la cantidad necesaria de agua sea absorbida por el sistema radical y ascienda a través del tallo y ramas, para remplazar la pérdida por transpiración en las hojas. Además, el sistema a través del cual se mueve el agua permite una tasa de transporte relativamente rápida. La difusión del agua de una célula a otra a lo largo de un gradiente decreciente de potencial hídrico, es un proceso demasiado lento para suministrar agua suficiente a la parte superior en la mayoría de las plantas terrestres y, en realidad, la existencia de la flora terrestre, depende de la evolución de un sistema vascular conductor de agua (Sánchez-Díaz y Aguirreolea, 2000).

El sistema vascular de las plantas lo constituyen el xilema, principal tejido conductor de agua y el floema tejido conductor de sustancias elaboradas. La función del xilema secundario consiste en la conducción de agua y minerales, además de suministrar soporte mecánico. El xilema es estructuralmente un tejido complejo ya que está constituido de diferentes clases o tipos de células vivas y no vivas. Los principales tipos de células del xilema secundario son los elementos de vaso, cuya función es la conducción del agua; fibras que sirven para dar soporte a la planta y células parenquimatosas vivas relacionadas con varias actividades vitales. Los elementos de vasos, cuya principal función es la conducción del agua y de las sustancias disueltas, son células alargadas, muertas en la madurez, de paredes lignificadas y de una variedad de punteaduras y/o placas de perforación (Esau, 1985).

Se llama vaso a la serie longitudinal de elementos de vaso conectado entre sí a través de sus placas de perforación. En angiospermas el agua se mueve principalmente a través de éstos. Los vasos pueden tener varios metros de longitud y oscilan dependiendo de la especie entre 20 y 500

μm de diámetro (Zimmermann, 1983). Los vasos se extienden hacia las raíces y hojas, donde se ramifican repetidamente (Sánchez-Díaz y Aguirreolea, 2000).

El xilema y el floema secundario de las especies se han interpretado desde una perspectiva evolutiva o ecológica. En el caso de la interpretación ecológica, se trata de estudiar las correlaciones de caracteres anatómicos de la madera y corteza, presumiblemente fijados genéticamente, con preferencias ecológicas o requerimientos relacionados con el hábitat en el que se desarrollan (Baas, 1982). Diversos estudios han demostrado que algunos caracteres de la madera, principalmente el diámetro de los elementos de vaso, se correlacionan con factores ambientales en el que se desarrolla la planta (Reyes-Santamaría *et al.*, 2002).

En general el diámetro del vaso se ha relacionado con la conducción de agua; cualquier cambio, aunque sea mínimo, puede tener efecto en la conductividad (Baas, 1986). Teórica y experimentalmente se ha demostrado que la eficiencia en la conductividad de un sistema de conducción está altamente relacionado con el diámetro de sus elementos; de tal manera que si un conducto presenta el doble de diámetro que otro, tendrá una conductividad hidráulica dieciséis veces superior. Sin embargo, también se ha sugerido que los vasos de los sistemas conductores con diámetros muy grandes son más susceptibles a presentar alguna disfunción, como cavitación o embolismo, comparado con aquellos que presentan vasos con diámetros más pequeños (Reyes-Santamaría *et al.*, 2002)

La cavitación y las embolias son frecuentes en condiciones de estrés hídrico, congelación e infección de algunos patógenos. El déficit hídrico asociado a tasas elevadas de transpiración y

altas tensiones xilemáticas, especialmente en hojas y ramas pequeñas. Aparentemente, diminutas burbujas de aire se filtran a través de las finas membranas de las punteaduras que separan un conducto embolizado del contiguo. Las burbujas actúan como origen y núcleos de una ulterior cavitación y cuanto más grande sean los poros más probables es la formación de burbujas. El tamaño de los poros se relaciona con el diámetro de los vasos, de tal manera que, aunque el flujo de agua es más fácil y rápido a través de conductos anchos, existe sin embargo mayor riesgo de cavitación. El desarrollo de déficit hídrico durante el día es la principal causa de embolia durante la época de crecimiento de la planta. (Sánchez-Díaz y Aguirreolea, 2000).

Según el hábitat y las características funcionales de la planta, es posible distinguir dos tipos de balances hídricos: plantas hidroestables y plantas hidroábiles. Las plantas hidroestables son aquellas que mantienen un contenido hídrico favorable, variando muy poco su balance hídrico durante el día. Sus estomas responden con gran sensibilidad a la falta de agua, y los sistemas radicales son, en general, extensos y eficientes, las fluctuaciones diarias y estacionales en el potencial osmótico y en el potencial hídrico son reducidas. Las plantas hidroábiles toleran la pérdida de agua con el consiguiente aumento en la concentración de jugo celular. Tales plantas pueden tolerar grandes fluctuaciones en el potencial hídrico así como marchitez temporal. La recuperación de estas situaciones adversa es rápida, gracias a su elevada relación raíz/parte aérea y a la eficiencia de los sistemas de transporte de agua (Sánchez-Díaz y Aguirreolea, 2000).

Se ha demostrado que algunas características de xilema y floema, como el diámetro de los elementos de vaso al xilema en el caso de aguacate (*Persea americana* Mill), son afectados por las condiciones ambientales en que ocurre el desarrollo de la planta (Reyes-Santamaría *et al.*, 2002). Por otra parte, al considerar la existencia de variabilidad genética en condiciones en caracteres

anatómicos de madera y corteza, estos pueden ser sujetos de selección natural de acuerdo con las condiciones del hábitat que se desarrolla la especie (Baas, 1982); así, es de suponerse que esta selección ha originado adaptaciones de diversos tipos, entre ellas anatómicas que permite el desarrollo de las plantas en condiciones particulares, por lo que grupos de diferentes áreas de adaptación ecológica puedan presentar diferencias importantes en dichos caracteres.

De acuerdo con lo anterior, la importancia de detectar las relaciones entre la anatomía de genotipos con su lugar de origen, pueden ser aprovechado, en el caso de duraznero, en al menos dos situaciones, la primera en la identificación de caracteres que permiten la selección indirecta hacia adaptaciones específicas como sequía o exceso de humedad, y en segundo término, para que con base a la variación genética de algunos caracteres sea posible la caracterización adecuada del Germoplasma.

Para cumplir con estos objetivos, se han propuesto procedimientos estadísticos para la selección de variables, que pueden dar lugar a cierta guía a los investigadores que estén deseando seleccionar un subconjunto de variables medidas debido a su patrón de variabilidad para usarlas con fines de discriminación de individuos. Sin embargo estos procedimientos seleccionan variables, no suelen evaluar la bondad con la cual las variables seleccionadas en realidad discriminarán. Para ver lo bien que discriminarán en realidad hay que realizar un análisis discriminante canónico (Johnson, 1998).

La presente investigación pretende mediante un análisis discriminante de variables y un análisis de correlación establecer características anatómicas que permitan una máxima discriminación

entre plantas de durazneros de diversas partes de México, el portainjerto ‘Nemaguard’ y un almendro español.

También pretende caracterizar con dichas variables los sistemas de conducción de agua y estomática de cinco genotipos de durazneros de diversas partes de México, el portainjerto ‘Nemaguard’ y un almendro español y relacionarlo con su lugar de origen.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal.

Se evaluaron cuatro grupos de durazno y uno de almendro que se obtuvieron a partir de semilla de poblaciones de durazno “criollo” proveniente de Temascaltepec (Estado de México); Misantla (Veracruz); Sombrerete (Zacatecas) y Tulancingo (Oaxaca), y de una población de almendro (*Prunus dulcis* (L.) Batsch) proveniente del banco nacional de Germoplasma en España de aproximadamente 6 meses de edad. También se evaluaron plantas obtenidas en viveros de la misma edad, obtenidas a partir de semillas de una población “criolla”, originaria de Jalatzingo (Veracruz) y otra del portainjerto ‘Nemaguard’; todos ellos establecidos en bolsas individuales con un sustrato homogéneo de tierra de monte y arena en proporción 1:1.

Obtención de muestras.

Se evaluaron cinco plantas de cada grupo a las cuales se obtuvo una impresión con silicón para huellas dentales (exactodent[®]) en la cuarta hoja completamente extendida (primera hoja madura a partir del ápice), a partir de esta impresión se obtuvo una impresión positiva mediante barniz de uñas y después se fijó en un porta y cubre objeto para evaluar los caracteres de estomas. Se colectó el cuarto nudo y la quinta hoja completamente extendida, las que se fijaron en una

solución FAA (50 % etanol 96° + 5 % ácido acético glacial +10 % Formaldehído 40 % de pureza + 35 % agua), posteriormente se procesaron en un cambiador automático de tejidos (Tissuematon Fisher) con cellosolve y xileno, para transferirse a parafina (55 °C) donde permaneció 72 horas dentro de una estufa. Se elaboró el taquete y pirámide de parafina de acuerdo con Sass (1968) en un micrótopo rotatorio (American Optical modelo 820) se realizaron cortes transversales con grosor de 10 µm, en porta y cubre objetos mediante adhesivo Haup y formol al 10 % y su tinción se realizó con safranina y verde fijo para después ser montados (Sass, 1968).

Caracteres evaluados.

Estomas. A partir de diez campos (40x de objetivo y 10x de ocular) por impresión se determinó: el número de estomas por mm⁻²; la longitud de estomas (10⁻² mm), en el que se cuantificó a tres estomas por campo, en un microscopio marca Leica modelo Galen III con una adaptación de una cámara digital marca Leica modelo ET- 8800N conectado a una tarjeta de captura de imágenes GrabIT Pro para su digitalización.

Cortes transversales de hoja y brote. En el caso de los cortes transversales de brote se cuantificó en ocho campos por planta en base al trabajo de Sperry y Saliendra (1994) con conteos cada 90°, se decidió hacer conteos cada 45° para obtener: el número de vasos por mm⁻², el diámetro tangencial del vaso (10⁻² mm), área, perímetro y diámetro Feret $((4 \cdot \text{área} / \pi)^{1/2})$, a 40x de objetivo y 10x de ocular con el mismo equipo indicado anteriormente. El área y el porcentaje que cubre el xilema, floema, corteza y médula, a 2x de objetivo y 2.5x de ocular en un microscopio estereoscópico Iroscope modelo SDZ-TPLID con una adaptación a la cámara digital antes mencionada.

Se obtuvo la conductividad relativa del brote, mediante la fórmula Poiseuille modificada por Fahh *et al.* (1986). $CR = (R^4) / (FRE)$; donde: CR es la conductividad relativa, R es el radio del vaso y FRE es el número de vasos·mm⁻². También se calculó el índice de vulnerabilidad de Carlquist (1977) $V = DV / FRE$; donde V es la vulnerabilidad, DV es el diámetro del vaso y FRE es el número de vasos·mm⁻².

En cortes de hojas se evaluó el grosor de la lámina (10⁻² mm), el grosor de la epidermis superior e inferior (10⁻² mm), número de vasos·mm⁻² y el diámetro tangencial, perímetro y área del vaso en la vena central a 40x de objetivo y 10x de ocular y porcentaje de xilema en la vena central de la hoja a 10x de objetivo y 10x de ocular en el mismo equipo antes mencionado y se obtuvo la conductividad relativa y la vulnerabilidad de la vena central de la hoja con las mismas fórmulas que para brotes.

Análisis de imágenes.

La medición en imágenes digitalizadas se realizó mediante el analizador de imágenes Image Tool ver. 3.00 (Wilcox *et al.*, 1995.).

Métodos estadísticos empleados.

Se obtuvo el coeficiente de correlación de Pearson entre pares de caracteres. Posteriormente se realizó un análisis discriminante de variables (ADV) empleando el procedimiento STEPDISC de SAS (SAS Institute, 1999), mediante el procedimiento de selección por pasos (Stepwise), este procedimiento inicia al hacer un análisis de varianza en un solo sentido seleccionando a la del mayor valor de *F* siempre y cuando ese valor sea estadísticamente significativo a un nivel especificado de por el investigador, para este caso de 0.25. Si se selecciona alguna variable

entonces se considera la elección de una segunda, lo que suele hacerse ajustando por la variable ya seleccionada en un análisis de covarianza en un solo sentido, esto se repite siempre ajustando por las variables ya seleccionadas, pero antes de la elección de cada variable a partir de la segunda se comprueba si las variables seleccionadas siguen siendo significativas, a 0.25 en este estudio, utilizando un análisis de covarianza usando como covariables todas aquellas variables ya seleccionadas. El procedimiento se detiene cuando ninguna de las otras variables puede cumplir con los criterios para entrar o cuando la variable que se va a incluir a continuación es una de las que se acaban de eliminar. El α se fija normalmente, para una buena discriminación, sin eliminar más del 50 % de las variables, entre 0.25 y 0.5, por lo que para este caso se decidió por el más estricto (Johnson, 1998).

Se utilizó un Análisis Discriminante Canónico (ADC) para corroborar la máxima discriminación y determinar la similitud de los grupos con las variables seleccionadas en el ADV mediante la distancia de Mahalanobis. Esta distancia se obtuvo a partir de la distancia euclidiana y de un estimador obtenido a partir de la matriz de varianzas y covarianzas de las distancias existentes entre los centroides de los grupos predeterminados en este análisis y observar la representación de los grupos en las primeras funciones canónicas (Johnson, 1998).

Se utilizó un análisis de varianza en un diseño completamente al azar con cinco repeticiones, y se tomó a una planta como unidad experimental, con pruebas de Tukey ($\alpha \leq 0.05$) de las características más discriminantes obtenidas en el análisis de depuración de variables y se discutirán las que presenten diferencias significativas a dicha probabilidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de Correlación.

De las 25 variables evaluadas se obtuvieron 300 coeficientes de correlación de los cuales 84 (28 %) son significativos a un $\alpha \leq 0.01$ y 25 (8.33 %) significativos a un $\alpha \leq 0.05$ (Cuadro 1). De los que son de mayor interés son: la correlación negativa entre longitud del estoma con el porcentaje del xilema en vena central de la hoja y con la frecuencia de vasos en el brote; el grosor de la lámina foliar con el número de vasos en la vena central de la hoja, de manera positiva; con la vulnerabilidad de la vena central de la hoja y con la conductividad relativa del brote, de manera negativa; y la última que podría utilizarse como indicador en selección para resistencia a sequía es la de el porcentaje de médula del brote fue positiva con la vulnerabilidad tanto de brote como de vena central de la hoja.

En cuanto a la correlación existente entre otras variables existen un gran número de ellos lo que lleva a pensar que se pueden depurar y facilitar su interpretación en futuros análisis, al evitar distorsionar los resultados al darle mayor peso a una variable cuando en realidad esto es debido a que se repite su efecto con distintas variables cuando se someten los datos a un análisis multivariado (González-Andrés, 2001).

