



*Enseñar la explotación de la
tierra, no la del hombre*

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA



INSTITUTO DE HORTICULTURA

**VARIABILIDAD ANATÓMICA DEL XILEMA DE
PORTAINJERTOS Y VARIEDADES DE DURAZNO**

TESIS

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

PRESENTA:

AGUILAR MORENO JUAN

Chapingo, México junio de 2011



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



**VARIABILIDAD ANATÓMICA DEL XILEMA DE PORTAINJERTOS Y
VARIEDADES DE DURAZNO**

**Tesis realizada por JUAN AGUILAR MORENO bajo la dirección del
Comité Asesor Indicado, aprobada por el mismo y aceptada como
requisito parcial para obtener el grado de:**

MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

DIRECTOR:



DR. ALEJANDRO F. BARRIENTOS PRIEGO

ASESOR:



DR. JUAN ENRIQUE RODRÍGUEZ PÉREZ

ASESOR:



DR. GUSTAVO ALMAGUER VARGAS

Chapingo, Estado de México. Junio de 2011

AGRADECIMIENTOS

A Dios y Jesús por permitirme llegar hasta este instante y concluir mis estudios de Maestría.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca que me otorgó para realizar mis estudios de Maestría.

Al Instituto de Horticultura del Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo por haberme dado la oportunidad de estudiar y seguir formándome profesionalmente.

Al Profesor Dr. Alejandro Barrientos Priego, con respeto y agradecimiento por su apoyo, confianza y excelente dirección en la realización de esta investigación.

Al Dr. Juan Enrique Rodríguez Pérez, por su excelente conducción y sugerencias en el manejo estadístico de la información y por preocuparse por la calidad educativa de sus estudiantes y de quien espero aprender más.

Al Dr. Gustavo Almaguer Vargas por su minuciosa revisión y valiosas sugerencias que enriquecieron este trabajo.

Al Dr. Américo Florez Medina por todas las facilidades otorgadas, pero principalmente por su alta calidad personal y profesional.

Al Dr. Juan Ayala, Dr. Eduardo Campos y MC. Julio por su amistad y apoyo y a todos los profesores y personas que contribuyeron en mi formación profesional.

DEDICATORIA

Con todo mi amor y profunda gratitud a mis padres.

Emilia Moreno Galindo

Adrián Aguilar Cruz

Con todo mi cariño a mi mamita y mi papacito, ejemplo de perseverancia, rectitud y conducción de nuestra familia por el camino de Dios.

Catalina Luna Calderón (†)

Dagoberto Álvarez Contreras (†)

A mis queridos y estimados hermanos:

Lucía

Eleuterio

Damián

Viviana

Oscar

Por su amistad, nobleza y deseo de superación. Siempre los recuerdo.

A mi familia, amigos, compañeros, y todas las personas que confían en mí.

DATOS BIOGRÁFICOS

El autor de esta tesis nació en la Comunidad de Emilio Carranza, Zautla, Puebla el 08 de marzo de 1983. Realizó sus estudios de primaria en la escuela “Emilio Carranza”; la secundaria en la Secundaria Técnica número 29 y la preparatoria en la Preparatoria Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo. En 2001 ingresó a la Universidad Autónoma Chapingo, donde obtuvo el grado de Ingeniero Agrónomo Especialista en Fitotecnia en el año 2006. Ha trabajado para el Consejo estatal del Sistema Producto Durazno de Puebla y brindado asesoría a Productores de durazno de 2006 a 2009. En el año 2009 ingresó al Instituto de Horticultura del Departamento de Fitotecnia en la Universidad Autónoma Chapingo, donde realizó sus estudios de Maestría en Ciencias en Horticultura.

TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIA	ii
DATOS BIOGRÁFICOS.....	iii
TABLA DE CONTENIDO	iv
LISTA DE CUADROS	vi
1. INTRODUCCIÓN GENERAL	7
1.1 OBJETIVOS GENERALES.....	9
1.2 REVISIÓN DE LITERATURA GENERAL	10
1.3 LITERATURA CITADA	15
CAPÍTULO 2.....	19
VARIABILIDAD ANATÓMICA DEL XILEMA DE PORTAINJERTOS Y VARIEDADES DE DURAZNO	20
RESUMEN	20
ABSTRACT	20
2.1 INTRODUCCIÓN	21
2.2 MATERIALES Y MÉTODOS.....	25
2.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
2.3.1 Análisis de varianza	28
2.3.1.1 Día 1	28
2.3.1.2 Día 2	28
2.3.1.3 Día 3	28
2.3.1.4 Día 4	30
2.3.1.5 Día 5	30
2.3.2 Efectos principales.....	30
2.3.2.1 Portainjertos.....	30
2.3.2.2 Variedades.....	32

2.3.2.3 Régimen de humedad.....	34
2.3.3 Efectos simples.....	35
2.3.3 Combinación variedad/portainjerto	35
2.3.4 Combinación portainjerto/humedad	38
2.3.5 Combinación variedad/humedad	40
2.3.6 Caracteres anatómicos del xilema	42
2.3.6.1 Combinación variedad/portainjerto	42
2.3.6.2 Posición anidada en variedad/portainjerto	44
2.3.7 Contrastes para variedades y portainjertos en índices de conducción de agua.....	46
2.3.8 Contrastes para variedades y portainjertos de cortes anatómicos.....	48
2.4 CONCLUSIONES	50
2.5 BIBLIOGRAFÍA	51

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Tratamientos evaluados en el experimento de combinaciones injerto/portainjerto de durazno, con y sin riego.	25
Cuadro 2. Análisis de varianza para índices de conducción de agua de materiales de durazno después de cinco días de presencia y ausencia de humedad.....	29
Cuadro 3. Medias de Tukey para portainjertos de materiales de durazno.	31
Cuadro 4. Medias de Tukey para tratamientos sin injertar y variedades de durazno.....	33
Cuadro 5. Medias de Tukey para dos regímenes de humedad en durazno.	35
Cuadro 6. Índices de conducción de agua para la combinación variedad/portainjerto de plantas de durazno en Chapingo, México. .	36
Cuadro 7. Índices de conducción de agua para la combinación portainjerto/humedad de materiales de durazno en Chapingo, México.	39
Cuadro 8. Índices de conducción de agua para la combinación variedad/humedad de materiales de durazno en Chapingo, México.	41
Cuadro 8. Características anatómicas del xilema de materiales de durazno. Combinación variedad/portainjerto.	44
Cuadro 9. Características anatómicas del xilema de materiales de durazno. Posición del material injertado, anidado en variedad/portainjerto.....	45
Cuadro 10. Contrastes para los índices de conducción de agua en durazno. ..	46
Cuadro 11. Contrastes para conductividad hidráulica de materiales de durazno.....	47
Cuadro 12. Contrastes para Cortes anatómicos de materiales de durazno.....	49

1. INTRODUCCIÓN GENERAL

El durazno (*Prunus pérsica* L. Batsch) a nivel mundial ocupa el segundo lugar de producción entre los frutales de hoja caduca, solo por debajo de la manzana. México se sitúa en el 12º lugar de superficie cosechada (39,757 has), 16º lugar en producción (202,066 ton) y en el lugar 66º en rendimiento a nivel mundial (5.08 ton/ha) (FAO, 2010).

A nivel nacional es un cultivo trascendente para la economía al ocupar el séptimo lugar en superficie sembrada (44,720.86 has) entre los frutales y generar divisas por 1,528,695.86 miles de pesos para el año 2010. En ese mismo año los estados de Zacatecas, México, Michoacán, Morelos, Chihuahua y Puebla agruparon el 73.55 % del valor de la producción con 1,124,608.97 miles de pesos, mientras que los estados de Zacatecas, Michoacán, Puebla, México y Chihuahua sumaron el 71.34 % de la superficie plantada con 31,906.41 has de las 44,720.86 has que se tienen establecidas en el país (SIAP, 2010).

De las 44,270.86 has plantadas de durazno, el 71.47 % (31,962.26 has) son de temporal (SIAP, 2010). Considerando que actualmente la época de lluvia ha reducido por el cambio climático y que el agua disponible para la agricultura disminuirá, es necesario realizar investigación en portainjertos y variedades que hagan uso adecuado del agua o tengan mayor tolerancia a estrés hídrico (Mayorga, 2009; Villegas, 2009).

El concepto de estrés fue desarrollado por Hans Seyle en 1936 y lo describe como factores ambientales desfavorables para el desarrollo de la planta, (Lichtenthaler, 1998). En el cultivo de durazno el estrés tiene un impacto negativo en la productividad (Mounzer *et al.*, 2008). Este comportamiento puede atribuirse a la alta tasa de transpiración que tiene el cultivo, comparado con otras especies frutales debido a que el control estomático tiene un desempeño

pobre y el xilema es vulnerable (Ameglio et al., 1998); también puede tener efectos adversos en la calidad de los frutos (López et al., 2010).