Análisis Discriminantes de Variables (ADV).

Al realizar un análisis de selección de 25 variables iniciales se seleccionaron solo 13 (cuadro 2), las cuales son: longitud de estomas, densidad estomática, grosor de la lámina foliar, epidermis

superior e inferior de la hoja, área y diámetro medio de los elementos vaso en la vena central de la hoja, porcentaje del xilema y el floema en el brote, frecuencia de vasos en el brote, área y diámetro Feret medio de elementos de vaso de brote y la conductividad relativa del brote.

Estas son las variables que permiten una máxima discriminación de grupos, los cuales podrían ser indicadores validos para caracterizarlos evitando así la toma de las variables no seleccionadas en estudios similares hechos posteriormente, lo que se comprobará con un análisis discriminante canónico.

Las R^2 parciales indican la R^2 del análisis de varianza o de covarianza en el que se seleccionó la variable, lambda de Wilks y la correlación canónica cuadrada promedio (CCCP) son estadísticos que representan la confiabilidad de la prueba y el probable error tipo uno que se comete al seleccionar la variable. En este caso se tienen buenos parámetros de confiabilidad en la selección de variables.

Las variables de estomas así como las dos epidermis son variables que no presentan correlaciones significativas por lo que presentan información que no existe forma de sustituir.

El área y el diámetro de elementos de vasos del xilema son las variables importantes para describir las dimensiones de los vasos lo que puede evitar obtener el perímetro.

Cuadro 1. Coeficientes de correlación de Pearson de las variables anatómicas de brote, hojas y estomas de cinco grupos de durazno, el portainjerto ‘Nemaguard’ y un almendro.

	longest	densrest	longlam	epidsup	epidinf	pxilnerv	numvane	freccvane	areavane	perivane	longvane	CRN	VULN	pmedia	pxilta	plota	pcorta	numbolex	freccvaia	areavaia	pervaia	longvaia	feret	CRT	
densrest		-0.047																							
longlam	0.306		0.267																						
epidsup	0.004	0.303	0.401*																						
epidinf	-0.033	0.072	0.149	0.741**																					
pxilnerv	-0.419*	-0.008	-0.009	-0.113	0.095																				
numvane	0.033	0.192	0.566**	0.115	0.142	0.385*																			
freccvane	-0.214	0.185	0.303	0.112	0.088	0.376*	0.791**																		
areavane	0.111	-0.292	-0.201	-0.193	0.148	0.202	-0.267	-0.590**																	
perivane	0.107	-0.263	-0.235	-0.190	0.107	0.161	-0.382*	-0.707**	0.907**																
longvane	0.115	-0.275	-0.197	-0.173	0.181	0.230	-0.193	-0.547**	0.965**	0.913**															
CRN	-0.021	-0.269	-0.002	-0.109	0.276	0.448**	0.276	0.053	0.728**	0.555**	0.741**														
VULN	0.221	-0.228	-0.591**	-0.145	-0.045	-0.376*	-0.815**	-0.754**	0.450**	0.531**	0.444**	-0.034													
pmedia	0.212	-0.182	-0.308	-0.010	0.131	-0.319	-0.555**	-0.519**	0.291	0.345*	0.249	0.009	0.567**												
pxilta	-0.318	0.252	0.078	0.219	0.149	0.372*	0.331	0.217	-0.093	-0.065	-0.067	0.036	-0.354*	-0.649**											
plota	-0.179	0.151	0.157	0.073	0.103	0.396*	0.558**	0.556**	-0.101	-0.290	-0.120	0.297	-0.530**	-0.580**	0.606**										
pcorta	0.194	-0.153	0.133	-0.235	-0.321	-0.268	-0.109	-0.044	-0.129	-0.087	-0.100	-0.225	0.103	-0.005	-0.665**	-0.622**									
numbolex	-0.105	-0.135	0.183	-0.114	-0.074	0.184	0.030	0.434**	-0.315	-0.324	-0.296	-0.049	-0.347*	-0.322	-0.194	-0.109	0.559**								
freccvaia	-0.348*	0.210	-0.203	-0.111	-0.229	0.187	0.092	0.324	-0.398*	-0.383*	-0.402*	-0.283	-0.248	-0.450**	0.305	0.296	-0.036	0.204							
areavaia	0.148	-0.314	-0.139	-0.068	0.216	0.012	-0.266	-0.444**	0.690**	0.626**	0.674**	0.516**	0.428*	0.437**	-0.286	-0.268	0.012	-0.288	-0.791**						
pervaia	0.123	-0.427*	-0.189	-0.150	0.136	0.025	-0.235	-0.421*	0.657**	0.592**	0.643**	0.513**	0.388*	0.381*	-0.224	-0.186	-0.042	-0.289	-0.750**	0.985**					
longvaia	0.152	-0.282	-0.173	-0.062	0.259	0.036	-0.240	-0.421*	0.696**	0.636**	0.691**	0.549**	0.439**	0.451**	-0.253	-0.219	-0.063	-0.302	-0.781**	0.985**	0.942**				
feret	0.165	-0.298	-0.166	-0.067	0.229	-0.013	-0.272	-0.449**	0.688**	0.623**	0.680**	0.505**	0.464**	0.439**	-0.290	-0.257	0.007	-0.294	-0.781**	0.993**	0.948**	0.991**			
CRT	0.013	-0.268	-0.414*	-0.195	0.192	0.133	-0.245	-0.354*	0.641**	0.579**	0.643**	0.496**	0.404*	0.284	-0.122	-0.102	-0.094	-0.250	-0.317	0.771**	0.739**	0.808**	0.799**		
VULT	0.177	0.227	0.066	0.296	0.296	0.008	-0.164	-0.349*	0.622**	0.539**	0.596**	0.557**	0.338*	0.438**	-0.261	-0.169	-0.075	-0.279	-0.863**	0.886**	0.837**	0.878**	0.865**	0.467**	

*, **, significativo con $\alpha = 0.05$ y $\alpha = 0.01$ respectivamente.

longest: longitud del estoma; densrest: densidad estomática; longlam: grosor de la lámina foliar; epidsup: longitud de la epidermis superior; epidinf: longitud de la epidermis inferior; pxilnerv: porcentaje de xilema en la vena central; densrest: densidad estomática; numvane: número de elementos de vaso en la vena central; freccvane: frecuencia de elementos de vaso en la vena central; areavane: área del elemento de vaso de la vena central; perivane: perímetro del elemento de vaso de la vena central; longvane: diámetro del elemento de vaso de la vena central; CRN: conductividad relativa en la vena central; VULN: vulnerabilidad en la vena central; pmedia: porcentaje de médula en brote; pxilta: porcentaje de floema en brote; pcorta: porcentaje de floema en brote; numbolex: número de bolsas de xilema externas al anillo principal; freccvaia: frecuencia de elementos de vaso en brote; areavaia: área del elemento de vaso en brote; pervaia: perímetro del elemento de vaso en brote; longvaia: diámetro del elemento de vaso en brote; feret: diámetro feret del elemento de vaso en brote; CRT: conductividad relativa en brote; VULT: vulnerabilidad de brote.

Cuadro 2. Resumen de la selección de variables anatómicas de brote, hojas y estomas de cinco grupos de durazno, el portainjerto ‘Nemaguard’ y un almendro con el método por pasos (Stepwise)

Paso	variable:		R ² Parcial	F Calculada	P > F	Lambda de Wilks	P < Lambda	Correlación Canónica	
	Incluida	Removida						Cuadrada Promedio	CCCP
1	pflota		0.6984	10.81	<.0001	0.30155902	<.0001	0.11640683	<.0001
2	densest		0.6408	8.03	<.0001	0.10831490	<.0001	0.21641929	<.0001
3	longvane		0.6924	9.75	<.0001	0.03331963	<.0001	0.27037734	<.0001
4	CRT		0.5292	4.68	0.0025	0.01568784	<.0001	0.33983942	<.0001
5	epidsup		0.5132	4.22	0.0049	0.00763617	<.0001	0.41482679	<.0001
6	pxilta		0.4627	3.30	0.0172	0.00410321	<.0001	0.45468960	<.0001
7	longest		0.5303	4.14	0.0062	0.00192733	<.0001	0.52202943	<.0001
8	areavane		0.4805	3.24	0.0206	0.00100117	<.0001	0.54384381	<.0001
9	epidinf		0.4593	2.83	0.0367	0.00054134	<.0001	0.57539398	<.0001
10	longlam		0.4475	2.56	0.0544	0.00029911	<.0001	0.60658337	<.0001
11	feret		0.3784	1.83	0.1503	0.00018594	<.0001	0.62434122	<.0001
12	frecvata		0.4909	2.73	0.0480	0.00009467	<.0001	0.64277828	<.0001
13	areavata		0.4329	2.04	0.1200	0.00005369	<.0001	0.66511065	<.0001

longest: longitud del estoma; densest: densidad estomática; longlam: grosor de la lámina foliar; epidsup: longitud de la epidermis superior; areavane: área del elemento de vaso de la vena central; longvane: diámetro del elemento de vaso de la vena central; pxilta: porcentaje de xilema en brote; pflota: porcentaje de floema en brote; frecvata: frecuencia de elementos de vaso en brote; areavata: área del elemento de vaso en brote; feret: diámetro feret del elemento de vaso en brote; CRT: conductividad relativa en brote.

El diámetro Feret, basado en el área del vaso, es un indicador más efectivo que el diámetro tangencial, debido principalmente a que el diámetro estándar se obtiene de la parte con mayor distancia y el diámetro Feret se obtiene a partir del área del vaso por lo que pondera la condición hídrica en la que haya realizado el corte, por lo que es recomendable obtener esta variable.

Es importante el grosor de la lámina, puesto que presenta correlaciones con la vulnerabilidad de la vena central de la hoja y la conductividad relativa del brote es de fácil obtención y pueden ser utilizado como posible indicador de selección a sequía.

El porcentaje de xilema y floema dentro del brote y la frecuencia de vasos en el brote son de las variables más heterogéneas entre los genotipos, según el primer paso del ADV, por lo que se espera que sean de las más discriminantes para diferenciar los diferentes sistemas de conducción.

La variable conductividad relativa en brote es la única variable originada por un conjunto de variables, y fue el único parámetro fisiológico obtenido de una manera indirecta; lo que evitaría el cálculo de parámetros similares, esta variable indica el potencial que tiene el tejido a la conducción de agua (Fahn, *et al.*, 1986) y es un indicativo indirecto de potencial en soportar condiciones de estrés hídrico.

Análisis Discriminante Canónico (ADC).

Las funciones canónicas indicaron que las tres primeras son las más importantes, la primera aporta el 58.38 %, la segunda el 26.31 % y la tercera el 9.59 % acumulando 94.28 % de la varianza explicada, sin embargo las dos primeras explican el 84.69 % (Cuadro 3).

Las variables de la primera función (FC1): porcentaje de floema en brote, densidad estomática y diámetro de los elementos de vaso en la vena central de la hoja son las más importantes y las variables de la segunda función canónica (FC2): porcentaje de xilema en brote, densidad estomática, porcentaje de floema en brote y grosor de la lámina foliar (Cuadro 4). Estas variables son importantes en la clasificación para su estructura canónica, y pueden ser útiles como

indicadores de selección, aunque hay que aclarar que se debe comprobar con estudios fisiológicos.

Cuadro 3. Valores propios del Análisis discriminante canónico de las variables anatómicas seleccionadas de brote, hojas y estomas de cinco grupos de durazno, el portainjerto ‘Nemaguard’ y un almendro

Función canónica	Valor propio	Varianza explicada	Varianza acumulada	Radio de probabilidad	F calculada aproximada	P > F
1	31.0061	58.38	58.38	0.00005369	5.99	<0.0001
2	13.9703	26.31	84.69	0.00171845	4.02	<0.0001
3	5.0925	9.59	94.28	0.02572586	2.58	0.0002
4	2.1206	3.99	98.27	0.15673413	1.66	0.0510
5	0.7460	1.40	99.68	0.48910033	0.96	0.5245
6	0.1710	0.32	100.00	0.85395595	0.45	0.8776

Los coeficientes canónicos totales aleatorizados y estandarizados de las tres primeras funciones canónicas (Cuadro 5), usados para explicar la dispersión de los grupos en el primer plano factorial indicaron que las variables que mejor explican la primera función canónica (FC1) es el diámetro Feret de elementos de vaso de xilema en brote, diámetro de elementos de vaso en xilema de la vena de hoja y la conductividad relativa en brote. Y a la segunda función canónica (FC2) el diámetro Feret de elementos de vaso de xilema en brote y el área de elementos de vaso de xilema tanto en brote como en la vena central de la hoja.

Cuadro 4. Estructura canónica total de características anatómicas de brote, hoja y estomas de grupos de durazno de diferentes procedencias, ‘Nemaguard’ y un almendro

Variable	FC1	FC2	FC3
pflota	-0.674915	0.502028	0.128225
densest	0.403864	0.605652	-0.223361
longvane	0.317588	-0.210385	0.015031
CRT	0.259981	-0.396445	0.448015
epidsup	0.220030	0.400544	0.182220
pxilta	-0.231722	0.763461	0.193150
longest	0.190870	0.019897	0.192353
areavane	0.243213	-0.300423	-0.030481
epidinf	0.162669	0.224577	0.468549
longlam	-0.096235	0.483368	-0.348867
feret	0.254992	-0.424699	0.220236
frecvata	-0.200647	0.201845	-0.086183
areavata	0.238344	-0.417960	0.153958

longest: longitud del estoma; densest: densidad estomática; longlam: grosor de la lámina foliar; epidsup: longitud de la epidermis superior; areavane: área del elemento de vaso de la vena central; longvane: diámetro del elemento de vaso de la vena central; pxilta: porcentaje de xilema en brote; pflota: porcentaje de floema en brote; frecvata: frecuencia de elementos de vaso en brote; areavata: área del elemento de vaso en brote; feret: diámetro feret del elemento de vaso en brote; CRT: conductividad relativa en brote.

La primera función canónica describe sobre todo la probabilidad de padecer embolias y cavitaciones (Sperry y Saliendra, 1994; Sánchez-Díaz y Aguirreolea, 2000) al involucrar variables de diámetro de vasos y la conductividad relativa en brote que son parámetros que indirectamente sirven para determinarlo, y la segunda función canónica el tamaño de los elementos de vaso del xilema para ver la cantidad de agua que pueden transportar (Sánchez-Díaz y Aguirreolea, 2000).

Cuadro 5. Coeficientes canónicos totales aleatorizados y estandarizados de características anatómicas de brote, hoja y estomas de grupos de durazno de diferentes procedencias, ‘Nemaguard’ y un almendro

Variable	FC1	FC2	FC3
pflota	-3.611391698	0.352754964	-0.080890089
densest	2.951248862	1.335722661	-0.664216215
longvane	4.241269863	3.772688196	-0.902402019
CRT	3.887521691	-0.068489502	1.776207747
epidsup	2.103161143	-0.289544614	-0.211104703
pxilta	-0.047452707	2.092483203	0.902507978
longest	0.359494413	0.764222731	0.825196867
areavane	-1.937410530	-3.793549057	-0.295400708
epidinf	-1.016728820	0.541362019	1.151292379
longlam	-0.841922987	0.530958359	-0.809795459
feret	-6.365137400	-5.617638118	5.033649094
frecvata	-2.462247752	-0.427564773	-1.118482516
areavata	1.213706955	4.838917562	-6.565208884

longest: longitud del estoma; densest: densidad estomática; longlam: grosor de la lámina foliar; epidsup: longitud de la epidermis superior; areavane: área del elemento de vaso de la vena central; longvane: diámetro del elemento de vaso de la vena central; pxilta: porcentaje de xilema en brote; pflota: porcentaje de floema en brote; frecvata: frecuencia de elementos de vaso en brote; areavata: área del elemento de vaso en brote; feret: diámetro feret del elemento de vaso en brote; CRT: conductividad relativa en brote.

La representación gráfica de los grupos en el primer plan factorial (Figura 1) dio como resultado la distribución de estos grupos en el espacio, en las dos primeras funciones canónicas (FC1 y FC2, respectivamente). En ellas los almendros son los únicos que se encuentran en el cuadrante inferior izquierdo por lo que quedó aislado, y fue muy disímil a los grupos de durazno.

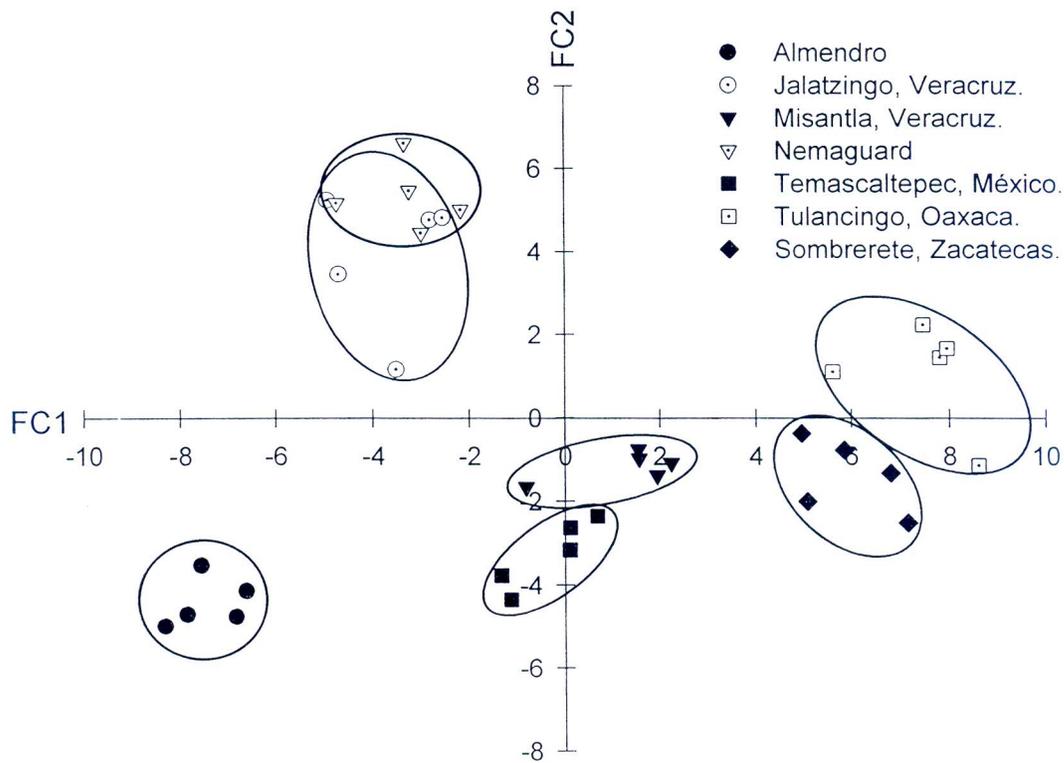


Figura 1. Distribución de los genotipos de Durazno y Almendro en el primer plan factorial del análisis discriminante canónico, de acuerdo a las características anatómicas seleccionadas de brote, hoja y estomas.

Los grupos de Jalatzingo (Veracruz) y ‘Nemaguard’ se encuentran distribuidos juntos por lo que son genotipos anatómicamente similares con las variables evaluadas en este estudio, los grupos de Misantla (Veracruz) y Temascaltepec (México) son parecidos debido a que se cultivan en zonas subtropicales húmedas, pero con presencia de canícula, y los de Sombrerete (Zacatecas) y Tulancingo (Oaxaca) son parecidos puesto que se desarrollan en zonas desérticas con precipitación escasa y temperaturas extremas.

Los genotipos que menor probabilidad de sufrir cavitación y embolismo son el almendro, ‘Nemaguard’ y el de Jalatzingo (Veracruz); y los de Sombrerete (Zacatecas) y Tulancingo (Oaxaca), son los que mayor probabilidad de sufrir estos problemas fisiológicos; los de Misantla (Veracruz) y Temascaltepec (México) presentan una probabilidad intermedia entre los primeros y los segundos. Esto explicado por tener dimensiones de vasos mayores en este estudio y que en el caso de aguacate se ha encontrado este comportamiento (Reyes-Santamaría *et al.*, 2002).

Pero los que mayor cantidad de agua pueden transportar de acuerdo al sistema de xilema (Bass, 1982) son el almendro y los de Misantla (Veracruz), Temascaltepec (México) y Sombrerete (Zacatecas); el de Tulancingo (Oaxaca) presenta comportamiento intermedio y los que menor cantidad de agua pueden transportar son ‘Nemaguard’ y el de Jalatzingo (Veracruz).

Corroborando que el almendro tiene buen comportamiento en secano reportado por Kester y Grasselly (1987) y puede ser una alternativa de producción en zonas desérticas de nuestro país. ‘Nemaguard’ y el grupo de Jalatzingo (Veracruz), presenta problemas para desarrollarse en condiciones de déficit de humedad lo que explica el poco crecimiento que presentan estos genotipos en condiciones de secano (A. F. Barrientos-Priego¹, Comunicación personal), explicado que al tener vasos pequeños y alta frecuencia de vasos, se aumenta el transporte y se confiere baja probabilidad de sufrir cavitación o embolismo, pero por presentar una alta frecuencia de estomas y de tamaños medios de estos, se presume una mayor transpiración y por tanto una mayor requerimiento de agua, por lo que se desarrollan de manera óptima en lugares con una buena humedad permanente. Los genotipos de Temascaltepec (México) y Misantla (Veracruz) presentan condiciones intermedias de las variables analizadas por lo que no se espera

¹ Instituto de Horticultura, Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo.

un comportamiento aceptable tanto en estrés hídrico, por lo que se desarrollaría mejor en condiciones de buen drenaje con agua suficiente aunque podría soportar periodos de sequía no prolongados. Los genotipos de Tulancingo (Oaxaca) y Sombrerete (Zacatecas) tienen la ventaja de soportar periodos de sequía, puesto que su sistema de conducción presenta elementos de vasos anchos y puede abastecer de agua rápidamente en el momento que esté presente en el suelo, pero si la sequía es prolongada puede sufrir serios problemas de cavitación y embolismo lo que provocaría disfunciones importantes en la planta.

Al calcular las distancias Mahalanobis (Cuadro 5) entre los grupos obtenidos de la representación gráfica de los grupos en las dos primeras funciones canónicas (Figura 1) se calcularon las probabilidades de la distancia Mahalanobis (Cuadro 5), para obtener la probabilidad de que presenten similitudes entre estos grupos.

Se encontró que el grupo de Jalatzingo (Veracruz), no presenta diferencias significativas con 'Nemaguard' lo que se explica por el hecho de que Jalatzingo es de una de las zonas más húmedas del estado de Veracruz, México y 'Nemaguard' esta reportado como un portainjerto susceptible a sequía (Layne, 1987), por lo que ambos tienen parecido probablemente en la poca resistencia a sequía. En cambio todos los demás grupos tuvieron diferencias significativas entre ellos.

Cuadro 6. Distancia Mahalanobis y probabilidad de esta de características anatómicas de brote, hoja y estomas de cinco grupos de durazno de diferentes procedencias, el portainjerto ‘Nemaguard’ y un almendro.

Genotipo	Almendro	Jalatzingo (Veracruz)	Misantla (Veracruz)	Nemaguard	Tulancingo (Oaxaca)	Sombrerete (Zacatecas)	Temascaltepec (México)
Almendro		95.6243	96.3531	116.5336	256.8418	211.1729	68.4354
Jalatzingo	<.0001		71.2432	^{NS} 13.2057	158.0279	125.5029	68.5786
Misantla	<.0001	0.0001		70.7577	62.7751	44.7415	33.6192
Nemaguard	<.0001	0.2376^{NS}	0.0001		145.6754	145.7182	91.4707
Tulancingo	<.0001	<.0001	0.0002	<.0001		48.8288	103.9625
Sombrerete	<.0001	<.0001	0.0018	<.0001	0.0011		52.6967
Temascaltepec	0.0001	0.0001	0.0077	<.0001	<.0001	0.0007	

^{NS} No significativo

Análisis de varianza.

En los análisis de varianza se sometieron todas las variables obtenidas por el análisis de selección de variables. Se tuvo que las cinco variables que presentaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) fueron la densidad estomática, el porcentaje de xilema y floema en brote, el grosor de la epidermis superior de la hoja y la conductividad relativa en brote (Cuadro 6; Figura 2).

La única variable donde se presentan diferencias significativas entre ‘Nemaguard’ y el genotipo de Jalatzingo (Veracruz) es la conductividad relativa. Por lo que ‘Nemaguard’ tolera aparentemente un poco más la sequía al tener un coeficiente más bajo, pero es un problema para poder tolerar excesos de humedad (Hesse, 1993).

Cuadro 7. Principales características que explican las diferencias entre grupos de durazno, ‘Nemaguard’ y un almendro.

Genotipo	Densidad estomática	Grosor de la epidermis superior	Conductividad relativa en brote	Porcentaje de xilema	Porcentaje de floema
Almendro	120.81 c ^z	1.528 c	30.188 abc	11.636 b	19.450 ab
Jalatzingo	166.11 ab	1.878 abc	30.582 abc	25.576 a	23.798 a
Misantla	159.54 ab	2.052 a	23.272 bc	12.220 b	15.056 bc
Nemaguard	167.95 ab	1.948 ab	18.048 c	23.614 a	23.174 a
Tulancingo	184.09 a	1.702 abc	29.752 abc	14.462 b	13.504 c
Sombrerete	148.01 abc	1.976 ab	39.950 a	14.178 b	14.004 bc
Temascaltepec	137.98 bc	1.584 bc	34.582 ab	11.548 b	16.192 bc
DMS	38.073	0.3984	14.745	9.0359	5.8561

^zMedias con letras iguales dentro de columnas significa que no existen diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

El almendro presenta una conductividad relativa media, pero es el que presenta la menor densidad estomática, y el menor grosor de la epidermis superior, un alto porcentaje de floema y no de xilema en donde es de los más bajos. Estas características indican indirectamente que esta especie transpira menos y tiene un transporte rápido del agua, lo que se traduce en un uso interno eficiente de el agua y además cuando existe este recurso lo transporta rápidamente dentro de la planta para aprovecharlo (Sánchez-Díaz y Aguirreolea, 2000). En cuanto al almendro se adapta a zonas sin riego, y es más resistente a la sequía y más susceptible a inundación en comparación con los duraznos (Kester y Grasselly, 1987).

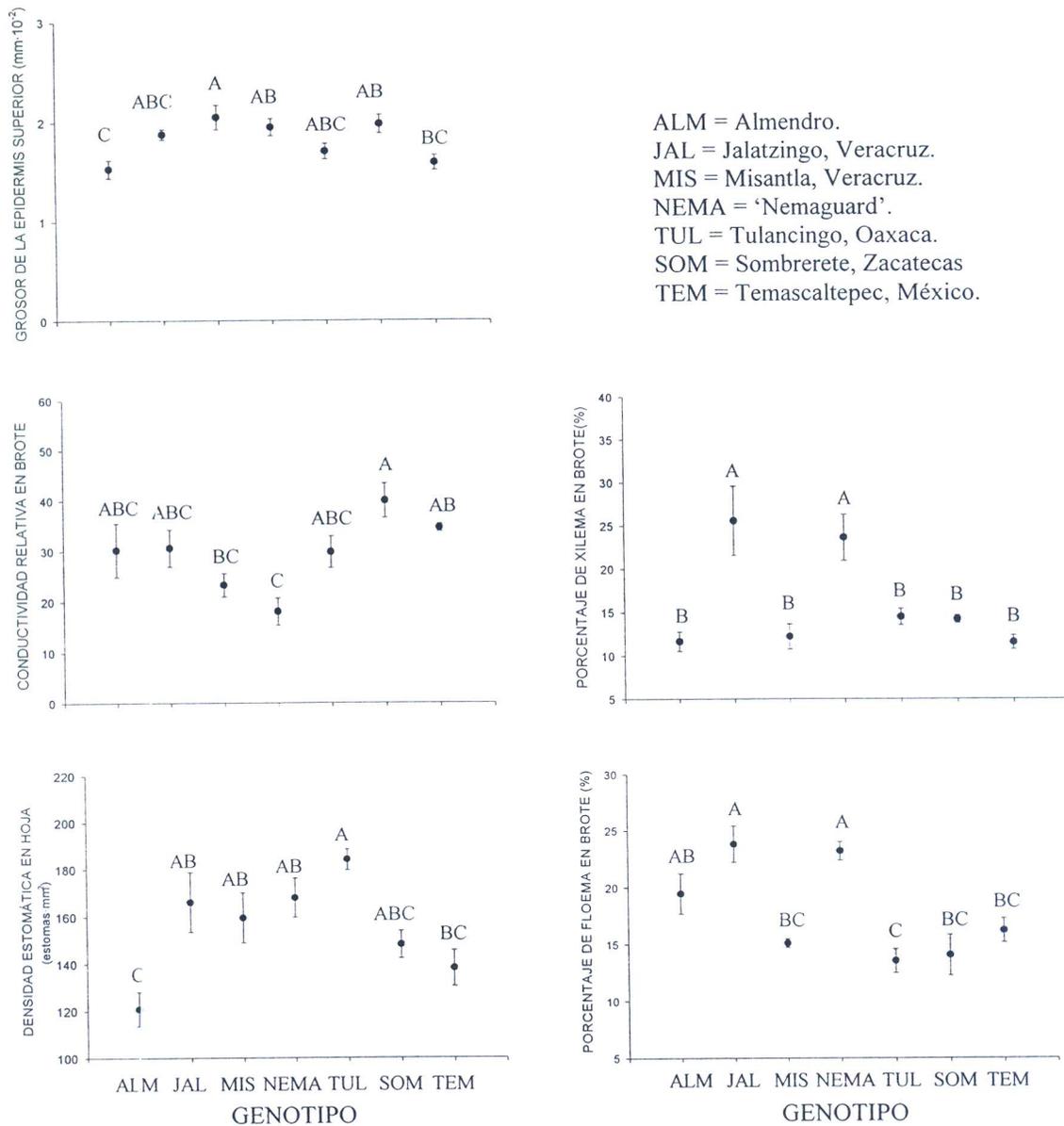


Figura 2. Características anatómicas de cinco grupos de duraznos de diferentes procedencias de México, el portainjerto 'Nemaguard' y un almendro. Medias mas menos error de estándar. Letras iguales significa que no existen diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

CONCLUSIONES

Las variables: longitud del estoma, densidad estomática, grosor de la lámina foliar, epidermis superior e inferior de la hoja, área y diámetro medio del elemento de vaso del xilema en la vena central de la hoja, porcentaje del espacio del xilema y el floema en el brote, frecuencia de vasos en el brote, área y diámetro Feret medio del elemento de vaso del xilema del brote y la conductividad relativa del brote discriminaron al máximo a los grupos de duraznero, el portainjerto 'Nemaguard' y un almendro de una manera correcta solo hubo similitud entre el grupo de Jalatzingo y 'Nemaguard'.