La sequía se puede definir como la falta de humedad que afecta el crecimiento normal y desarrollo de la planta, así como sus principales funciones, disminuyendo su potencial productivo. Si el déficit es severo, continuo y la planta no cuenta con mecanismos de defensa, tolerancia, resistencia o evasión, puede morir paulatina e irreversiblemente (Jacobsen y Mujica, 1999).

Los mecanismos de tolerancia a déficit hídrico desarrollados por las plantas pueden ser de cuatro tipos y son la variación de la superficie foliar por la que el agua se transpira y se pierde; el control de la pérdida de agua por unidad de superficie foliar mediante los estomas; la modificación de la conductividad hidráulica entre las distintas partes de la planta para minimizar las embolias, y la adaptación del sistema radicular para mejorar la captación de agua (Valladares, 2004).

Los portainjertos influyen en el crecimiento y desarrollo vegetativo de las variedades injertadas y pueden solucionar problemas atribuidos a plagas, enfermedades, suelos calcáreos o de textura pesada, deficiencia de agua, periodos de sequía y confieren características deseables para el manejo de plantaciones, tales como enanismo o alta densidad (Solari et al., 2006).

En el estado de Puebla el Consejo Estatal del Sistema Producto Durazno, con el fin de homogenizar el uso de portainjertos y reducir costos de producción, eligió dos materiales con características sobresalientes (“Oro Español” y “Tetela”) para utilizarlos en la producción de plantas (SAGARPA, 2005). Debido a que estos materiales son de reciente introducción es necesario estudiar las relaciones hídricas y los caracteres anatómicos del xilema que afectan dichas relaciones para determinar su comportamiento cuando son sometidos a estrés hídrico y el efecto que producen sobre las variedades injertadas.

1.1 OBJETIVOS GENERALES

- Determinar el comportamiento de los índices de conducción de agua de portainjertos y variedades de durazno bajo dos regímenes de humedad para evaluar el efecto que tienen los portainjertos sobre variedades injertadas.
- Evaluar las características anatómicas del xilema de portainjertos y variedades de durazno con el fin de determinar el grado de afinidad.

1.2 REVISIÓN DE LITERATURA GENERAL

El durazno (*Prunus pérsica* L. Batsch), a nivel mundial, ocupa el segundo lugar de producción entre los frutales de hoja caduca, solo por debajo de la manzana. México se sitúa en el 12º lugar de superficie cosechada (39,757 has), 16º lugar en producción (202,066 ton) y en el lugar 66º en rendimiento a nivel mundial (5.08 ton/ha) (FAO, 2010).

A nivel nacional es un cultivo trascendente para la economía al ocupar el séptimo lugar en superficie sembrada (44,720.86 has) entre los frutales y generar divisas por 1,528,695.86 miles de pesos para el año 2010. En ese mismo año los estados de Zacatecas, México, Michoacán, Morelos, Chihuahua y Puebla agruparon el 73.55 % del valor de la producción con 1,124,608.97 miles de pesos, mientras que los estados de Zacatecas, Michoacán, Puebla, México y Chihuahua sumaron el 71.34 % de la superficie plantada con 31,906.41 has de las 44,720.86 has que se tienen establecidas en el país (SIAP, 2010).

De las 44,270.86 has plantadas de durazno, el 71.47 % (31,962.26 has) son de temporal (SIAP, 2010). Considerando que actualmente la época de lluvia ha reducido por el cambio climático y que el agua disponible para la agricultura disminuirá, es necesario realizar investigación en portainjertos y variedades que hagan uso adecuado del agua o tengan mayor tolerancia a estrés hídrico (Mayorga, 2009; Villegas, 2009).

Los portainjertos permiten optimizar el manejo de las plantaciones, incrementar la productividad y proporcionar mayor eficiencia en el uso de los recursos disponibles, tales como suelo, agua, insumos; aseguran la supervivencia de los árboles, controlan el vigor e incrementan el tamaño de los frutos, rendimiento y calidad. Desde esta perspectiva, seleccionar el portainjerto es una decisión económicamente importante, así como el cultivar o variedad que va a explotar.

La elección debe basarse en el tipo de suelo en que se va a establecer la plantación, la densidad de plantación, presencia de nematodos, hongos, pH alto o problemas de replante (Pinochet, 2010).

Okie *et al.* (1994) inició una investigación que culminó en la localización de un portainjerto para el Suroeste de Estados Unidos que incrementó la longevidad de la plantaciones, pues en esa región se tenían problemas severos de “vida corta del duraznero”, asociados con nematodos [*Criconemella xenoplax* (Raski) Luc & Raski].

En la actualidad ya se cuentan con portainjertos capaces de controlar problemas de replante (Pinochet, 2010). La evaluación de este y sus efectos sobre la calidad y la producción son temas de investigación relevantes.

La calidad es un punto que siempre ha estado presente. Rato *et al.* (2008) reportaron que los portainjertos de *Prunus cerasifera* x *munsoniana* mejoraron la calidad y firmeza en ciruela (*Prunus domestica* L.), mientras que Tavallali y Raheme (2007) encontraron que los portainjertos de pistacho (*Pistacia vera* L.) contribuyeron en la absorción de nutrientes minerales e incrementaron la calidad de la semilla, por lo que concluyen que la utilización de portainjertos puede ser una herramienta útil cuando se establecen plantaciones en suelos pobres de nutrientes.

En un estudio donde se compararon 30 portainjertos de pera (*Pyrus communis* L.) para determinar su efecto en la calidad de fruto y contenido de nutrientes en la cáscara, se encontraron diferencias en las variables respuesta analizadas, resultado de la interacción variedad/portainjerto, donde el portainjerto juega un papel muy importante (Mielke, 2005).

Un aspecto que debe considerarse en el uso de portainjertos es la evaluación y estudio de su adaptabilidad, con el fin de utilizar material que permita ser utilizado en condiciones climáticas diversas, cosechar en épocas de mayor demanda y obtener frutos de calidad y uso eficiente del agua. Tsipouridis y Thomidis (2005) evaluaron la influencia sobre la absorción de nutrientes, rendimiento, y resistencia a daños por frío de 14 portainjertos de durazno; concluyeron que tres materiales produjeron los mejores rendimientos y relativa calidad de frutos, tres portainjertos más fueron resistentes a daños causados por heladas, mientras que otros fueron susceptibles.

El injerto es la técnica de multiplicación más utilizada en fruticultura. Puede ocurrir que la combinación variedad/portainjerto vivan en armonía formando una unión satisfactoria o que manifiesten de maneras diversas su falta de afinidad y den lugar a incompatibilidad. En general, son compatibles los cultivares y especies muy relacionados y también algunos géneros próximos, pero plantas más alejadas taxonómicamente manifiestan incompatibilidad casi siempre (Pina, 2008).

Para que las combinaciones variedad/portainjerto expresen su potencial productivo y permanezcan produciendo durante varios años, necesitan de prácticas culturales, tales como poda, fertilización, control de plagas y enfermedades y suministro de agua.

Este último factor es de vital importancia, pues estudios recientes revelaron la necesidad de dosificar el agua para la agricultura debido a la escasez (Seckler *et al.*, 1998). Debido a lo anterior es necesario realizar investigación para identificar portainjertos eficientes en el uso del agua, que no manifiesten cavitación (Cochard, 2006) y que aumenten la productividad aun en condiciones de sequía (Gleen *et al.*, 2006), así como determinar el efecto que tienen sobre los injertos en índices como la conductancia estomática y el intercambio de CO₂ (Rodríguez *et al.*, 2005).

El estrés hídrico es un factor hostil que obstaculiza el desarrollo adecuado de las plantas. Para que las plantas resistan condiciones de sequía desarrollaron mecanismos que permiten:

- Reducir el agua transpirada
- Incrementar la resistencia estomatal o cuticular
- Reducir la radiación solar absorbida
- Reducir el área foliar
- Mantener la velocidad de absorción
- Aumentar la densidad y profundidad de las raíces
- Incrementar la conductancia de la fase líquida

Otra manera de tolerar la sequía es mantener un alto potencial hídrico mediante mecanismos que reducen el agua transpirada; incrementar la resistencia estomatal para limitar la pérdida de agua; mantener la velocidad de absorción del agua o mediante el control estomático; también pueden tolerarla con un bajo potencial hídrico, el cual mantiene la turgencia de las células y, por ende, activos los procesos de crecimiento, desarrollo y producción debido a una acumulación activa de solutos acompañada de una mayor elasticidad de las membranas (Valladares, 2004).

Para determinar las implicaciones de la sequía y otros factores se utiliza la caracterización del xilema (Núñez *et al.*, 2006), y para determinar los mecanismos de afinidad entre variedad/portainjerto se puede estudiar la anatomía del xilema (Sori *et al.*, 2010), pues se ha reportado que en algunos casos las combinaciones variedad/portainjerto pueden ocasionar un cuello de botella en los índices de conducción de agua (Ayup *et al.*, 2011).