Los genotipos 'Nemaguard' y Jalatzingo (Veracruz) son los que presentaron características teóricamente de susceptibilidad a sequía; los de Misantla (Veracruz) y Temascaltepec (México) mostraron características intermedias a tolerancia y los de Tulancingo (Oaxaca) y Sombrerete (Zacatecas) son los que presentan buenas características anatómicas a resistencia a sequía sin embargo son probablemente los más susceptibles a cavitarse o sufrir embolismo en sequías prolongadas.

El almendro presenta características particulares, diferentes a los duraznos, por lo que es un buen indicador para corroborar si se ha clasificado de una manera correcta, pero no es un punto de referencia claro para caracterizar el sistema de conducción de agua y estomático del durazno; pero puede ser utilizado como portainjerto del durazno o del mismo almendro en zonas de baja precipitación

La variable conductividad relativa del brote fue la única variable donde se presentaron diferencias significativas entre el grupo de Jalatzingo y 'Nemaguard'.

LITERATURA CITADA

- BASS, P. 1982. Systematic phylogenetic and ecological wood anatomy: history and perspectives, pp. 23-58. *In: New Perspective in Wood Anatomy*. Baas, P (ed.). Martinus Nijhoff, Amsterdam, Netherlands.
- BASS, P. 1986. Ecological patterns in xylem anatomy, pp. 327-352. *In: On the Economy of Plant Form and Function*. Givnish, T. J. (ed.). Cambridge, Massachusetts, USA.
- CARLQUIST, S. 1977. Ecological factors in wood evolution: a floristic approach. *Amer. J. Bot.* 64:887-896.
- ESAU, K. 1985. Anatomía de las Plantas con Semilla. Ed. Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. pp. 97-135
- FAHN, A.; WERKER, E.; BASS, P. 1986. Wood Anatomy and Identification of Trees and Shrubs from Israel and Adjacent Regions. *Isr. Acad. Sci. Hum.* Jerusalem, Israel. 49 p.
- GONZÁLEZ-ANDRÉS, F. 2001 Caracterización morfológica, pp. 199-217. *In: Conservación y Caracterización de Recursos Filogenéticos*. González-Andrés, F.; Pita Villamil J. M. (eds.). Publicaciones Instituto Nacional de Educación Agrícola. Valladolid, España.
- JOHNSON, D. E. 1998. Métodos Multivariados Aplicados al Análisis de Datos. Traducido por H. Pérez Castellanos. International Thomson Editores, D. F., México. pp. 245-254.

- KESTER, D. E.; GRASSELLY, C. 1987. Almond rootstocks, pp. 265-293. *In: Rootstocks for Fruit Crops*. Rom, R. C.; Carlson, R. F. (eds.). John Wiley & Sons. New York, USA.
- LAYNE, R. E. C. 1987. Peach rootstocks, pp. 185-216. *In: Rootstocks for Fruit Crops*. Rom, R. C.; Carlson, R. F. (eds.). John Wiley & Sons. New York, USA.
- REYES-SANTAMARÍA, I.; TERRAZAS, T.; BARRIENTOS-PRIEGO, A. F.; TREJO, C. 2002. Xylem conductivity and vulnerability in cultivars and races of avocado. *Scientia Hort.* 92: 97-105.
- SÁNCHEZ-DÍAZ, M; AGUIRREOLEA, J. 2000. Transporte de agua y balance hídrico en la planta, pp. 45-64. *In: Fundamentos de Fisiología Vegetal*. Azcon-Bieto, J.; Talón, M. (eds). McGraw-Hill Interamericana. Barcelona, España.
- SAS INSTITUTE, 1999. SAS online V8. Ayudas multimedia para ver la logística del programa. Statistical Analysis System, version 8, SAS Institute, Cary, North Carolina, USA.
- SASS, J. E. 1968. *Botanical Microtechnique*. 3rd Edition. The Iowa State University Press. Iowa, USA. 227 p.
- SPERRY, J. S.; SALIENDRA, N. Z. 1994. Intra and inter-plant variation in xylem cavitation in *Betula occidentalis*. *Plant Cell and Environment* 17:1233-1241.

WILCOX, D.; DOVE, B; McDAVID, D.; GREER, D. 1995. Image Tool. Version 3. User guide on line. University of Texas Health Science Center, San Antonio, USA.

ZIMMERMANN, M. H. 1983. Xylem Structure and Ascent of Sap. Springer-Verlag. Berlin, Germany. pp. 113-125.

ANATOMÍA DE LOS SISTEMAS DE CONDUCCIÓN Y ESTOMÁTICO EN DURAZNOS: II. VARIABILIDAD INTER E INTRAGRUPO

C. A. Núñez-Colín¹; J. E. Rodríguez-Pérez²; R. Nieto-Ángel²; A. F. Barrientos-Priego².

¹Parte de la tesis del primer autor, Programa de Maestría en Ciencias en Horticultura, Instituto de Horticultura; Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México, México. 56230.

²Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México, México 56230.

RESUMEN

Diversos ambientes provocan que una especie se comporte de manera diferente y fije en el genotipo, características anatómicas para las condiciones hídricas en las que se desarrolla. Esta investigación pretendió encontrar la homogeneidad anatómica en brotes, hojas y estomas que se relacionan con el sistema de conducción de agua existente dentro y entre cinco grupos de duraznos de distintas zonas de México, el portainjerto ‘Nemaguard’ y un almendro, mediante análisis estadísticos multivariados. La mayor variabilidad en orden ascendente dentro de grupo se presentó en almendro, Jalatzingo (Veracruz), Tulancingo (Oaxaca) y ‘Nemaguard’; los grupos de Sombrerete (Zacatecas) y Temascaltepec (México) son las más homogéneas. La variabilidad entre grupos presentó diferencias significativas entre el almendro y ‘Nemaguard’ con los grupos de durazno, solo ‘Nemaguard’ con Jalatzingo y Miantla (Veracruz) presentaron parecido en los sistemas estudiados, y la probable susceptibilidad a sequía. Los genotipos de durazno presentaron diferencias por el ambiente en el que se desarrollan y su posible tolerancia a sequía, teniendo la agrupación de Sombrerete (Zacatecas) con Tulancingo (Oaxaca), como de zonas más áridas y posiblemente más resistentes a sequía, Temascaltepec (México) y Miantla (Veracruz), como intermedios y Jalatzingo (Veracruz) de la zona más húmeda y el menos tolerante a sequía.

Palabras clave: *Prunus persica* (L.) Batsch; *P. dulcis* (L.) Batsch, recursos filogenéticos, relación entre características anatómicas y ambientales.

ANATOMY OF WATER CONDUCTION AND STOMATAL SYSTEMS IN PEACH TREES. II. VARIABILITY INSIDE AND BETWEEN GROUPS

ABSTRACT

Diverse environments causes that a species behaves in different ways and fix in the genotype, anatomical characteristic for the water conditions were developed. This research was carried out to find the anatomical homogeneity into the leaf, shoot and stomata that are related with the water conduction system existent inside and between five groups of peaches of different areas of México and the 'Nemaguard' rootstock and an almond by mean multivariate statistical analysis. The biggest variability in upward order inside group is presented in almond tree, Jalatzingo (Veracruz), Tulancingo (Oaxaca) and 'Nemaguard'; the groups of Sombrerete (Zacatecas) and Temascaltepec (Mexico) are the most homogeneous. The variability between groups presents significant differences among almond tree and 'Nemaguard' with the peach groups, except 'Nemaguard' with Jalatzingo and Misantla (Veracruz), they present certain resemblance due to systems studied and probably susceptibility to drought. The peach genotypes presented differences for the environment in which they are developed and their possible tolerance to drought, having the grouping of Sombrerete (Zacatecas) with Tulancingo (Oaxaca), as of more arid areas and possibly more resistant to drought, Temascaltepec (Mexico) and Misantla (Veracruz), as intermissions and Jalatzingo (Veracruz) of the most humid area and the less tolerant one to drought

Keywords: *Prunus persica* (L.) Batsch; *P. dulcis* (L.) Batsch, plant genetic resources, relationship between anatomical and environmental characteristics.

INTRODUCCIÓN

Los cultivos frutícolas generalmente necesitan de suelos bien drenados para lograr un crecimiento y producción óptima. El exceso de agua en el suelo puede causar daños o muerte a las plantas. Esta situación es más grave en suelos de textura pesada con baja conductividad del agua o en donde una capa impermeable al agua crea un manto freático elevado durante periodos de excesiva humedad (Quamme y Stushnoff, 1988).

Los actuales cultivares de duraznero (*Prunus persica* (L.) Batsch) son en su mayoría altamente homocigóticos, debido a que se trata de una especie autógama, generalmente autofecundados por muchas generaciones (Ryugo, 1993). De aquí que la progenie derivada de estos cultivares son poblaciones con características de planta y fruto muy similares a sus progenitores. A diferencia del caso anterior, los almendros (*P. dulcis* (L.) Batsch) generalmente presenta autoincompatibilidad por lo que al ser alógamas obligadas existe una gran heterogeneidad dentro de las poblaciones.

Debido a sus fuertes efectos que enmascaran el verdadero valor de los genotipos, la heterogeneidad del ambiente y la interacción genotipo por ambiente han sido reconocidos como los dos más importantes factores que limitan la eficiencia en la evaluación genotípica. Con frecuencia resulta que algunos individuos genéticamente pobres puedan resultar en fenotipos sobresalientes debido a algunos factores ambientales positivos y, por otra parte, genotipos superiores pueden producir fenotipos mediocres debido a efectos negativos de factores ambientales (Sahagún, 1992).

Las variaciones adaptativas aumentan gradualmente en frecuencia al paso de las generaciones, a expensas de las menos adaptativas, esto es llamado selección natural, causa la generación de individuos bien adaptados a su medio ambiente (Ayala y Kieger, 1984).

En una población natural que presenta adaptación a distintos ambientes, cambios ambientales fuertes son una probable causa de la pérdida de su adaptación, ya que algunas variantes genéticas anteriormente favorables pueden resultar desventajosas las cuales pueden ser remplazadas por unas nuevas. En contraste, en poblaciones con alto grado de adaptación a ambientes específicos, la dotación genética ventajosa, y desviaciones a partir de esta pueden ser inoportunas en ciertos ambientes con condiciones diferentes (Dobzhansky, 1970).

En base en estos principios y en el hecho de que los portainjertos de durazno comúnmente usados son propagados mediante semilla (Hesse, 1993), la presente investigación se desarrollo bajo el supuesto que una población específica posee caracteres que representan la acumulación de adaptaciones a un ambiente, debe ser reflejado tanto a nivel de especie como dentro de especies con grupos de diferentes orígenes, por lo anterior los objetivos fueron: evaluar si las características anatómicas se relacionan con el origen del grupo evaluado, así como evaluar si estas características son homogéneas dentro de cada grupos y determinar si existen similitudes entre los diferentes grupos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal.

Se evaluaron cuatro grupos de durazno y uno de almendro que se obtuvieron a partir de semilla de poblaciones de durazno “criollo” proveniente de Temascaltepec (Estado de México); Misantla (Veracruz); Sombrerete (Zacatecas) y Tulancingo (Oaxaca), y de una población de almendro (*Prunus dulcis* (L.) Batsch) proveniente del banco nacional de Germoplasma en España de aproximadamente 6 meses de edad. También se evaluaron plantas obtenidas en viveros de la misma edad, obtenidas a partir de semillas de una población “criolla”, originaria de Jalatzingo (Veracruz) y otra del portainjerto ‘Nemaguard’; todos ellos establecidos en bolsas individuales con un sustrato homogéneo de tierra de monte y arena en proporción 1:1.

Obtención de muestras.

Se evaluaron cinco plantas de cada grupo a las cuales se obtuvo una impresión con silicón para huellas dentales (exactodent[®]) en la cuarta hoja completamente extendida (primera hoja madura a partir del ápice), a partir de esta impresión se obtuvo una impresión positiva mediante barniz de uñas y después se fijo en un porta y cubre objeto para evaluar los caracteres de estomas. Se colectó el cuarto nudo y la quinta hoja completamente extendida, las que se fijaron en una solución FAA (50 % etanol 96° + 5 % ácido acético glacial +10 % Formaldehído 40 % de pureza + 35 % agua), posteriormente se procesaron en un cambiador automático de tejidos (Tissuematon Fisher) con cellosolve y xileno, para transferirse a parafina (55 °C) donde permaneció 72 horas dentro de una estufa. Se elaboró el taquete y pirámide de parafina de acuerdo con Sass (1968) en un micrótomo rotatorio (American Optical modelo 820) se realizaron cortes transversales con grosor de 10 µm, en porta y cubre objetos mediante adhesivo Haup y formol al 10 % y su tinción se realizó con safranina y verde fijo para después ser montados (Sass, 1968).

Caracteres evaluados.

Estomas. A partir de diez campos (40x de objetivo y 10x de ocular) por impresión se determinó: el número de estomas por mm^{-2} ; la longitud de estomas (10^{-2} mm), en el que se cuantificó a tres estomas por campo, en un microscopio marca Leica modelo Galen III con una adaptación de una cámara digital marca Leica modelo ET- 8800N conectado a una tarjeta de captura de imágenes GrabIT Pro para su digitalización.

Cortes transversales de hoja y brote. En el caso de los cortes transversales de brote se cuantificó en ocho campos por planta en base al trabajo de Sperry y Saliendra (1994) con conteos cada 90° , se decidió hacer conteos cada 45° para obtener: el número de vasos por mm^{-2} , el diámetro tangencial del vaso (10^{-2} mm), área, perímetro y diámetro Feret ($(4 \cdot \text{área} / \pi)^{1/2}$), a 40x de objetivo y 10x de ocular con el mismo equipo indicado anteriormente. El área y el porcentaje que cubre el xilema, floema, corteza y médula, a 2x de objetivo y 2.5x de ocular en un microscopio estereoscópico Iroscope modelo SDZ-TPLID con una adaptación a la cámara digital antes mencionada.

Se obtuvo la conductividad relativa del brote, mediante la fórmula Poiseuille modificada por Fahn *et al.* (1986). $CR = (R^4) (FRE)$; donde: CR es la conductividad relativa, R es el radio del vaso y FRE es el número de vasos $\cdot \text{mm}^{-2}$. También se calculó el índice de vulnerabilidad de Carlquist (1977) $V = DV / FRE$; donde V es la vulnerabilidad, DV es el diámetro del vaso y FRE es el número de vasos $\cdot \text{mm}^{-2}$.

En cortes de hojas se evaluó el grosor de la lámina (10^{-2} mm), el grosor de la epidermis superior e inferior (10^{-2} mm), número de vasos·mm⁻² y el diámetro tangencial, perímetro y área del vaso en la vena central a 40x de objetivo y 10x de ocular y porcentaje de xilema en la vena central de la hoja a 10x de objetivo y 10x de ocular en el mismo equipo antes mencionado y se obtuvo la conductividad relativa y la vulnerabilidad de la vena central de la hoja con las mismas fórmulas que para brotes.

Análisis de imágenes.

La medición en imágenes digitalizadas se realizó mediante el analizador de imágenes Image Tool ver. 3.00 (Wilcox *et al.*, 1995.).

Métodos estadísticos empleados.

Se realizó un análisis en componentes principales (ACP), para observar la dispersión en un espacio bidimensional de los individuos de cada grupo en los dos primeros componentes (Johnson, 1998). Con este análisis representa en forma gráfica la variación existente entre los diferentes individuos de cada grupo en n dimensiones dependiendo de las n variables evaluadas, reduciendo la dimensionalidad al agrupar a todas las variables en componentes principales. De esta manera es posible observar la similitud de los individuos de acuerdo a su cercanía (Durán y Sahagún, 1992).

La variabilidad intragrupo se determinó al obtener el centroide (coordenadas medias de los componentes principales) del grupo y calcular la distancia euclidiana cuadrada de cada individuo con respecto a su centroide y comparar el promedio de estas distancias más menos su error estándar con los demás grupos.

Se realizó un análisis discriminante canónico (ADC) para comparar los diferentes grupos y tener cuales variables son las que explican de una mejor manera la variabilidad entre grupos, así como obtener la distancia de Mahalanobis para determinar si existen deferencias entre estos grupos (Johnson, 1998).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De los datos obtenidos se calculó los estadísticos básicos para ver el comportamiento de cada variable dentro de cada grupo (Cuadro 1) donde los datos más importantes son: los altos coeficientes de variación del número de bolsas externas al aro principal de haces vasculares, debido principalmente a que esta característica no es estable dentro de los distintos grupos, solo los grupos durazno de Temascaltepec (México) y el portainjerto ‘Nemaguard’ no presenta esta característica en los individuos evaluados. Así también las variables conductividad relativa en la vena central de la hoja y la vulnerabilidad del brote son variables poco estables dentro de la mayoría de los grupos.

Los grupos de Temascaltepec y Sombrerete son los que presentan solo una característica con un coeficiente de variación elevada. Por lo que serían los más homogéneos dentro de la presente investigación

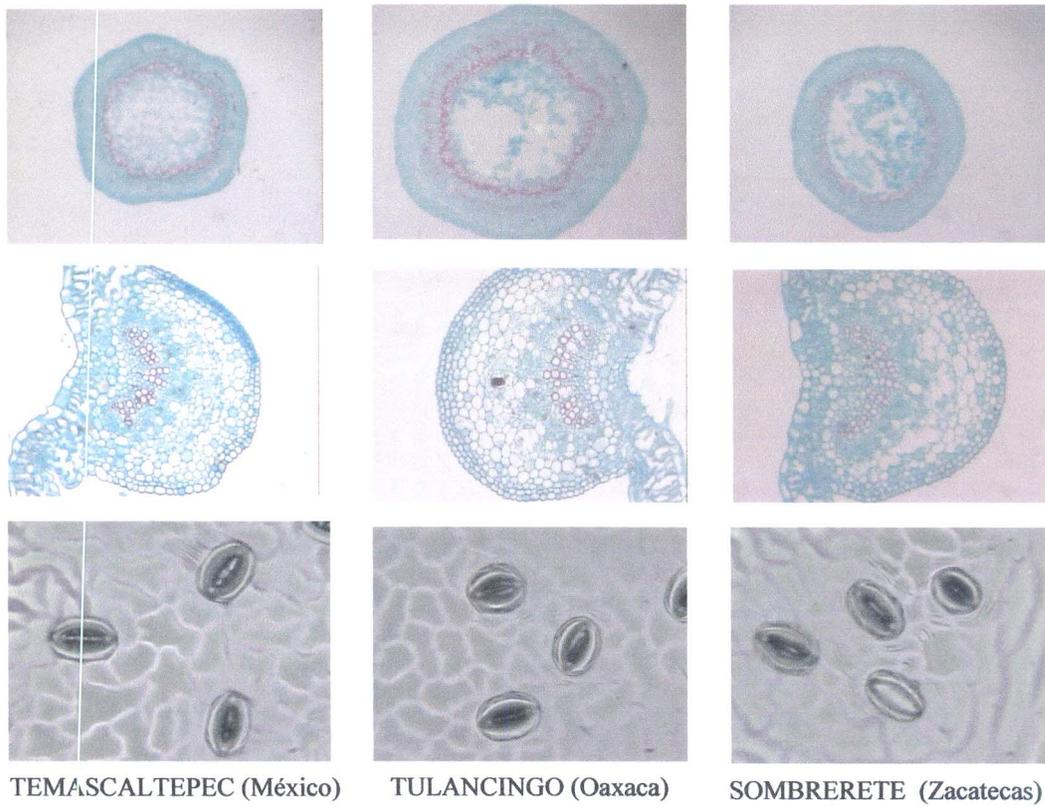
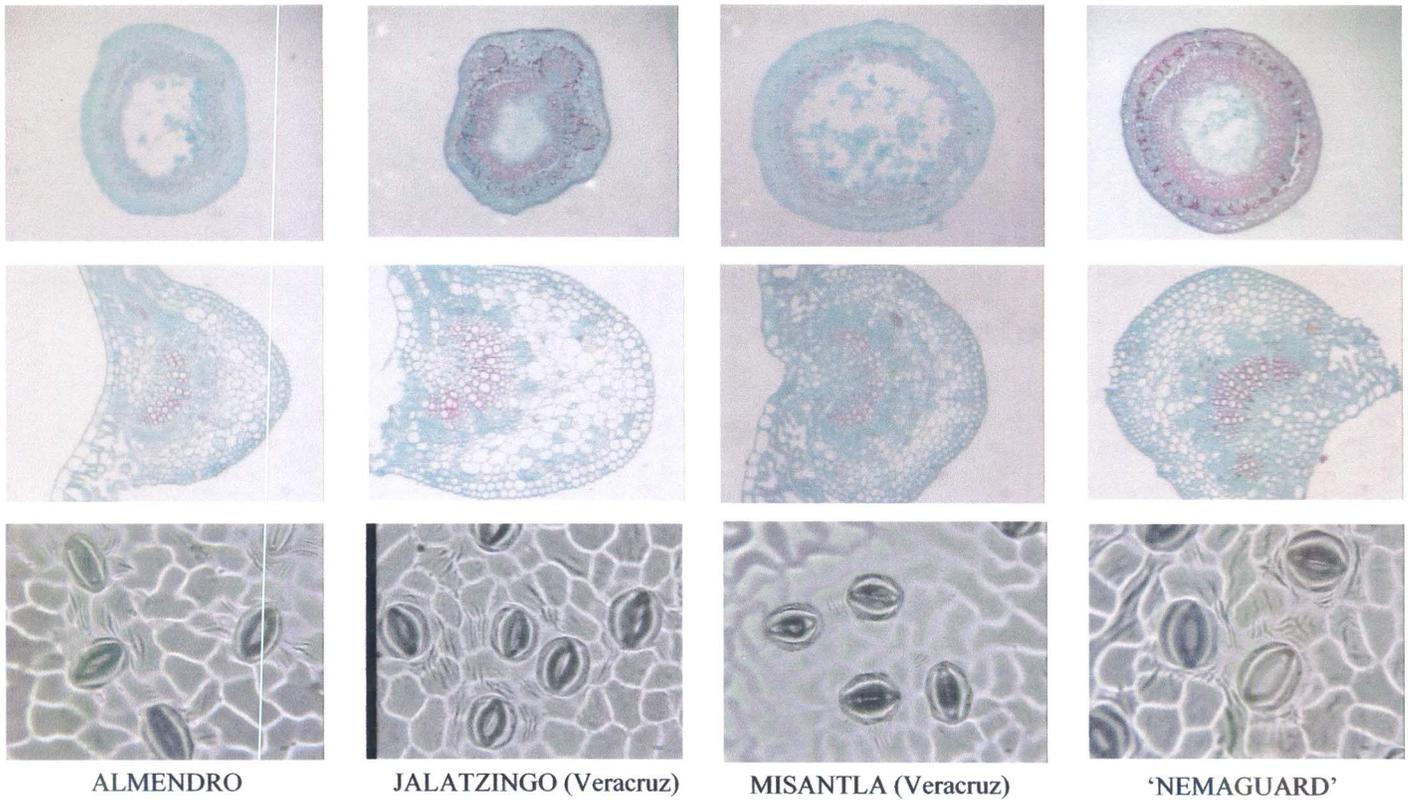


Figura 1. Cortes anatómicos de brote, vena central y replicas de estomas de diferentes grupos de duraznos de diferentes procedencias, 'Nemaguard' y un almendro español.

Cuadro 1. Estadísticos básicos de 25 variables de los grupos de durazno, el portainjerto 'Nemaguard' y un almendro

genotipo	Almendro		Jalatzingo (Veracruz)		Misantla (Veracruz)		'Nemaguard' (México)		Temascaltepec (Oaxaca)		Sombrerete (Zacatecas)			
	media ± es	CV	media ± es	CV	media ± es	CV	media ± es	CV	media ± es	CV	media ± es	CV		
longest	2.94±0.12	9.12	2.96±0.07	5.58	2.97±0.05	3.52	3.14±0.10	6.83	3.23±0.03	2.23	3.08±0.03	2.28	3.09±0.05	3.57
densst	120.81±7.24	13.41	166.11±12.65	17.02	159.54±10.61	14.88	167.95±8.24	10.97	137.98±7.63	12.36	184.09±4.38	5.32	148.01±5.82	8.79
longlam	10.95±0.70	14.31	11.77±0.33	6.33	11.96±0.79	14.70	13.00±1.17	20.17	10.20±0.32	7.11	11.91±0.23	4.27	10.25±0.36	7.83
epidsup	1.53±0.09	13.15	1.88±0.05	6.37	2.05±0.12	13.60	1.95±0.09	9.83	1.59±0.08	10.58	1.70±0.08	10.35	1.98±0.09	10.71
epidinif	1.02±0.09	20.81	1.26±0.03	5.47	1.17±0.07	12.97	1.13±0.05	10.51	1.07±0.05	10.75	1.06±0.03	6.47	1.30±0.09	15.52
pxilnerv	8.42±0.60	16.03	8.91±0.74	18.62	6.84±0.11	3.63	7.69±1.26	36.58	7.12±0.37	11.60	8.09±0.55	15.07	7.01±0.61	19.53
numvane	70.80±8.50	26.84	116.00±31.03	59.82	66.40±9.12	30.71	113.00±18.42	36.45	45.00±6.66	33.07	60.80±6.22	22.89	49.40±2.56	11.59
frecvane	367.10±24.28	14.79	477.86±94.97	44.44	352.82±34.32	21.75	380.90±40.46	23.75	233.20±14.77	14.16	224.44±26.66	26.57	228.84±18.35	17.93
areavane	0.83±0.20	54.14	0.67±0.08	25.26	0.60±0.06	20.79	0.60±0.07	24.23	0.90±0.08	19.42	0.96±0.10	23.53	0.84±0.06	15.59
perivane	3.37±0.37	24.34	3.11±0.21	14.76	3.07±0.17	12.11	3.12±0.21	15.12	3.72±0.16	9.64	3.95±0.17	9.85	3.75±0.13	7.54
longvane	1.08±0.13	26.84	1.01±0.06	12.58	0.94±0.05	11.94	0.97±0.06	12.79	1.14±0.05	10.68	1.22±0.08	15.29	1.15±0.04	6.87
CRN	38.06±17.92	105.31	31.59±8.11	57.44	17.02±2.72	35.75	21.87±4.50	46.00	25.55±4.16	36.40	29.47±3.69	27.96	25.12±1.96	17.45
VULN	0.05±0.00	22.38	0.04±0.01	54.42	0.05±0.01	35.50	0.03±0.01	55.45	0.09±0.01	30.49	0.07±0.01	19.03	0.08±0.01	15.74
pmedta	29.96±1.79	13.35	19.96±1.75	19.59	33.54±2.75	18.36	22.56±2.65	26.26	35.48±1.15	7.26	31.51±2.11	14.98	35.82±2.77	17.27
pxilta	11.64±1.13	21.65	25.58±4.01	35.06	12.22±1.46	26.64	23.61±2.68	25.40	11.55±0.82	15.85	14.46±0.93	14.43	14.18±0.44	7.00
pflota	19.45±1.76	20.23	23.80±1.61	15.10	15.06±0.39	5.73	23.17±0.81	7.79	16.19±1.08	14.88	13.51±1.05	17.40	14.00±1.78	28.49
pcorta	38.96±4.06	23.32	30.66±4.11	29.97	39.19±3.42	19.51	30.36±1.84	13.55	36.78±1.76	10.69	40.53±3.18	17.55	36.00±3.47	21.58
numbole	1.40±0.60	95.83	1.20±0.73	136.93	0.60±0.60	223.61	0.00±0.00	NC	0.00±0.00	NC	0.60±0.40	149.07	0.40±0.40	223.61
frecvata	65.04±12.29	42.25	67.25±8.92	29.67	50.636.71±	29.63	64.91±10.51	36.22	48.41±4.81	22.22	59.15±11.68	44.15	53.46±5.89	24.66
areavata	1.98±0.40	44.98	1.74±0.15	19.13	1.88±0.21	24.92	1.39±0.15	23.86	2.20±0.11	10.95	2.01±0.30	33.36	2.23±0.13	12.55
perivata	5.51±0.50	20.49	5.00±0.21	9.20	5.18±0.30	12.91	4.62±0.41	20.05	5.77±0.16	6.19	5.17±0.41	17.53	5.63±0.16	6.15
longvata	1.70±0.18	23.94	1.65±0.06	8.23	1.66±0.08	11.36	1.46±0.07	11.42	1.85±0.04	5.06	1.73±0.13	16.28	1.87±0.05	5.49
feret	1.43±0.14	21.79	1.36±0.06	9.32	1.39±0.07	11.55	1.22±0.06	11.77	1.54±0.04	6.09	1.44±0.10	16.25	1.55±0.04	6.25
CRT	30.19±5.29	39.15	30.58±3.66	26.74	23.27±2.29	21.98	18.05±2.66	32.91	34.58±0.77	5.00	29.75±3.12	23.48	39.95±3.42	19.14
VULT	0.04±0.02	91.98	0.03±0.00	28.13	0.04±0.01	38.58	0.03±0.01	46.47	0.04±0.01	31.07	0.04±0.01	58.71	0.04±0.00	27.81