Para determinar la condición hídrica de la planta se pueden medir una serie de indicadores fisiológicos y físicos. Según Remorini y Massai (2003), se puede determinar el flujo de savia para identificar el estado hídrico de la planta. Otros estudios hacen referencia a la variación del grosor del tallo para determinar el estrés hídrico y el consumo de agua de la planta (Fernández *et al.*, 2011). Parra (2010) mencionó que puede determinarse el índice de vulnerabilidad y mesomorfia para explicar la anatomía del xilema, mientras que Camposeo *et al.* (2010) sugirieron determinar área de la hoja, frecuencia estomática y el incremento del tamaño de estomas.

1.3 LITERATURA CITADA

- AYUP, M.; HAO, X.; CHEN, Y.; LI, W.; SU, R. Changes of xylem hydraulic efficiency and native embolism of *Tamarix ramosissima* Ledeb. seedlings under different drought stress conditions and after rewatering. South African Journal of Botany. Article in press. 8 p.
- CAMPOSEO S.; PALASCINO, M.; VIVALDI, G. A.; GODINI, A. Effect of increasing climatic water deficit on some leaf and stomatal parameters of wild and cultivated almonds under Mediterranean conditions. Scientia Horticulturae. 127: 234-241 pp.
- COCHARD, H. 2006. Cavitation in trees. C. R. Physique. 7: 1018-1026 pp.
- ERREA, P.; A., F.; HERRERO, M. 1994. Graft establishment between compatible and incompatible *Prunus* spp. *Journal of Experimental Botany*. 45 (272): 393-401.
- FAO. 2010. In: <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>. Último acceso disponible: 01 de abril de 2010.
- FERNÁNDEZ, J. E.; MORENO, F.; MARTÍN P., M. J.; CUEVAS, M. V.; TORRES R., J. M.; MORIANA, A. 2011. Combining sap Flow and trunk diameter measurements to assess water needs in mature olive orchards. Environmental and experimental botany. 72: 330-338 pp.
- GLENN, D. M.; SCORZA, R.; OKIE, W. R. 2006. Genetic and environmental effects on water use efficiency in peach. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 131: 290-294 pp.

- JACOBSEN, S. E.; MUJICA, A. 1999. I Curso Internacional sobre fisiología de la resistencia a sequía en quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Centro Internacional de la Papa (CIP). Lima, Perú. *In*: <http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro05/home5.htm>. Último acceso disponible: 01 de abril de 2010.
- LICHTENTHALER, H. K. 1998. The Stress Concept in Plants: An Introduction. *In*: Annals New York Academy Of Sciences. 187-197 pp.
- LÓPEZ, G.; BEHBOUDIAN, M. H.; VALLVERDU, X.; MATA, M.; GIRONA, J.; MARSAL, J. 2010. Mitigation of severe water stress by fruit thinning in 'O'Henry' peach: Implications for fruit quality. *Scientia Horticulturae* 125: 294–300 pp.
- MAYORGA C., F. J. 2009. El cambio climático y el desarrollo regional y agropecuario. 5º Foro internacional de desarrollo sustentable. *In*: <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/cambioclimatico/Presentacion%20ante%20el%20IPN%20del%20Cambio%20Climatico%20y%20Desarrollo%20Agropecuario.pdf>. Ultimo acceso disponible: 11 julio de 2011.
- MIELKE, E. A. 2005. Effects of Rootstock and Training System on Fruit Quality and Peel Nutrient Content in 'd'Anjou' Pears. *Journal of Tree Fruit Production*, 3 (2): 57-74 pp.
- MOUNZER, O. H.; VERA, J.; TAPIA, L. M.; GARCÍA O., Y.; CONEJERO, W.; ABRISQUETA, I.; RUIZ S., M. C.; ABRISQUETA G., JOSÉ M. 2008. Irrigation scheduling of peach trees (*Prunus persica* L.) by continuous measurement of soil water status. *Agrociencia*, 42 (8): 857-868 pp.
- NUÑEZ C., C.; BARRIENTOS P., A. F.; RODRÍGUEZ P., J. E. 2006. Variabilidad anatómica de los sistemas de conducción y estomático de genotipos de *Prunus* spp. de diferentes orígenes. *Pesq. agropec. Bras.* 41 (2): 233-241 pp.

- OKIE, W. R.; BECKMAN, T. G.; NYCZEPIR, A. P. 1994. BY520-9, A Peach Rootstock for the Southeastern United States that Increases Scion Longevity. *HORTSCIENCE* 29 (6): 705–706 pp.
- PARRA M., J. S. 2010. Vulnerability and mesomorphy indexes determination for Laurales from San Eusebio forest (Merida, Venezuela). *Pittieria*. 34: 13-22 p.p.
- PÉREZ, G. S. 1995. En: Guía Técnica para la Producción de Durazno en la Región Sur del Estado de México. 2002. Autores: ESPÍNDOLA B., L. y MUÑOZ P., R. B. Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal del Estado de México. 32 pp.
- PÉREZ, S. 2003. Improved peach rootstocks and nursery management practices for subtropical climates. *Scientia Horticulturae* 98: 149–156 pp.
- PINA S., A. 2008. Compatibilidad de injerto en frutales. *Surcos de Aragón*. 107: 20-24 pp. Ilust.
- PINOCHET, J. 2010. 'Replantpac' (Rootpac® R), a Plum–almond Hybrid Rootstock for Replant Situations. *Hortscience* 45 (2): 299–301 pp.
- RATO, A. E.; AGULHEIRO, A. C; BARROSO, J. M.; RIQUELME, F. 2008. Soil and rootstock influence on fruit quality of plums (*Prunus domestica* L.). *Scientia Horticulturae* 118: 218–222 pp.
- REMORINI, D.; MASSAI, R. 2003. Comparison of water status indicator for Young peach trees. *Irrig. Sci.* 22: 39-46 pp.
- RODRÍGUEZ, M. L.; LOPES, C.; PEREIRA, J. S; CHAVES, M. M. 2005. Control of stomatal aperture and carbón uptake by déficit irrigation in tow grapevine cultivars. *Agriculture Ecosystems & Environment*. 106: 261-274 pp.
- SIAP (Servicio de información agroalimentaria y pesquera). 2010. *In*: http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=222. Último acceso disponible: 20 de abril de 2010.

- SECKLER, D.; U. AMARASINGHE, U.; MOLDEN, D.; DE SILVA, R.; BARKER, R. 1998. World Water Demand and Supply, 1990 to 2025: Scenarios and Issues. Research Report 19. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute. 50 p.
- SOLARIA, L. I.; PERNICEB, F.; DEJONGA, T. M. 2006. The relationship of hydraulic conductance to root system characteristics of peach (*Prunus persica*) rootstocks. *Physiologia Plantarum* 128: 324–333.
- SORI T., A.; NIETO A., R.; RODRÍGUEZ P., J. E.; BARRIENTOS P., A. F.; IBAÑEZ C., L. A.; ROMANCHIK K., E.; NUÑEZ C., C. A. 2010. Variación anatómica del xilema en tallo de cultivares de tomate injertado en un tipo criollo. *Revista Chapingo Serie Horticultura*. 16 (1): 67-76 pp.
- TAVALLALI, V.; RAHEMI, M. 2007. Effects of Rootstock on Nutrient Acquisition by Leaf, Kernel and Quality of Pistachio (*Pistacia vera* L.). *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.* 2 (3): 240-246 pp.
- TSIPOURIDIS, C.; THOMIDIS, T. 2005. Effect of 14 peach rootstocks on the yield, fruit quality, mortality, girth expansion and resistance to frost damages of May Crest peach variety and their susceptibility on *Phytophthora citrophthora*. *Scientia Horticulturae*. 103: 421–428 pp.
- VALLADARES, F. 2004. Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante. EGRAF, S. A. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid. 163-190 pp.
- VILLEGAS M., A. 2009. Propagación y portainjertos en el cultivo de Durazno. En: II Simposium Nacional de Producción Forzada y I Curso de Producción Forzada en Frutillas y Durazno. 118-123 pp.

CAPÍTULO 2.
VARIALIBIDAD ANATÓMICA DEL XILEMA DE
PORTAINJERTOS Y VARIEDADES DE DURAZNO

VARIABILIDAD ANATÓMICA DEL XILEMA DE PORTAINJERTOS Y VARIEDADES DE DURAZNO

XYLEM VARIABILITY IN PEACH ROOTSTOCKS AND VARIETIES

J. Aguilar-Moreno^{1¶}; A. F. Barrientos-Priego²; J. E. Rodríguez-Pérez²; G. Almaguer-Vargas²

RESUMEN

Se evaluaron índices de conducción de agua en dos condiciones de humedad y la anatomía del xilema en fase temprana de los portainjertos Tetela y Oro español y las variedades Oro C y Diamante especial en las combinaciones posible para determinar su afinidad. El mayor grado de afinidad bajo humedad se tuvo con la combinación Diamante especial/Tetela al presentar mayor potencial hídrico, conductancia estomática en hoja, conductividad hidráulica, área de vasos, índice de vulnerabilidad y conductancia relativa en brote, en tanto que para sequía fue la combinación Oro C/Oro español. Los portainjertos afectaron los índices de conducción de agua y las características anatómicas del xilema de las variedades, en tanto que estas no modificaron las características de los portainjertos.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: variedad/portainjerto, conductividad hidráulica, potencial hídrico, combinación variedad/portainjerto.

ABSTRACT

In order to detect at an early stage behavior combinations in rootstocks and peach varieties, we evaluated the anatomy of the xylem vessels and water conduction rates. We used Tetela and Oro Español Rootstocks and the varieties Oro C and Diamante Especial in the possible combinations. The higher degree of affinity was the combination Diamante especial/Tetela presenting the highest hydric potential, higher stomatal conductance, hydraulic conductivity, vessel area, vulnerability index and relative conductivity. The rootstocks affect water conduction rates and anatomical characteristics of xylem of varieties, while that these did not affected the characteristics of the rootstocks. The rootstocks and varieties behave differently when subjected to water stress.

ADDITIONAL KEY WORDS: variety/rootstock, hydraulic conductivity, hydric potential, variety/rootstock combination.

¹Estudiante de Maestría en Ciencias en Horticultura. ²Profesor-Investigador. Instituto de Horticultura. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo, Km. 38.5 Carretera México-Texcoco. Chapingo, Estado de México C.P. 56230. MÉXICO.

2.1 INTRODUCCIÓN

En México el durazno (*Prunus pérsica* L. Batsch) es un cultivo que ocupa el séptimo lugar en superficie sembrada (44,720.86 has) entre los frutales. En el año 2010 los estados de Zacatecas, México, Michoacán, Morelos, Chihuahua y Puebla agruparon el 73.55 % del valor de la producción con 1,124,608.97 miles de pesos, mientras que los estados de Zacatecas, Michoacán, Puebla, México y Chihuahua sumaron el 71.34 % de la superficie plantada con 31,906.41 has de las 44,720.86 has que se tienen establecidas en el país (SIAP, 2010).

De las 44,270.86 has plantadas de durazno, el 71.47 % (31,962.26 has) son de temporal (SIAP, 2010). Considerando que actualmente la época de lluvia ha reducido por el cambio climático y que el agua disponible para la agricultura disminuirá, es necesario realizar investigación en portainjertos y variedades que hagan uso adecuado del agua o tengan mayor tolerancia a estrés hídrico (Mayorga, 2009; Villegas, 2009).

Los árboles frutales utilizados para el establecimiento de plantaciones están formados por una combinación variedad/portainjerto, donde la variedad aporta la parte área y el portainjerto proporciona el sistema radicular (Dolgun *et al.*, 2009). La interacción entre los dos genotipos es muy compleja (Weibel, 2003); puede ocurrir que los individuos vivan en armonía formando una unión satisfactoria o que manifiesten falta de afinidad (Errea *et al.*, 1994), (Pina y Errea, 2005) y (Pina, 2008).

Actualmente los portainjertos proporcionan un manejo simplificado de las plantaciones, incrementan la productividad, aseguran la supervivencia de los árboles, controlan el vigor y el balance hídrico de la planta (Solari *et al.*, 2006), influyen en los atributos cualitativos y nutricionales de los frutos (Remorini *et al.*, 2008), en la calidad de la fruta, en la absorción de nutrimentos, mortalidad de las plantas, resistencia a daños por frío, (Tsipouridis y Thomidis, 2005) requerimiento de horas frío (Maneethon *et al.*, 2007), y en el desarrollo del

injerto, así como su adaptación a diferentes tipos de suelo, condiciones de estrés hídrico, condiciones climáticas (Giorgi *et al.*, 2005) y tolerancia a estrés por sales (Massai *et al.*, 2004). Por tal motivo, la selección del portainjerto y el cultivar o variedades a explotarse es una decisión económicamente importante, ya que de las combinaciones variedad/portainjerto dependerá el grado de productividad y calidad de la producción (Pinochet, 2010).

Una combinación variedad/portainjerto exitosa está en función del grado de afinidad en términos de conexiones vasculares entre el injerto y el portainjerto, debido a que la regeneración vascular es un proceso complejo que incluye la diferenciación del xilema y floema (Aloni *et al.*, 2010).

El xilema es un tejido compuesto por traqueidas, elementos vasculares o vasos (tráqueas) y fibras (Carlsbecker y Helariutta, 2005); determina la cantidad de agua que puede ser transportada, así como la vulnerabilidad de la planta a sufrir cavitación, asociada a factores como el frío, daños mecánicos o sequía (Loepfe *et al.*, 2007). Mantiene una relación directa con la conductancia estomática para soportar cambios en la conductividad hidráulica y el potencial hídrico (Meinzer *et al.*, 2009). Afecta el transporte de nutrimentos debido a la diferencia de potencial entre el suelo y las hojas, manifestando un alto potencial hídrico cuando el suelo tiene suficiente agua (Jiao y Jun, 2009).

El potencial hídrico (Ψ) es la magnitud con que se determina la capacidad de movimiento del agua en un sistema en particular, proporciona una medida de la hidratación de la planta y presenta una oscilación más o menos típica, con valores más elevados al amanecer y al anochecer y menores al medio día; en tanto que la conductividad hidráulica es la medida de la permeabilidad de las membranas al agua, siendo un factor que determina la velocidad del movimiento del agua en las plantas. Estos valores se ven afectados por el portainjerto, sequía en el suelo, transpiración, resistencia elevada en las raíces,

lesiones en el xilema por embolia y cavitación y por las características anatómicas del mismo (Azcón y Talón, 2000) y (Taiz y Zeiger, 2010).

La elección de una combinación variedad/portainjerto garantiza que las plantas sean de calidad, sin embargo, para que expresen su máximo potencial productivo y permanezcan produciendo durante varios años, necesitan de prácticas culturales, tales como la poda, fertilización, control de plagas y enfermedades y disponibilidad de agua. Este último factor es importante, pues estudios recientes revelaron la necesidad de dosificar el agua para la agricultura debido a su escasez. Rosegrant *et al.* (2009) mencionó que el agua para la agricultura disminuirá en los siguientes 15 años, mientras que Seckler *et al.* (1998) precisó que para el 2025 la demanda de agua para la agricultura incrementará en 50%.

Debido a que el durazno tiende a requerir de 10,000 a 12,000 m³.ha⁻¹ de agua para obtener frutos de calidad (Infoagro, 2002), es necesario realizar investigación para identificar portainjertos y variedades más eficientes en el uso del agua, pues la sostenibilidad de la producción dependerá de su identificación (Cochard *et al.*, 2007). Desde esta perspectiva es necesario tener portainjertos y variedades con mayor resistencia, tolerancia o uso eficiente del agua con el fin de hacer frente a las futuras condiciones climáticas, donde, debido al cambio climático y a los procesos de desertización, la única manera de obtener producción en plantaciones sea en condiciones de déficit hídrico (Mayorga, 2009; Moreno, 2009).

El concepto de estrés fue desarrollado por Hans Seyle en 1936 y lo describió como factores ambientales desfavorables para el desarrollo de la planta (Lichtenthaler, 1998). En el cultivo de durazno el estrés tiene un impacto negativo en la productividad (Mounzer *et al.*, 2008) y puede tener efectos adversos en la calidad de los frutos (López *et al.*, 2010).

La sequía se define como la falta de humedad que afecta el crecimiento normal y desarrollo de la planta, así como sus principales funciones, disminuyendo su potencial productivo (Jacobsen y Mujica, 1999).

Para tolerar la sequía, las plantas desarrollaron distintos mecanismos de sobrevivencia. Tales mecanismos se clasifican en tolerancia y evitación del estrés y se enfocan en la respuesta de las hojas, raíces y la anatomía/metabolismo de las plantas. Otra vía evitadora del estrés es minimizar el impacto del descenso del contenido hídrico en los tejidos, por lo que el potencial hídrico disminuye a la vez que reduce la conductividad hidráulica como una respuesta a la cantidad de agua disponible (Valladares, 2004).

En el estado de Puebla, con el fin de homogenizar y promover el uso de portainjertos con características sobresalientes, se seleccionaron dos materiales, “Oro Español” y “Tetela”, para ser injertados con las variedades “Oro C”, “Prisco”, “Diamante Especial”, “Diamante Mejorado”, “Magno”, “Selección 103”, “Arkansas” y “Fred” (SAGARPA, 2005).

Debido a que estos materiales son de reciente introducción se estudiaron las relaciones hídricas bajo dos condiciones de humedad y los caracteres anatómicos del xilema.

Los objetivos de esta investigación fueron determinar el comportamiento de los índices de conducción de agua de portainjertos y variedades de durazno bajo dos regímenes de humedad para evaluar el efecto que tienen los portainjertos sobre variedades injertadas y evaluar las características anatómicas del xilema de portainjertos y variedades de durazno con el fin de determinar el grado de afinidad.

2.2 MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en un invernadero de la Universidad Autónoma Chapingo, en Chapingo, Estado de México (19° 29' N; 98° 52' O) a 2250 msnm.

Se estudiaron los portainjertos de durazno “Oro Español” y “Tetela” y las variedades “Oro C” y “Diamante Especial”. Los portainjertos se obtuvieron de semilla germinada en marzo del año 2009 y se les realizó un injerto de yema en diciembre del mismo año.