CV = Coeficiente de Variación (%); es = Error Estándar (S / (n)^{0.5}), donde S = desviación estándar y n el número de datos muestreados. NC = no es posible el cálculo.

longest: longitud del estoma; densst: densidad estomática; longlam: grosor de la lámina foliar; epidisup: longitud de la epidermis superior; epidinf: longitud de la epidermis inferior; pxilnerv: porcentaje de xilema en la vena central; numvane: número de elementos de vaso en la vena central; frecvane: frecuencia de elementos de vaso en la vena central; areavane: área del elemento de vaso de la vena central; areavata: área del elemento de vaso de la vena central; longvane: diámetro del elemento de vaso de la vena central; CRN: conductividad relativa en la vena central; VULN: vulnerabilidad en la vena central; pxilta: porcentaje de xilema en brote; pflota: porcentaje de floema en brote; pcorta: porcentaje de corteza en brote; numbole: número de bolsas de xilema externas al anillo principal; frecvata: frecuencia de elementos de vaso en brote; areavata: área del elemento de vaso en brote; perivata: perímetro del elemento de vaso en brote; longvata: diámetro feret del elemento de vaso en brote; feret: diámetro feret del elemento de vaso en brote; VULT: vulnerabilidad de brote.

Análisis en Componentes Principales (ACP).

El ACP dio que el primer valor propio (9.548) acumuló el 38.19 % de la variabilidad total, el segundo (4.009) el 16.03 % acumulando un total en ambos componentes de 54.23 % de la variabilidad total en los dos primeros valores propios, el tercer componente (2.582) solo acumulo el 10.33 %.

En el primer componente destacó obtuvo el área, el diámetro tangencial y Feret promedio de vasos en brote. Esto indica que el primer componente abarca la dimensión de los elementos de vaso en el brote. (Cuadro 2).

En el segundo componente, las principales variables que lo explican son: el porcentaje de xilema y el número de vasos en la vena central de la hoja; porcentaje del xilema y el floema en brote; y la conductividad relativa en la vena central de la hoja. Lo anterior indica que este componente principal hace referencia a la cantidad de sistema de conducción existente y la probable cantidad de agua que pueden transportar estas partes de la planta (Cuadro 2).

En un plano factorial bidimensional la proyección de los individuos en los dos primeros componentes principales (CP) (figura 2), se observó que el grupo de almendro es el que se encuentra más disperso lo que presenta una mayor heterogeneidad, esto puede ser explicado por su autoincompatibilidad lo que causa un grupo más heterogéneo que los grupos de duraznos (Ryugo, 1993; Kester y Grasselly, 1983).

Cuadro 2. Vectores propios del Análisis en Componentes Principales de características anatómicas de brote, hoja y estomas de cinco grupos de durazno de diferentes procedencias, el portainjerto ‘Nemaguard’ y un almendro.

Variable	CP1	CP2	CP3
longest	0.066382	-.118968	0.282129
densest	-0.122712	0.045961	0.059715
longlam	-0.094191	0.143243	0.441541
epidsup	-0.045327	0.110264	0.284255
epidinf	0.057374	0.210907	0.200918
pxilnerv	-0.018468	0.332751	-0.188821
numvane	-0.147867	0.332946	0.222552
frecvane	-0.214864	0.231970	0.156826
areavane	0.268475	0.124111	-0.155796
perivane	0.260883	0.047922	-0.185041
longvane	0.263390	0.138097	-0.145083
CRN	0.169318	0.329942	-0.035603
VULN	0.207384	-.0270328	-0.175571
pmedta	0.187791	-.230792	0.071739
pxilta	-0.110212	0.303927	-0.233250
pflota	-0.119519	0.368540	-0.119129
pcorta	-0.004644	-0.282218	0.220725
numbolex	-0.121157	-0.031321	0.155184
frecvata	-0.228077	-0.031078	-0.352766
areavata	0.300929	0.075276	0.120490
perivata	0.289124	0.086379	0.075163
longvata	0.301644	0.097261	0.101995
feret	0.302148	0.069708	0.112778
CRT	0.245714	0.096327	-0.125449
VULT	0.267449	0.112698	0.221950

longest: longitud del estoma; densest: densidad estomática; longlam: grosor de la lámina foliar; epidsup: longitud de la epidermis superior; epidinf: longitud de la epidermis inferior; pxilnerv: porcentaje de xilema en la vena central; numvane: número de elementos de vaso en la vena central; frecvane: frecuencia de elementos de vaso en la vena central; areavane: área del elemento de vaso de la vena central; perivane: perímetro del elemento de vaso de la vena central; longvane: diámetro del elemento de vaso de la vena central; CRN: conductividad relativa en la vena central; VULN: vulnerabilidad en la vena central; pmedta: porcentaje de médula en brote; pxilta: porcentaje de xilema en brote; pflota: porcentaje de floema en brote; pcorta: porcentaje de corteza en brote; numbolex: número de bolsas de xilema externas al anillo principal; frecvata: frecuencia de elementos de vaso en brote; areavata: área del elemento de vaso en brote; perivata: perímetro del elemento de vaso en brote; longvata: diámetro del elemento de vaso en brote; feret: diámetro feret del elemento de vaso en brote; CRT: conductividad relativa en brote; VULT: vulnerabilidad de brote.

Dentro de los duraznos, los grupos de Sombrerete (Zacatecas) y de Temascaltepec (México) son los que presentan una menor dispersión, por lo que se podrían considerar las más homogéneas (Figura 2), sin embargo la dispersión intragrupo de los duraznos es baja. Los grupos de Jalatzingo (Veracruz), Tulancingo (Oaxaca) y el portainjerto ‘Nemaguard’ son los que presentan dispersión en ambos CP por lo que se consideran las más heterogéneas dentro de los duraznos, y el grupo de Misantla (Veracruz) con una dispersión media (Figura 2).

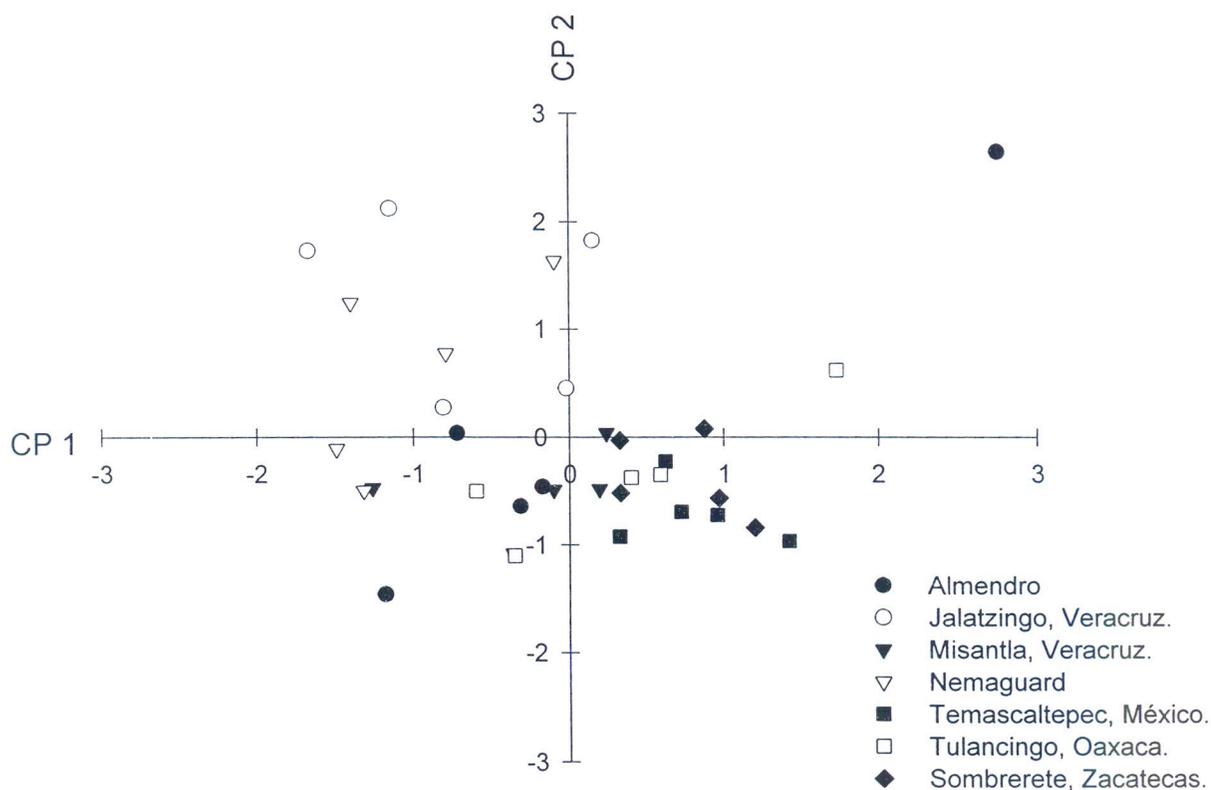


Figura 2. Dispersión de los genotipos de durazno en el primer plan factorial de los dos primeros componentes principales del Análisis en Componentes Principales con características anatómicas de brote, hoja y estomas.

Para medir la dispersión existente dentro de cada grupo de acuerdo con el centroide y la distancia euclidiana cuadrada promedio de los individuos con respecto al mismo, se encontró que entre mayor sea este valor, mayor dispersión existe dentro del grupo, donde el almendro es mayor y con un error estándar también mayor (Figura 3).

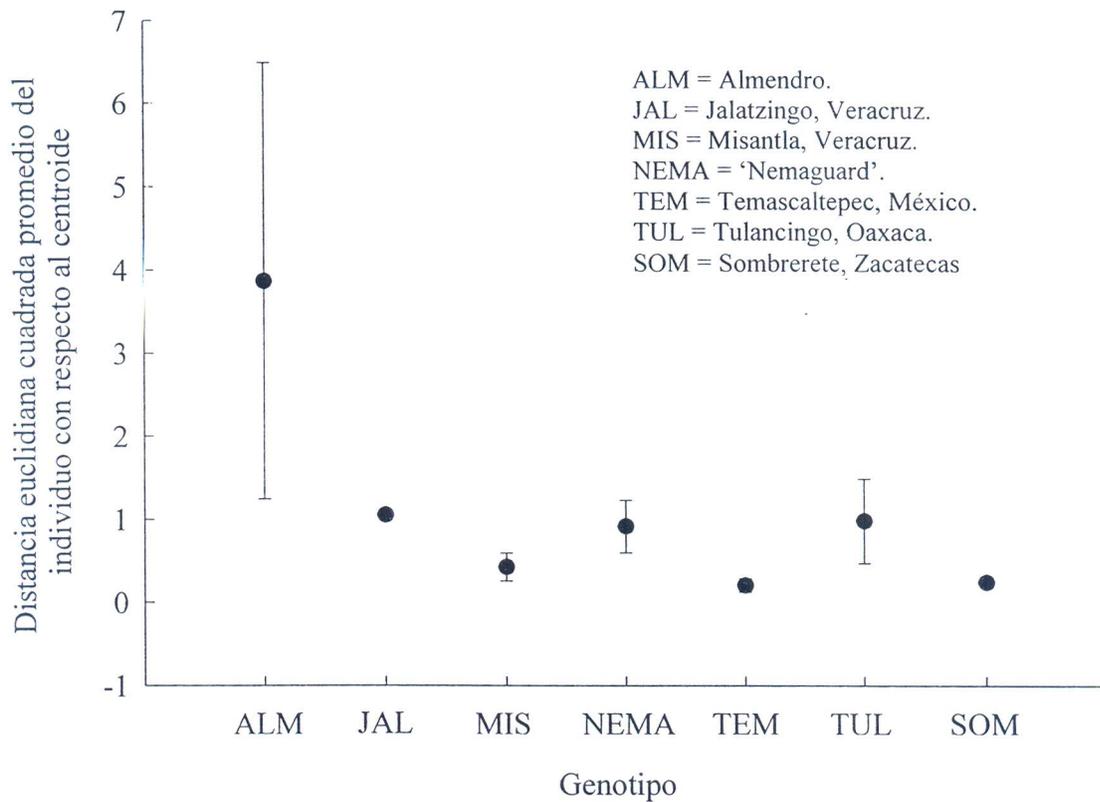


Figura 3. Variabilidad intragrupo del Análisis en Componentes Principales de cinco grupos de duraznos de diversas procedencias, el portainjerto 'Nemaguard' y un almendro, considerando características de brote, hoja y estomas. Distancia euclidiana cuadrada promedio de los individuos con respecto a su centroide \pm error estándar.

La existencia de una mayor dispersión indica mayor heterogeneidad, lo cual es deseable en un programa de mejoramiento genético, por el contrario al tener poca variabilidad y posiblemente llegar a una línea pura nos permite homogenizar la población, lo que provocaría utilizar técnicas genotécnicas de hibridación y no de selección.