Los factores estudiados fueron los portainjertos Oro Español y Tetela, las variedades Oro C y Diamante Especial en sus posibles combinaciones, incluyendo tratamientos sin injertar para los portainjertos y dos regímenes de humedad que se aplicaron seis meses después de que se injertaron las plantas de durazno, tiempo en el que alcanzaron 50 cm de longitud los injertos; los regímenes de humedad fueron con riego y sin riego y tuvieron una duración de 5 días, momento en que se alcanzó marchitez temporal para los materiales sin riego. De dichas combinaciones, se obtuvieron 12 tratamientos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tratamientos evaluados en el experimento de combinaciones injerto/portainjerto de durazno, con y sin riego.

<i>Tratamiento</i>	<i>Variedad</i>	<i>Portainjerto</i>	<i>Régimen de humedad</i>
T1		Tetela	Riego
T2	Diamante Especial	Tetela	Riego
T3	Oro C	Tetela	Riego
T4		Tetela	Sequía
T5	Diamante Especial	Tetela	Sequía
T6	Oro C	Tetela	Sequía
T7		Oro Español	Riego
T8	Diamante Especial	Oro Español	Riego
T9	Oro C	Oro Español	Riego
T10		Oro Español	Sequía
T11	Diamante Especial	Oro Español	Sequía
T12	Oro C	Oro Español	Sequía

Se consideró como unidad experimental una planta. El diseño de tratamiento fue un 2x3x2 factorial. El diseño experimental utilizado fue un completamente al azar con cinco repeticiones.

Las variables que se evaluaron para índices de conducción de agua fueron potencial hídrico (Bares), usando una Bomba de Scholander marca Soilmoisture Equipment Corp; conductancia estomática ($\text{mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$), determinada con un porómetro de hoja marca Decagon Modelo SC-1 y conductividad hidráulica ($\text{MPa} \cdot \text{s}/\text{kg}$) medida cinco centímetros arriba y cinco cm abajo de la unión del injerto para la variedad y el portainjerto, respectivamente, con el equipo Hydraulic Conductance Flow Meter (HCFP-XP) de la marca DYNAMAX de acuerdo a Tyree *et al.* (1995), y se determinó la absorbancia de prolina (Pro) en hojas mediante el protocolo propuesto por Bates (1973). Para el caso de potencial hídrico, conductancia estomática y prolina, las mediciones se realizaron durante los cinco días que duró el tratamiento de sequía, mientras que la conductividad hidráulica se midió al finalizar la aplicación de los tratamientos.

Para estudiar la anatomía del xilema se realizaron cortes anatómicos transversales a partir de segmentos del tallo de la variedad y el portainjerto. Para obtener los cortes se ablandó el segmento del tallo en una olla de presión aplicando 4.5 kg de presión durante 90 segundos, posteriormente se realizaron los cortes con un grosor de 15 μm en un micrótopo de deslizamiento y se colocaron en agua destilada; luego se tiñeron con Pardo de Bismarck y se fijaron en un portaobjetos, cubriéndolo con un cubreobjetos.

Se obtuvieron fotografías de diez campos por cada corte anatómico con el objetivo de 40x y 10x de ocular con una cámara Motic Modelo MC2000 adaptada a un microscopio de la misma marca. Las imágenes se modificaron en Photoshop CS5.5 para que pudieran ser ingresadas al programa Image Tool versión 3, a partir del cual se obtuvieron mediciones de los vasos del

xilema. Las variables que se evaluaron en los cortes anatómicos fueron: Área de vaso (μm^2), perímetro de vaso (μm), longitud del eje mayor (μm), longitud del eje menor (μm), índice de redondez ($4 \cdot \pi \cdot \text{área}$), diámetro Feret ($4 \cdot \text{área} / \pi$)^{1/2}, frecuencia de vasos, vasos por campo, índice de vulnerabilidad de Carlquist y conductividad relativa del brote.

La información obtenida se procesó mediante análisis de varianza, prueba de medias de Tukey y pruebas de contrastes ortogonales para determinar la similitud entre patrones y variedades. El análisis de datos se realizó con el paquete estadístico SAS V. 9.

2.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.3.1 Análisis de varianza

2.3.1.1 Día 1

Para potencial hídrico (PH) se encontraron diferencias significativas en los factores portainjerto (P), Variedad (V), Humedad (H) y la interacción PxH, en tanto que en conductancia estomática (CE) hubo diferencia en P, V, H y la interacción PxV, mientras que para prolina, todos los factores principales y las interacciones mostraron diferencias significativas (Cuadro 2). Estos resultados indican que los niveles de los portainjertos, las variedades y la humedad se comportaron de distinta manera, en tanto que las interacciones tuvieron efectos distintos en cada nivel de los factores que presentaron diferencias significativas.

2.3.1.2 Día 2

Se encontraron diferencias significativas en PH para el factor V y H, la interacción PxV y PxH. En CE hubo significancia en V, H y las interacciones PxV y PxH. Para Pro se encontró diferencias significativas en P, V, H y las interacciones PxV, VxH y PxVxH (Cuadro 2).

2.3.1.3 Día 3

Los factores P, H y las interacciones PxV y PxH mostraron diferencias significativas en PH, en tanto que en CE solo en el P y V hubo efectos significativos. Para Pro hubo diferencias significativas en P, V, H y las interacciones PxV, VxH y PxVxH (Cuadro 2).

Cuadro 2. Análisis de varianza para índices de conducción de agua de materiales de durazno después de cinco días de presencia y ausencia de humedad.

DIA		FUENTE DE VARIACION								TOTAL	CV
		P	V	H	P*V	P*H	V*H	P*V*H	ERROR		
1	GL	1	2	1	2	1	2	2	48	59	
	PH	1536.21**	106.67*	234.43*	55.81	366.05**	9.55	55.29	21.46		37.04
	CE	14094.40*	18564.35**	16163.85*	16377.30**	109.35	3539.67	516.98	3080.27		48.84
	Pro	0.89**	0.01**	0.22**	0.11**	0.21**	0.01**	0.03**	0.001		11.56
2	GL	1	2	1	2	1	2	2	48	59	
	PH	2.32	203.82**	88.81*	72.09*	159.41**	54.14	6.49	19.69		24.19
	CE	16081.88	70322.22**	43142.65**	19157.73*	38877.42**	13141.98	3495.72	5190.63		42.79
	Pro	0.16**	0.06**	0.01*	0.04**	0.0005	0.03**	0.01**	0.002		12.77
3	GL	1	2	1	2	1	2	2	48	59	
	PH	209.06**	3.68	131.42**	48.92*	107.73**	10.41	39.24	12.31		20.61
	CE	71084.18*	52053.50**	448.26	31461.51	55.29	9296.24	13889.33	10115.33		67.14
	Pro	0.17**	0.02**	0.01*	0.05**	0.0002	0.01**	0.01**	0.002		14.41
4	GL	1	2	1	2	1	2	2	48	59	
	PH	72.16*	20.42	142.91**	23.8	20.88	132.86**	106.69**	11.93		21.01
	CE	27102.25	4064.74	104050.03**	15941.31	32072.06*	7629.63	33771.11*	7914.89		83.67
	Pro	0.26**	0.03**	0.17**	0.006	0.009	0.01*	0.01*	0.004		16.58
5	GL	1	2	1	2	1	2	2	48	59	
	PH	20.76	34.68*	258.33**	29.82*	28.70	52.05**	25.07	8.22		19.53
	CE	73059.66**	2653.53	201921.20**	4018.63	6940.20	23193.58*	18530.13	6584.87		70.07
	Pro	0.17**	0.01	0.02	0.01	0.17**	0.01	0.05*	0.01		20.05
	CHP	0.79**	0.08*	0.06	0.02	0.00	0.17**	0.04	0.02		19.64
	CHV	0.29**	3.62**	0.00	0.07**	0.04*	0.00	0.03*	0.009		19.59

^z FV: fuente de variación; GL: grados de libertad; PH: potencial hídrico; CE: conductancia estomática; PRO: prolina; CHP: conductividad hidráulica del portainjerto; CHV: conductividad hidráulica de la variedad; P: portainjerto; V: variedad; H: humedad; P*V: interacción variedad/portainjerto; P*H: interacción portainjerto/ humedad; V*H: interacción variedad/humedad; P*V*H: interacción variedad/portainjerto/humedad; CV: coeficiente de variación; *significativo con $\alpha \leq 0.05$; **significativo con $\alpha \leq 0.01$.

2.3.1.4 Día 4

Hubo diferencias significativas para PH en el P, H y las interacciones V*H y PxVxH; para CE en H y las interacciones PxH y PxVxH, en tanto que en Pro hubo diferencias significativas en P, V, H y las interacciones VxH y PxVxH (Cuadro 2).

2.3.1.5 Día 5

Para el día cinco, en PH hubo diferencias significativas en V, H y las interacciones PxV y VxH, mientras que para CE en P, H y la interacción VxH, en tanto que para Pro solo hubo diferencias significativas en P y las interacciones PxH y PxVxH; por otra parte, en la Conductividad hidráulica del portainjerto (CHP) se encontraron diferencias significativas en P, V y la interacción VxH y en P, V y las interacciones PxV, PxH y PxVxH en la Conductividad hidráulica de la variedad (Cuadro 2).

Los resultados fueron diferentes cada día debido a que los índices de conducción de agua dependen de las condiciones ambientales que prevalecen durante su medición, por lo que estas variables deben ser consideradas como una aproximación del estado hídrico de la planta al momento de su determinación (Taiz y Zeiger, 2010).

2.3.2 Efectos principales

2.3.2.1 Portainjertos

En Potencial hídrico (PH), al inicio de la investigación, los portainjertos tuvieron diferentes valores, siendo Oro español el portainjerto que tuvo mayor potencial (-7.44 bares) comparado a Tetela que tuvo -17.56 bares. Este comportamiento vario al tercer día, a partir del cual Oro E comenzó a disminuir su potencial (-18.88 bares) y a aumentar en Tetela (-15.15 bares) para el cuarto día (Cuadro 3).

Los resultados indicaron que cada portainjerto presento valores de acuerdo al lugar de origen, tal y como Núñez *et al.* (2006) lo menciona para materiales provenientes de lugares donde predominan condiciones de sequía y humedad.

En conductancia estomática hubo diferencias significativas desde el comienzo de la investigación (Cuadro 3), siendo Tetela el portainjerto que presento mayor apertura estomática (128.96 mmol/(m²•s) al inicio y 150.69 mmol/(m²•s) al final de la investigación). En cambio Oro E mostro valores siempre por debajo de Tetela (98.30 mmol/(m²•s) y 80.90 mmol/(m²•s) para el día uno y cinco respectivamente), lo que indicó que este portainjerto es más eficiente en el uso del agua; pues al disminuir la apertura y cierre estomático contribuye a disminuir la perdida de agua por evapotranspiración (Núñez *et al.*, 2006).

Cuadro 3. Medias de Tukey para portainjertos de materiales de durazno.

VARIABLE RESPUESTA	DIA	TETELA	ORO ESPAÑOL	DMS	CV
Potencial hídrico (Bares)	1	-17.567a ^z	-7.447b	2.40	37.04
	2	-18.14a	-18.54a	2.3	24.19
	3	-15.15b	-18.88a	1.82	20.61
	4	-15.34b	-17.54a	1.79	21.01
	5	-14.09a	-15.27a	1.48	19.53
Conductancia estomática (Mmol/(m ² •s))	1	128.96a	98.30b	28.81	48.84
	2	184.73a	151.99a	37.4	42.79
	3	184.20a	115.36b	52.21	67.14
	4	127.57a	85.03b	46.18	83.68
	5	150.69a	80.90b	42.12	70.07
Prolina (Absorbancia)	1	0.25b	0.49a	0.02	11.56
	2	0.31b	0.42a	0.024	12.77
	3	0.29b	0.39a	0.025	14.41
	4	0.32b	0.45a	0.03	16.58
	5	0.43b	0.54a	0.052	20.50
Conductividad hidráulica portainjerto Mpa•s/kg	5	0.92 ^a	0.69b	0.082	19.65
Conductividad hidráulica variedad Mpa•s/kg	5	0.56 ^a	0.42b	0.05	19.59

^z Valores con la misma letra en fila no son estadísticamente significativas con $\alpha = 0.05$; DMS: Diferencia mínima significativa; CV: coeficiente de variación.

Para absorbancia de prolina hubo diferencias significativas entre el portainjerto Tetela y Oro E (0.25 y 0.49 respectivamente) en el primer día; sin embargo, para el final de la investigación, la absorbancia del portainjerto Tetela y Oro E aumentó a 0.43 y 0.56 (Cuadro 3). El incremento en la absorbancia de prolina demuestra que los portainjertos respondieron a la presencia y ausencia de humedad, pues este aminoácido actúa como un mecanismo osmoprotector que permite reducir el potencial hídrico para soportar condiciones adversas (Nolte y Hanson, 1997).

Por otra parte, Tetela tuvo el mayor valor (0.92) de conductividad hidráulica del portainjerto, en tanto que Oro E 0.69 (Cuadro 3); si se considera que una mayor conductividad hidráulica supone mayor flujo de agua, mayor apertura estomática y mayor evapotranspiración, se afirma que Tetela puede transportar más agua a través del xilema, aunque esto no significa que sea más eficiente en el transporte de la misma debido a que puede sufrir cavitación, perder tensión en la columna de agua y finalmente sufrir embolia (Núñez *et al.*, 2006).

En la conductividad hidráulica de la variedad se observó una disminución de los valores para Tetela y Oro E (Cuadro 3); estos resultados indican que los portainjertos influyeron en la disminución de estos valores, debido a un cuello de botella que se generó en la unión del injerto (Solari *et al.*, 2006b).

2.3.2.2 Variedades

Hubo diferencias significativas en potencial hídrico para los días uno, dos y cinco (Cuadro 4). Los portainjertos sin injertar tuvieron el mayor potencial (-13.49 bares) en contraste con las variedades Diamante español y Oro C, quienes disminuyeron su potencial al término de los tratamientos, habiendo diferencias significativas solo entre los portainjertos sin injertar y la variedad Oro C. Este comportamiento se debió a que las variedades, al estar injertadas, tienen que realizar un mayor esfuerzo para transportar agua por efecto de la unión entre el portainjerto y la variedad, a diferencia de los portainjertos sin

injertar, en los que el movimiento del agua es continuo. El comportamiento coincide con los resultados de Tombesi *et al.* (2010), quienes afirmaron que los portainjertos están asociados a una disminución del potencial hídrico de los injertos.

En conductividad hidráulica la variedad Oro C tuvo el mayor flujo de agua (0.88); este valor está altamente correlacionado con el potencial hídrico, pues tener menor potencial implica mayor facilidad para transportar agua; en tanto que la variedad Diamante especial tuvo 0.76 de conductividad hidráulica (Cuadro 4), lo que supone menor flujo de agua por el tallo (Tombesi *et al.*, 2010).

Cuadro 4. Medias de Tukey para tratamientos sin injertar y variedades de durazno.

VARIABLE RESPUESTA	DIA	Sin injertar	Diamante E	Oro C	DMS	CV
Potencial hídrico (Bares)	1	-14.94a	-10.34b	-12.23ab	3.54	37.04
	2	-20.53a	-19.82a	-14.68b	3.39	24.19
	3	-17.09a	-16.56a	-17.41a	2.68	20.61
	4	-15.50a	-16.32a	-17.51a	2.64	21.01
	5	-13.49b	-14.46ab	-16.10a	2.19	19.53
Conductancia estomática (Mmol/(m ² •s))	1	125.96a	136.00a	78.93b	42.44	48.84
	2	155.81b	232.93a	116.34b	55.10	42.79
	3	150.22ab	200.58a	98.55b	76.91	67.14
	4	112.77a	89.98a	116.21a	68.04	83.68
	5	123.78a	121.02a	102.59a	62.06	70.07
Prolina (Absorbancia)	1	0.37ab	0.40a	0.35b	0.03	11.56
	2	0.42a	0.37b	0.31c	0.36	12.77
	3	0.36a	0.36a	0.30b	0.04	14.41
	4	0.43a	0.36b	0.36b	0.04	16.58
	5	0.50a	0.50a	0.45a	0.08	20.50
Conductividad hidráulica P Mpa•s/kg	5	0.79ab	0.76b	0.88a	0.12	19.65
Conductividad hidráulica V Mpa•s/kg	5	-----	0.73a	0.73a	0.07	19.59

^z Valores con la misma letra en fila no son estadísticamente significativas con $\alpha = 0.05$; SI: Sin injerto; Diamante E: Diamante especial; DMS: Diferencia mínima significativa; CV: coeficiente de variación.

2.3.2.3 Régimen de humedad

Para éste factor se encontró que los materiales que fueron sometidos a cinco días de ausencia de humedad disminuyeron su potencial hídrico de -10.53 bares al inicio del tratamiento a -16.76 bares al término del mismo (Cuadro 5), en tanto que para los tratamientos con humedad mantuvieron bajo su potencial (-12.61 bares al término del tratamiento). Estos resultados demostraron que el durazno es sensible a la falta de humedad y que la disminución de potencial hídrico es un índice que permite saber el momento adecuado para aplicar riego y permite definir qué portainjerto es más sensible a falta de humedad (Glenn y Scorza, 2006).

La ausencia de humedad provocó la disminución de la conductancia estomática de 130.04 ($\text{Mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$) a 57.78 ($\text{Mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$) al término del tratamiento de sequía (Cuadro 5). Esta respuesta es una forma de evadir periodos de estrés hídrico con el fin de tener una mayor oportunidad de sobrevivir (Marsal y Girona, 1997).