A partir de los resultados anteriores se realizó un análisis discriminante canónico para hacer una comparación entre grupos y poder determinar la similitud existente entre grupos de genotipos.

Análisis Discriminante Canónico (ADC).

En cuanto al ADC se obtuvo que solamente sean necesarios las dos primeras funciones canónicas (FC) para explicar la variabilidad existente entre los diferentes grupos las cuales acumulan el 85.17 % de la varianza acumulada (Cuadro 3).

Cuadro 3. Valores propios del Análisis discriminante canónico de las variables anatómicas de brote, hojas y estomas de cinco grupos de durazno, el portainjerto ‘Nemaguard y un almendro

Función canónica	Valor propio	Varianza explicada	Varianza acumulada	Radio de probabilidad	F calculada aproximada	P > F
1	110.9300	0.5629	0.5629	0.00000011	3.01	0.0003
2	56.9113	0.2888	0.8517	0.00001247	2.20	0.0077
3	17.0142	0.0863	0.9381	0.00072217	1.49	0.1232
4	8.1798	0.0415	0.9796	0.01300938	1.08	0.4360
5	2.8462	0.0144	0.9940	0.11942359	0.72	0.8048
6	1.1771	0.0060	1.0000	0.45932588	0.53	0.8865

La estructura canónica total en la primera función canónica detectó a las variables en las que más difieren entre los genotipos (Cuadro 4). La densidad estomática y el grosor de la epidermis superior, características que pueden estar relacionadas con la tolerancia a sequía (Bass, 1982) y que presenta cada grupo y se presume que existan diferencias fuertes entre los grupos, esta FC evaluó las características anatómicas más expuestas de la hoja. La segunda FC estuvo explicada en su estructura por las variables número y frecuencia de vasos en la vena central de la hoja, así como el perímetro de los vasos y la vulnerabilidad en este mismo órgano y por el porcentaje que presentan la médula, el xilema y el floema del brote. Esta FC representó la capacidad del sistema de conducción para suministrar agua, que está muy ligado al ambiente en el se desarrollo el genotipo.

La proyección de las poblaciones en el primer plano factorial de las primeras funciones canónicas, se explican mediante los coeficientes canónicos totales aleatorizados (Cuadro 5). En la primera FC contribuyen las variables: porcentajes de médula, corteza, xilema y floema del brote, el área, el diámetro tangencial y Feret, de los vasos del brote por lo que la primera FC esta explicada por el tamaño del vaso y las proporciones de tejido vascular en el tallo, que son características propias del grupo de acuerdo al análisis; La segunda FC definida por los porcentajes de médula, corteza y xilema del brote, lo que indirectamente indica la cantidad de agua que pueden transportar por el brote. Por otro lado las características del tamaño de vasos y los porcentajes del xilema y el floema en el brote son importantes para poder definir la cantidad de agua que pueden trasportar entre mayor cantidad de agua transporten se supone que se adaptarán mejor a zonas más húmedas, lo que quiere decir un mayor porcentaje de xilema y floema y menores diámetros en vasos transporta una mayor cantidad de agua (Reyes-Santamaría *et al.*, 2002; Vasconcellos y Castle, 1994).

Cuadro 4. Estructura canónica total del Análisis Discriminante Canónico de características anatómicas de brote, hoja y estomas de cinco grupos de durazno de diferentes procedencias, el portainjerto ‘Nemaguard’ y almendro.

Variable	FC1	FC2	FC3
longest	0.279793	-0.125351	-0.206970
densest	0.543969	-0.101884	0.418043
longlam	0.295126	0.307780	0.140819
epidsup	0.531339	0.037400	-0.028586
epidinf	0.278009	-0.030513	0.141662
pxilnerv	-0.179315	0.213656	0.376911
numvane	0.186529	0.563234	0.303399
frecvane	-0.060696	0.610308	0.214577
areavane	-0.217060	-0.383443	0.092635
perivane	-0.057087	-0.506347	0.075218
longvane	-0.115143	-0.406873	0.146207
CRN	-0.282246	0.047193	0.189651
VULN	-0.088373	-0.622483	-0.238797
pmedta	-0.147776	-0.644630	-0.457444
pxilta	0.394088	0.524575	0.469521
pflota	0.032194	0.802519	0.233251
pcorta	-0.240922	-0.364550	-0.125334
numbolex	-0.343605	0.086357	0.230776
frecvata	-0.051044	0.241577	0.229559
areavata	-0.219730	-0.408005	-0.078437
perivata	-0.268930	-0.288270	-0.166149
longvata	-0.187033	-0.415062	-0.060976
feret	-0.208022	-0.425654	-0.076868
CRT	-0.251608	-0.438415	0.105302
VULT	-0.139921	-0.238707	-0.142850

longest: longitud del estoma; densest: densidad estomática; longlam: grosor de la lámina foliar; epidsup: longitud de la epidermis superior; epidinf: longitud de la epidermis inferior; pxilnerv: porcentaje de xilema en la vena central; numvane: número de elementos de vaso en la vena central; frecvane: frecuencia de elementos de vaso en la vena central; areavane: área del elemento de vaso de la vena central; perivane: perímetro del elemento de vaso de la vena central; longvane: diámetro del elemento de vaso de la vena central; CRN: conductividad relativa en la vena central; VULN: vulnerabilidad en la vena central; pmedta: porcentaje de médula en brote; pxilta: porcentaje de xilema en brote; pflota: porcentaje de floema en brote; pcorta: porcentaje de corteza en brote; numbolex: número de bolsas de xilema externas al anillo principal; frecvata: frecuencia de elementos de vaso en brote; areavata: área del elemento de vaso en brote; perivata: perímetro del elemento de vaso en brote; longvata: diámetro del elemento de vaso en brote; feret: diámetro feret del elemento de vaso en brote; CRT: conductividad relativa en brote; VULT: vulnerabilidad de brote.

El durazno tiene una alta tasa de transpiración comparado con otras especies frutales, pero esta transpiración depende de la permeabilidad cuticular al agua y las condiciones climáticas (Huguet *et al.*, 1998), además se ha encontrado que las hojas son el sitio de mayor resistencia hidráulica y en el caso de durazno existen evidencias que indican que el control estomático es pobre y adicionalmente que su xilema es altamente vulnerable (Améglío *et al.*, 1998) por lo que las

características externas de las hojas como densidad estomática y grosor de la epidermis superior, son características importantes para definir especies en el primer plano factorial.

Cuadro 5. Coeficientes canónicos totales aleatorizados del Análisis Discriminante Canónico de características anatómicas de brote, hoja y estomas de cinco grupos de durazno de diferentes procedencias, el portainjerto ‘Nemaguard’ y almendro.

Variable	FC1	FC2	FC3
longest	0.10790039	-0.17575856	1.15778764
densest	3.68905125	-2.39787656	2.19378604
longlam	-2.07523089	0.53096429	0.85025260
epidsup	4.52084243	-2.14862329	-2.93687910
epidinf	2.27014741	1.95413895	0.96626549
pxilnerv	4.72830111	1.14501537	-2.92844647
numvane	11.04149476	1.56408578	-4.27228409
frecvane	-18.66851748	-4.26381776	6.27354690
areavane	-11.09036009	-2.04027095	-2.80833582
perivane	-0.39235556	-0.66075293	0.38752751
longvane	-4.92249671	-5.35166323	8.98593879
CRN	10.06084958	4.01265606	-3.60714610
VULN	7.55491346	1.03085844	-2.18534560
pmedta	-48.31043235	-16.08943462	60.49942641
pxilta	-44.09720084	-13.06061504	60.20100171
pflota	-26.33968826	-5.05556866	38.34487691
pcorta	-42.04580117	-14.55025534	60.59870255
numbolex	-4.77121512	-1.22168941	2.77876371
frecvata	-8.97937681	-1.41216408	3.25299149
areavata	23.80344660	3.13083317	5.37824433
perivata	0.02315638	-0.77953645	-1.93067252
longvata	29.43779636	-5.35430086	-12.11572518
feret	-43.99629356	3.42101696	5.30411648
CRT	-4.93039213	-2.37530699	2.27672068
VULT	-17.99909809	-0.73300737	5.81263976

longest: longitud del estoma; densest: densidad estomática; longlam: grosor de la lámina foliar; epidsup: longitud de la epidermis superior; epidinf: longitud de la epidermis inferior; pxilnerv: porcentaje de xilema en la vena central; numvane: número de elementos de vaso en la vena central; frecvane: frecuencia de elementos de vaso en la vena central; areavane: área del elemento de vaso de la vena central; perivane: perímetro del elemento de vaso de la vena central; longvane: diámetro del elemento de vaso de la vena central; CRN: conductividad relativa en la vena central; VULN: vulnerabilidad en la vena central; pmedta: porcentaje de médula en brote; pxilta: porcentaje de xilema en brote; pflota: porcentaje de floema en brote; pcorta: porcentaje de corteza en brote; numbolex: número de bolsas de xilema externas al anillo principal; frecvata: frecuencia de elementos de vaso en brote; areavata: área del elemento de vaso en brote; perivata: perímetro del elemento de vaso en brote; longvata: diámetro del elemento de vaso en brote; feret: diámetro feret del elemento de vaso en brote; CRT: conductividad relativa en brote; VULT: vulnerabilidad de brote.

En la proyección de los grupos en el primer plano factorial sobre las dos primeras FC se encontró al almendro y a ‘Nemaguad’ en extremos opuestos en la FC 1 (Figura 4), lo que indica que son diferentes de acuerdo a las características estudiadas, en ‘Nemaguad’ se explicaría por la presencia de genes de *P. davidiana* (Carr.) Franch (Layne, 1983) y el almendro por ser una especie diferente. Las poblaciones de durazno se localizan en la parte central de esta FC lo que representaría que son grupos de la misma especie y con características más afines entre ellos. Pero son diferenciadas en el FC 2 que tienen características relacionadas con el lugar de origen, donde los genotipos más negativos en esta FC son de zonas áridas y los más positivos son de zonas con mayor disposición de humedad.

La resistencia a sequía en durazno está reportada por un bajo flujo tanto en xilema como en floema (Huguet *et al.*, 1998). Además Reyes–Santamaría *et al.* (2002) encontraron que en aguacate, la presencia de vasos con diámetros menores para aquellos genotipos que tienen una menor vulnerabilidad. Lo que determinaría que Jalatzingo (Veracruz) es el menos tolerante a sequía, y que Sombrerete (Zacatecas) y Tulancingo (Oaxaca) como los más tolerantes.

Los grupos provenientes de zonas semiáridas del país, Tulancingo (Oaxaca) y Sombrerete (Zacatecas), se ubican en la parte inferior y tienen características de vasos y proporciones de tejidos de conducción asociadas con la resistencia a sequía, mientras que las de Temascaltepec (México) y Misantla (Veracruz) se consideran intermedios, y en la parte superior el genotipo de Jalatzingo (Veracruz), proveniente de la zona más húmeda de las estudiadas en esta investigación.

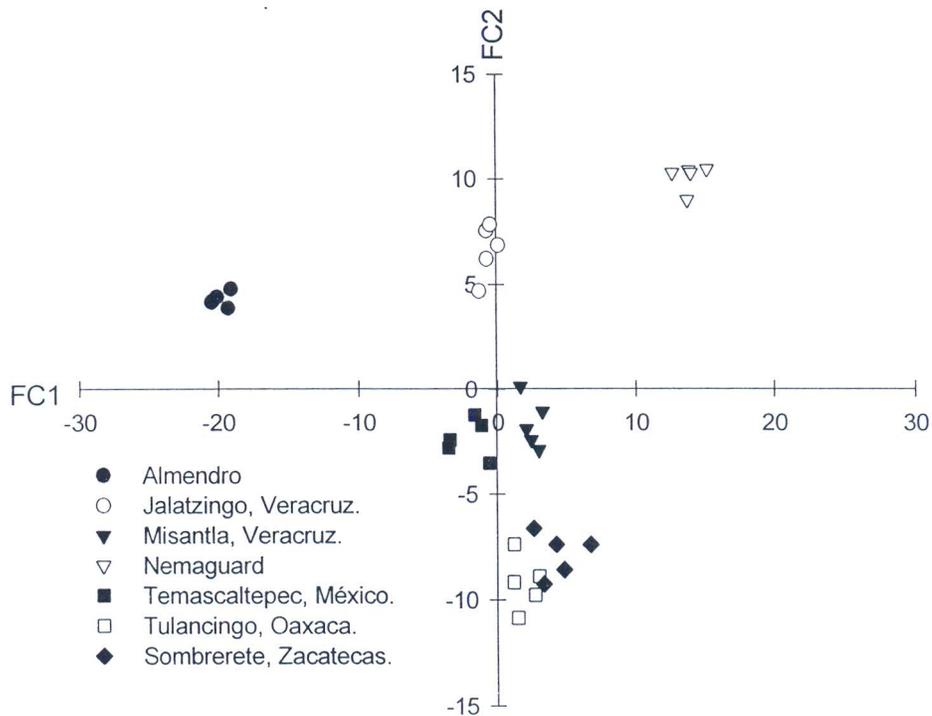


Figura 4. Dispersión de los cinco grupos de durazno, ‘Nemaguard’ y almendro en el primer plan factorial de las dos primeras funciones canónicas del Análisis Discriminante Canónico, derivadas de características anatómicas de brote, hojas y estomas.

Las probabilidades de la distancia de Mahalanobis (Cuadro 6), dio como resultado que grupo de almendro presento diferencias altamente significativas con todos los duraznos, esto es debido a que se trata de dos especies diferentes.