Los niveles de absorbancia de prolina aumentaron de 0.43 a 0.51 en las plantas con sequía (Cuadro 5) como un mecanismo de supervivencia, evasión y regulación fisiológica (Valladares, 2004) con el fin de realizar un ajuste osmótico para acumular solutos activamente a pesar de disminuir el potencial hídrico (Parra *et al.*, 1999).

Los resultados anteriores indican que cuando las plantas de durazno fueron sometidas a sequía, disminuyó el potencial hídrico, conductancia estomática, aumentó la producción de prolina y se presentó abscisión de hojas. La implicación de ésta respuesta es que las plantas de durazno son susceptibles a falta de agua y que los efectos son la reducción en la calidad de frutos y productividad (Steinberg *et al.*, 1989; Mounzer *et al.*, 2008).

Cuadro 5. Medias de Tukey para dos regímenes de humedad en durazno.

VARIABLE RESPUESTA	DIA	HUMEDAD	SIN HUMEDAD	DSM	CV
Potencial hídrico (Bares)	1	-14.48a ^z	-10.53b	2.40	37.04
	2	-17.12b	-19.56a	2.30	24.19
	3	-15.54b	-18.50a	1.82	20.61
	4	-14.90b	-17.98a	1.79	21.01
	5	-12.61b	-16.76a	1.48	19.53
Conductancia estomática (Mmol/(m ² •s))	1	97.22b	130.04a	28.81	48.84
	2	195.17a	141.54b	37.4	42.79
	3	152.51a	147.05a	52.21	67.14
	4	147.96a	64.67b	46.18	83.68
	5	173.81a	57.78b	42.12	70.07
Prolina (Absorbancia)	1	0.31b	0.43a	0.022	11.56
	2	0.35b	0.38a	0.024	12.77
	3	0.32b	0.36a	0.025	14.41
	4	0.33b	0.44a	0.033	16.58
	5	0.46a	0.51a	0.052	20.50
Conductividad hidráulica del portainjerto Mpa•s/kg	5	0.78a	0.84a	0.082	19.65
Conductividad hidráulica de la variedad Mpa•s/kg	5	0.49a	0.49a	0.05	19.59

^z Valores con la misma letra en fila no son estadísticamente significativas con $\alpha = 0.05$; DMS: Diferencia mínima significativa; CV: coeficiente de variación.

2.3.3 Efectos simples

2.3.3 Combinación variedad/portainjerto

Con una significancia del 5 %, de acuerdo a la prueba de medias de Tukey (Cuadro 6), las combinaciones variedad/portainjerto para “Diamante especial” y “Oro C” injertadas en los portainjertos “Tetela” y “Oro Español”, y los portainjertos “Tetela” y “Oro Español” tuvieron diferencias significativas en PH durante los días dos, tres y cinco; las combinaciones de Oro Español tuvieron un menor PH, lo que indica que hubo mayor flujo de agua y que el sistema de conducción es mejor que el del portainjerto Tetela, probablemente debido a que “Oro Español” proviene de una zona más seca (Núñez *et al.*, 2006).

Este comportamiento se atribuyó a la unión variedad/portainjerto, ya que estudios previos concluyeron que la región de la unión pueden reducir la cantidad de agua, reguladores de crecimiento y nutrientes que se transportan por el xilema (Weibel, 2003).

Cuadro 6. Índices de conducción de agua para la combinación variedad/portainjerto de plantas de durazno en Chapingo, México.

COMBINACIÓN	POTENCIAL HIDRICO (Bares)					CONDUCTANCIA ESTOMÁTICA (mmol/(m ² *s))					PROLINA (Absorbancia)					CHP MPa s/kg	CHV MPa s/kg
						DÍAS											
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	5	5
TETELA	-21.26a ^z	-18.84abc	-16.04b	-13.70b	-14.07ab	166.16a	162.06b	168.74ab	151.07a	174.45a	0.33d	0.43a	0.37b	0.38bc	0.45ab	0.94a	----
DIAMANTE E/TETELA	-16.04a	-21.76ab	-15.68b	-16.48ab	-13.98ab	157.73ab	284.04a	280.14a	126.77a	151.79a	0.22e	0.30b	0.27c	0.31cd	0.48ab	0.88ab	0.85a
ORO C/TETELA	-15.40ab	-13.84c	-13.74b	-15.86ab	-14.24ab	62.98abc	108.09b	103.72b	104.87a	125.83a	0.20e	0.22c	0.24c	0.27d	0.37b	0.97a	0.84a
ORO ESPAÑOL	-8.62c	-22.22a	-18.14ab	-17.30ab	-12.92b	85.77abc	149.56b	131.70b	74.47a	73.10a	0.41c	0.43a	0.36b	0.49a	0.55a	0.65bc	----
DIAMANTE E/ORO ESP	-4.65c	-17.88abc	-17.44ab	-16.16ab	-14.94ab	114.26bc	181.81ab	121.01b	53.18a	90.25a	0.58a	0.45a	0.46a	0.43ab	0.54a	0.64c	0.62b
ORO C/ORO ESPAÑOL	-9.07bc	-15.52bc	-21.08a	-19.16a	-17.96a	94.88c	124.59b	93.37b	127.54a	79.35a	0.51b	0.40a	0.37b	0.45ab	0.54a	0.8abc	0.64b
DMS	6.62	6.34	5.01	4.94	4.10	79.33	102.98	143.76	127.16	115.99	0.06	0.07	0.07	0.09	0.14	0.23	0.14
CV	37.04	24.19	20.61	21.01	19.53	48.84	42.79	67.14	83.68	70.07	11.56	12.77	14.41	16.58	20.50	19.65	19.59

^zColumnas con la misma letra son estadísticamente iguales, de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$). CHP: Conductividad hidráulica del portainjerto; CHV: Conductividad hidráulica de la variedad; DMS: Diferencia mínima significativa; CV: Coeficiente de variación.

Las combinaciones de Diamante E y Oro C con Oro Español tuvieron los valores más bajos de CE (Cuadro 6) en relación a las combinaciones con “Tetela”, respuesta que indica que éstos últimos tienen menor control de la apertura de estomas, lo que causa una mayor pérdida de agua. Se observó que a mayor potencial hídrico menor apertura de estomas, con el fin de evitar pérdida de agua (Arndt *et al.*, 2000). Ya se reportó que el potencial hídrico ejerce una fuerte influencia de limitación en la conductancia estomática, produciendo una baja asimilación fotosintética, causando que el desarrollo de la planta sea más lento, pues esta variable respuesta es el medio primario para prevenir pérdida de agua a través de las hojas y cavitación en el xilema durante periodos de elevada evapotranspiración (Tombesi *et al.*, 2010).

Debido a que las combinaciones variedad/portainjerto de “Diamante especial” y “Oro C” injertadas en “Tetela” manifestaron bajo potencial hídrico, la conductividad fue mucho más alta en estos materiales, denotando que el flujo de agua es adecuado, mientras que los materiales en combinación de “Diamante especial” y “Oro C” injertados sobre “Oro español” tuvieron valores más bajos, los cuales indicaron que la utilización de estas plantas puede realizarse fuera de zonas húmedas (Zach *et al.*, 2010).

Los resultados revelaron que las relaciones hídricas juegan un papel importante en el desarrollo potencial del injerto y que su determinación puede ser utilizada para conocer el estado hídrico de la planta, toda vez que puede utilizarse para aplicar déficits hídricos controlados, con el fin de ahorrar agua, aunque claramente pueden influir otros factores, tales como el manejo agrícola de las plantaciones y la disponibilidad de agua (Solari *et al.*, 2006a), Remorini y Massai (2003).

2.3.4 Combinación portainjerto/humedad

Los resultados para la combinación portainjerto/humedad demostraron que el potencial disminuye cuando los portainjertos son sometidos a deficiencia de agua, lo que indica que la determinación del potencial hídrico es un indicador sensible para sequía (Cuadro 7). Por otra parte, la respuesta a este factor se dio debido a que la disponibilidad de agua disminuyó, provocando una mayor tensión del agua en la planta, y consecuentemente mayor presión en el xilema; resultados similares expusieron Sdoodee y Somjun (2008) y Ferreyra *et al.* (2003).

En la variable CE, los patrones sometidos a estrés hídrico redujeron su apertura estomática como un mecanismo para evitar la pérdida de agua. El Portainjerto “Tetela” disminuyó la CE al igual que “Oro español”, aunque éste último mostró el valor más bajo ($12.13 \text{ mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$), lo que indica que está más adaptado a periodos de sequía (Valladares *et al.*, 2004), Ferreyra *et al.* (2002), Sellés y Berger (1990).

De acuerdo a Levitt (1980) y Turner (1986), se afirma que el durazno es una planta con mecanismos que evitan la deshidratación celular, al tolerar la sequía con un bajo potencial hídrico, reducción de conductancia estomática, de conductividad hidráulica y abscisión de hojas.

Por otra parte, un mecanismo de tolerancia a estrés es la producción y acumulación de prolina. Para ésta variable, los portainjertos “Tetela” y “Oro español” acumularon más prolina cuando fueron sometidos a estrés hídrico (Cuadro 5).