Otro caso especial es ‘Nemaguard’ que al ser un híbrido interespecífico entre *P persica* (L.) Batsch x *P. davidiana* (Carr.) Franch, el cual presentó diferencias significativas con los grupos de durazno

Cuadro 6. Probabilidades y distancias de Mahalanobis de características anatómicas de brote, hoja y estomas en cinco grupos de durazno de diferentes procedencias, el portainjerto ‘Nemaguard’ y almendro

Genotipo	Almendro	Jalatzingo (Veracruz)	Misantla (Veracruz)	Nemaguard	Tulancingo (Oaxaca)	Sombrerete (Zacatecas)	Temascaltepec (México)
Almendro		445.46978	555.39944	1175.00000	695.73674	755.26256	390.56417
Jalatzingo	0.0421**		212.46126	304.84331	295.08612	291.77245	195.63607
Misantla	0.0283**	0.1445		291.08470	143.93127	100.23002	75.70045
Nemaguard	0.0070**	0.0809*	0.0873*		560.45455	440.27707	435.94164
Tulancingo	0.0188**	0.0854*	0.2544	0.0279**		89.77073	169.61266
Sombrerete	0.0161**	0.0870*	0.3997	0.0430**	0.4511		100.55080
Temascaltepec	0.0530*	0.1639	0.5347	0.0437**	0.2022	0.3983	

* significativo con $P \leq 0.1$, ** altamente significativo con $P \leq 0.05$

El grupo de Jalatzingo (Veracruz) fue diferente con los de Sombrerete (Zacatecas) y de Tulancingo (Oaxaca), debido principalmente por que estas dos últimas provienen de zonas áridas de México, y Jalatzingo (Veracruz) de la más húmeda de los grupos evaluados y por lo tanto se asume que es probablemente el menos tolerante a sequía lo cual se puede confirmar por las características del tamaño de elementos de vaso, y la frecuencia de estos en la vena central de la hoja, la vulnerabilidad en la vena central de hoja y los porcentajes del xilema, floema y médula del brote en el sistema de conducción de agua (Sánchez-Díaz y Aguirreolea, 2000). Por ser de zonas completamente contrastantes Jalatzingo presentan diferencias significativas con estas poblaciones que están más adaptadas a la falta de agua. Los grupos de Sombrerete (Zacatecas), Tulancingo (Oaxaca), Temascaltepec (México) y Misantla (Veracruz) no presentaron deferencias significativas entre si, esto puede ser explicado porque estos grupos provienen de zonas donde existen problemas de abastecimiento de agua por lo menos en alguna parte del año.

La agrupación mostrada en la figura 4 coincide tanto con el origen geográfico con la constitución genética de los grupos estudiados. El almendro, al ser una especie distinta, y poseer diferencias anatómicas y morfológicas marcadas con el durazno, fue separado de forma clara. Esta diferencia puede ser corroborada por la distancia de Mahalanobis las cuales indican diferencias significativas con el resto de los grupos situación similar ocurrió con el híbrido 'Nemaguard'.

CONCLUSIONES

Los grupos de durazno se agruparon de acuerdo a las condiciones de su lugar de origen, quedando juntos Sombrerete (Zacatecas) y Tulancingo (Oaxaca), de zonas semiáridas con poca disponibilidad de agua, Misantla (Veracruz) y Temascaltepec (México), de zonas templadas subhúmedas y Jalatzingo (Veracruz) de una zona subtropical húmeda.

El almendro por ser una especie diferente al durazno presentó características particulares, con alta heterogeneidad posiblemente por poseer autoincompatibilidad, y características diferentes con los grupos de durazno. El portainjerto 'Nemaguard' presenta heterogeneidad moderada de sus características, pero por el linaje de *P. davidiana* (Carr.) Franch presenta diferencias con los duraznos.

Los grupos de durazno, presentaron poca heterogeneidad de características, los grupos de Sombrerete (Zacatecas) y Temascaltepec (México) fueron los más homogéneos

Sin embargo, hay que tener en mente las relaciones existentes entre la parte aérea y raíz que son de gran importancia (Itipps *et al.*, 1995), ya que se ha comprobado que existen diferencias en cuanto a resistencia a sequía al utilizar cultivares en sus propias raíces, en comparación con

plantas injertadas en portainjertos provenientes de semilla, donde estas últimas fueron más susceptibles (Couvillon *et al.*, 1989).

LITERATURA CITADA

AMÉGLIO, T.; COCHARD, H.; PICON, C.; COHEN, M. 1998. Water relations and hydraulic architecture of peach trees under drought conditions. *Acta Hort.* 465: 355-361.

AYALA, F. J.; KIEGER, J. A. Jr. 1984. *Genética Moderna*. Traducido por J. Bautista y E. Pachón. Editorial Fondo Educativo Interamericano. Barcelona, España. pp. 657-658.

BASS, P. 1982. Systematic phylogenetic and ecological wood anatomy: history and perspectives, pp. 23-58. *In: New Perspective in Wood Anatomy*. Baas, P (ed.). Martinus Nijhoff, Amsterdam, Netherlands.

CARLQUIST, S. 1977. Ecological factors in wood evolution: a floristic approach. *Amer. Jour. Bot.* 64: 887-896.

COUVILLON, G. A.; RIEGER, M.; HARRISON, G.; DANIELL, J.; GOMEZ-APARISI, J. 1989. Stress- mediated responses of own rooted peach cultivars. *Acta Hort.* 243: 221-230

DOBZHANSKY, T. 1970. *Genetics of the Evolutionary Process*. Columbia University Press. Columbia, USA. pp. 267-270.

- DURÁN RODRÍGUEZ, R.; SAHAGÚN CASTELLANOS, J. 1992. La interacción genético – ambiental en la genotecnia vegetal. *Rev. Chapingo* 79-80: 13-16
- FAHN, A.; WERKER, E.; BASS, P. 1986. Wood Anatomy and Identification of Trees and Shrubs from Israel and Adjacent Regions. *Isr. Acad. Sci. Hum. Jerusalem, Israel*. 49 p.
- HESSE, C. O. 1993. Duraznos. pp. 359-424. *In: Avances en la genotecnia de frutales*. Moore, J. N.; Janick, J. (eds.). Traducido por J. Rodríguez Alcázar. AGT Editor. D. F., México.
- HUGUET, J. G.; GÉNARD, M.; LAURENT, R.; BESSET, J.; BUSSI, C.; GIRARD, T. 1998. Xylematic, phloematic and transpiration flows to and from a peach. *Acta Hort.* 465: 345-353.
- ITIPPS, N. A.; PAGÈS, L.; HUGUET, J. G. ; SERRA, V. 1995. Influence of controlled water supply on shoot and root development of young peach trees. *Tree Physiology* 15: 95-103.
- JOHNSON, D. E. 1998. Métodos Multivariados Aplicados al Análisis de Datos. Traducido por H. Pérez Castellanos. International Thomson Editores, D. F., México. pp. 93-146, 217-286.
- KESTER, D. E.; GRASSELLY, C. 1987. Almond rootstock,. pp. 265-293. *In: Rootstocks for Fruit Crops*. Rom, R. C.; Carlson, R. F. (eds.). John Wiley & Sons. New York, USA.

- LAYNE, R. E. C. 1987. Peach rootstocks, pp. 185-216. *In: Rootstocks for Fruit Crops*. Rom, R. C.; Carlson, R. F. (eds.). John Wiley & Sons. New York, USA.
- QUAMME, H. A.; STUSHNOFF, C. 1988. Resistencia al estrés ocasionado por el medio ambiente. pp. 323-355. *In: Métodos Genotécnicos en Frutales*. Moore, J. N.; Janick, J. (eds.). Traducido por R. Mosqueda Vázquez. AGT Editor. D. F., México.
- RYUGO, K. 1993. *Fruticultura Ciencia y Arte*. 1° edición en español. Traducido por J. Rodríguez-Alcázar. Editorial AGT editor, S. A., México, D. F. pp. 347-351.
- SAHAGÚN CASTELLANOS, J. 1992. El ambiente, el genotipo y su interacción. *Rev. Chapingo* 79-80: 5-12.
- SPERRY, J. S.; SALIENDRA, N. Z. 1994. Intra and inter-plant variation in xylem cavitation in *Betula occidentalis*. *Plant Cell and Environment* 17:1233-1241.
- VASCONCELLOS, L. A. B. C.; CASTLE, W. S. 1994. Trunk xylem anatomy of mature healthy and blighted grapefruit trees on several rootstocks. *J. Amer. Hort. Sci.* 119(2): 185-194.
- WILCOX, D.; DOVE, B; McDAVID, D.; GREER, D. 1995. *Image Tool. Version 3. User guide* on line. University of Texas Health Science Center, San Antonio, USA.

DISCUSIÓN GENERAL.

Al partir de las dos secciones analizadas en el presente estudio se tiene que las principales correlaciones fueron: la correlación negativa entre longitud del estoma con el porcentaje del xilema en vena central de la hoja y con la frecuencia de vasos en el brote; el grosor de la lámina con el número de vasos en la vena central de la hoja, de manera positiva; con la vulnerabilidad de la hoja y con la conductividad relativa del brote, de manera negativa; y la última que podría utilizarse como posible parámetro de selección para resistencia a sequía es la de el porcentaje de médula de manera positiva con la vulnerabilidad tanto de brote como de vena central de la hoja.

Estas correlaciones indican la relación lineal de estas variables, con las cuales se podría determinar de manera indirecta y evita así el cálculo de variables de difícil medición, y dar una explicación sobre el comportamiento conjunto de estas variables.

En lo referente a la selección de variables permitieron con mayor eficacia identificar a los grupos fueron: longitud de estomas, densidad estomática, grosor de la lámina foliar, epidermis superior e inferior de la hoja, área y diámetro medio de los elementos vaso en la vena central de la hoja, porcentaje del xilema y el floema en el brote, frecuencia de vasos en el brote, área y diámetro Feret medio de elementos de vaso de brote y la conductividad relativa del brote.

Por lo que las otras variables evaluadas presentaron características matemáticas homogéneas entre grupos, o son variables que son explicadas por alguna otra, esto puede sesgar el análisis lo que hace difícil identificar a los genotipos o no se encuentra como un identificador homogéneo en todos los individuos de la muestra estudiada.

Mediante el análisis discriminante con las variables seleccionadas todos los genotipos son separados, excepto por la agrupación de el originario de Jalatzingo (Veracruz) y 'Nemaguard' que presentan parecido en las variables anatómicas seleccionadas en el análisis de selección de variables, esto puede ser explicado por el parecido sobre todo en la proporción de xilema y floema del brote existente en ambos genotipos.

El análisis de varianza dio como resultado a las variables porcentaje del xilema y el floema, el grosor de la epidermis superior la densidad estomática, y la conductividad relativa del brote, como las que presentan diferencias estadísticas más evidentes.

En estas variables se corrobora el parecido en las variables porcentaje de xilema y floema entre 'Nemaguard' y el nativo de Jalatzingo (Veracruz), y evidencia los parecidos y las diferencias entre el almendro y el durazno.

En cuanto a la segunda sección se discute la variabilidad interna de los grupos en el análisis en componentes principales. Este análisis al proyectar a los individuos como puntos separados y al reducir dimensionalidad, presenta una idea de la dispersión de cada individuo dentro del grupo al que pertenece y nos permite evaluar la homogeneidad y la heterogeneidad dentro de cada grupo.

En el cual el almendro tiene la mayor heterogeneidad interna, y dentro de los duraznos, los nativos de Jalatzingo (Veracruz), Tulancingo (Oaxaca) y el híbrido entre durazno y *Prunus davidiana* (Carr.) Franch 'Nemaguard' son los que presentan heterogeneidad en este estudio pero menor que la del almendro.

Los duraznos nativos de Sombrerete (Zacatecas) y de Temascaltepec (México) son lo que presentan una mayor homogeneidad de las características del grupo.

También se realizó un análisis discriminante pero con todas las variables evaluadas, para corroborar el parecido de los genotipos evaluados, este análisis a diferencia del obtenido en el primer artículo, se realizó para ver la homogeneidad entre ellos y relacionarlo al ambiente en el que se desarrollan e identificar, según el ambiente el probable comportamiento en condiciones hídricas adversas. No para identificar variables que separen a los grupos, este primer enfoque sirve para explicar las características que definen el sistema de conducción e identificarlas para poder caracterizarlo.

Este segundo ADC dio como resultado que el almendro no presenta características anatómicas similares al durazno y separo a 'Nemaguard' por ser un híbrido y no un durazno ambos son separados por la primera raíz canónica.

En la parte media de la primera raíz canónica (figura 4, segunda sección) se concentran los duraznos separados por la segunda raíz canónica quedando en la parte superior Jalatzingo (Veracruz) que presenta solo diferencias con una $0.05 \leq P \leq 0.1$ en la distancia Mahalanobis con las de Sombrerete (Zacatecas) y Tulancingo (Oaxaca) que se encuentran en la parte inferior de la misma figura y los de Temascaltepec (México) y Misantla (Veracruz) en la parte media estas últimas cuatro sin diferencias significativas, lo que representa la similitud de acuerdo a su lugar de origen. Los de la parte inferior de zonas más secas y los de la parte superior de zonas más húmedas.

Este análisis a diferencia del hecho en la primera sección los resultados obtenidos son interpretados con un enfoque diferente por lo que se justifica la realización de ambos.

CONCLUSIONES GENERALES Y COMENTARIOS FINALES

El grosor de lámina foliar puede ser un buen parámetro de selección debido a la correlación negativa con la vulnerabilidad de la hoja y la conductividad relativa en brote, y por ser de fácil medición.

El diámetro Feret es una variable más confiable que el diámetro estándar por lo que se recomienda su uso, al medir al área por cuatro entre π teniendo un mejor parámetro para medir el tamaño del elemento de vaso.

Las variables importantes en la estructuración canónica total son las que presentan diferencias significativas entre genotipos, pero las de los coeficientes canónicos son las que explican de una mejor manera la variabilidad en el estudio.

Los genotipos 'Nemaguard' y criollo de Jalatzingo (Veracruz) son los que presentan características menos deseables para ser resistentes a sequía; los genotipos de Misantla (Veracruz) y Temascaltepec (México) presentan características intermedias y los de Tulancingo (Oaxaca) y Sombrerete (Zacatecas) son los que presentan buenas características pero pueden ser los más susceptibles a cavitarse o sufrir embolismo en sequías prolongadas.

El almendro presenta características muy particulares por lo que sirve de parámetro para observar si se ha clasificado de una manera correcta pero no es un punto de referencia claro para objetivos

particulares como el obtener portainjertos resistentes a sequía de durazno, y por ser una especie presentó características particulares, con alta segregación por poseer autoincompatibilidad, y características que hace que presente grandes diferencias con las poblaciones de durazno.

El portainjerto ‘Nemaguard’ presentó segregación moderada, pero al parecer por los genes de *P. davidiana* presenta diferencias con el resto de los duraznos pero presenta características anatómicas similares al grupo de Jalatzingo, probablemente por la susceptibilidad que ambos presentan a la sequía, reportado para ‘Nemaguard’ (Couvillon *et al.*, 1989) y el otro por ser de una zona de subtrópico húmedo donde el suplemento de humedad es alto.

La selección de individuos como portainjertos en las poblaciones de durazno “criollo” puede ser una alternativa para un programa de mejoramiento aprovechando las características anatómicas particulares que presentan, y es un reservorio genético aún no explorado y por otro lado estos aspectos son útiles para entender aspectos relacionados con la fisiología de los duraznos bajo condiciones de estrés hídrico.

Es necesario conocer y estimar nuestros recursos fitogenéticos para poder establecer programas de mejoramiento genético por lo que el estudio anatómico, morfológico y genético en frutales nativos o bien adaptados a México, y ayuda a valorar de mejor manera estos recursos fitogenéticos ayudando al progreso científico de nuestro país.