Cuadro 7. Índices de conducción de agua para la combinación portainjerto/humedad de materiales de durazno en Chapingo, México.

COMBINACIÓN	POTENCIAL HIDRICO (Bares)					CONDUCTANCIA ESTOMÁTICA (mmol/(m ² •s))					PROLINA (Absorbancia)					CHP MPa s/kg	CHV MPa s/kg
						DÍAS											
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	5	5
TETELA-HUMEDAD	-22.01a ^z	-18.56ab	-12.33b	-13.21b	-12.71c	111.19ab	237.00a	187.89a	146.09a	197.95a	0.25c	0.31b	0.28b	0.28c	0.36b	0.89a	0.59a
TETELA-SEQUÍA	-13.2b	-17.73ab	-17.97a	-17.48a	-15.48b	146.72a	132.46b	180.51a	109.05a	103.43b	0.25c	0.33b	0.31b	0.36b	0.51a	0.97a	0.53ab
ORO ESP-HUMEDAD	-6.95c	-15.69b	-18.75a	-16.59a	-12.51c	83.24b	153.35b	117.13a	149.83a	149.67ab	0.38b	0.41a	0.38a	0.39b	0.58a	0.67b	0.39c
ORO ESP-SEQUÍA	-7.94c	-21.39a	-19.03a	-18.49a	-18.04a	113.37ab	150.63b	113.59a	20.30b	12.13b	0.62a	0.44a	0.42a	0.52a	0.51a	0.72b	0.45bc
DMS	3.93	3.76	2.97	2.93	2.43	47.03	61.06	85.23	75.40	68.77	0.04	0.04	0.04	0.05	0.08	0.13	0.08
CV	37.04	24.19	20.61	21.01	19.53	48.84	42.79	67.14	83.68	70.07	11.56	12.77	14.41	16.58	20.50	19.65	19.59

^zColumnas con la misma letra son estadísticamente iguales, de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$). CHP: Conductividad hidráulica del portainjerto; CHV: Conductividad hidráulica de la variedad; DMS: Diferencia mínima significativa; CV: Coeficiente de variación.

Varios autores relacionan la acumulación de prolina al mecanismo de resistencia a sequía, mientras que Hanson *et al.* (1977), Singh y Rai (1981), Ain *et al.* (2001) reportaron que un aumento de prolina indica que la especie es sensible a sequía y que su producción se activa para proteger a la planta de condiciones severas de estrés, por lo que se puede afirmar que el durazno es una planta sensible, de ahí que produzca prolina, de lo contrario, los portainjertos mostraría acumulación baja de prolina, lo que permitiría afirmar que son árboles con alto potencial osmótico (Carmona *et al.*, 2003). Queda claro que sea como reguladora del potencial osmótico o protección contra estrés, el mecanismo de producción de prolina se activa para proteger la planta (Vilagrosa *et al.*, 2010).

2.3.5 Combinación variedad/humedad

Los resultados indican que hubo efectos significativos en las combinaciones variedad/humedad. Los valores para el potencial hídrico en las variedades que fueron sometidas a estrés hídrico disminuyeron con relación a las que estuvieron con riego normal. El portainjerto “Tetela” presentó uno de los valores más bajos en PH, lo que indicó que es susceptible a sequía, comportamiento mostrado por ser de origen húmedo. “Diamante especial” y “Oro C” mostraron valores inferiores a “Tetela”, pero superiores al potencial hídrico de las plantas con humedad, lo que indicó que las variedades de durazno son sensibles a déficits de agua y que su determinación sirve para detectar estrés hídrico y cambios en los índices de conducción de agua (Cohen *et al.*, 2001).

Para el caso de la conductancia estomática, se observó (Cuadro 7) que la tendencia de las variedades sometidas a estrés hídrico es la disminución de apertura de estomas. “Diamante especial” tuvo el valor más bajo, seguido por el portainjerto “Tetela”. Este comportamiento se debe a que “Diamante especial” y “Tetela” provienen de zonas más húmedas, a diferencia de “Oro E” y “Oro C”, que proviene de una zona templada.

Los resultados obtenidos para conductancia estomática sugieren que el durazno es una planta que tiene poca habilidad osmótica para mantener el turgor de las hojas y que el mecanismo de cierre de estomas es el primer paso para que la planta trate de evadir el estrés hídrico (Moreno, 2009). Este comportamiento coincide con el reportado por Steinberg *et al.* (1989) para el cultivo de durazno.

Cuadro 8. Índices de conducción de agua para la combinación variedad/humedad de materiales de durazno en Chapingo, México.

COMBINACIÓN	POTENCIAL HIDRICO (Bares)					CONDUCTANCIA ESTOMÁTICA (mmol/(m ² •s))					PROLINA (Absorbancia)					CHP MPa's/kg	CHV MPa's/kg
						DIAS											
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	5	5
TETELA-H	-23.60a	-18.88bc	-13.36b	-12.92bc	-10.42cd	138.26ab	183.38b	182.56a	142.88abc	248.02a	0.32cd	0.36cd	0.33bc	0.39bc	0.35c	0.93a	---
TETELA-S	-18.92ab	-18.80bc	-18.72a	-14.48bc	-17.72a	194.06a	140.74b	154.92a	159.26ab	100.88bcd	0.34cd	0.49a	0.41a	0.38bc	0.56ab	0.95a	---
ORO E-H	-9.84c	-18.04bc	-17.16ab	-17.36ab	-8.72d	66.60bc	149.08b	101.32a	123.22abc	135.68abc	0.36bc	0.41bc	0.36abc	0.42bc	0.67a	0.73ab	---
ORO E-S	-7.40c	-26.40a	-19.12a	-17.24ab	-17.12ab	104.94bc	150.04b	162.08a	25.72c	10.52d	0.44a	0.44ab	0.37ab	0.57a	0.44bc	0.57b	---
DIAMANTE E-H	-13.09bc	-15.36c	-16.76ab	-17.74ab	-15.14ab	134.93ab	130.01b	126.12a	174.79a	122.65bcd	0.32cd	0.34cde	0.32bc	0.28d	0.42bc	0.89a	0.73a
DIAMANTE E-S	-7.60c	-14.00c	-18.06ab	-17.28ab	-17.06ab	137.06ab	102.67b	70.97a	57.62abc	82.53cd	0.48a	0.27e	0.29c	0.45b	0.49bc	0.88a	0.75a
ORO C-H	-13.64bc	-22.08ab	-18.52a	-20.82a	-15.80ab	103.57bc	289.28a	211.67a	136.04abc	206.92ab	0.43ab	0.41bc	0.41a	0.41bc	0.54ab	0.90a	0.75a
ORO C-S	-10.83c	-17.56bc	-14.60ab	-11.82c	-13.12bc	54.29c	176.57b	189.48a	43.91bc	35.12cd	0.27d	0.34de	0.33bc	0.33cd	0.47bc	0.62b	0.73a
DMS	6.62	6.34	5.01	4.94	4.10	79.33	102.98	143.76	127.16	115.99	0.06	0.07	0.07	0.09	0.14	0.23	0.14
CV	37.04	24.19	20.61	21.01	19.53	48.84	42.79	67.14	83.68	70.07	11.56	12.77	14.41	16.58	20.50	19.65	19.59

²Columnas con la misma letra son estadísticamente iguales, de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$). CHP: Conductividad hidráulica del portainjerto; CHV: Conductividad hidráulica de la variedad; DMS: Diferencia mínima significativa; CV: Coeficiente de variación.

En prolina no hubo diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tukey, sin embargo, en el Cuadro siete puede notarse una leve diferencia. La razón por la cual no hay diferencias significativas puede explicarse en base a la duración del tratamiento de sequía, ya que este fue relativamente corto y probablemente no suficiente para activarse el mecanismo de producción de prolina (Carmona *et al.*, 2003).

Con respecto a la conductividad hidráulica de las variedades sometidas a humedad y sequía, se puede observar (Cuadro 7) que no hubo diferencia estadística, muy probablemente debido a que el patrón absorbió el efecto de este factor, pues se ha reportado que el portainjerto, la mayoría de las veces, presenta una conductividad hidráulica más alta (Zach *et al.*, 2010).

2.3.6 Caracteres anatómicos del xilema

2.3.6.1 Combinación variedad/portainjerto

Se encontró, con una significancia del 5%, que la combinación “Diamante especial” injertada sobre “Tetela” (T) obtuvo los promedios más altos para las variables área de vasos (AV), perímetro de vasos (PV), longitud del eje mayor (LMA), longitud del eje menor (LME), diámetro Feret (DF), índice de vulnerabilidad de Carlquist y conductividad relativa (CR) (Cuadro 8).

Probablemente obtuvo los valores más altos por estar injertado en “Tetela”, ya que los valores reducen significativamente cuando es injertada en “Oro Español (OE), indicando que el portainjerto “Tetela” incrementa estos valores, debido a que pudiese ser un portainjerto vigoroso, tal y como Tombesi *et al.*, (2010) concluye.

Que tenga la mayor CR indica que posee mayor capacidad de conducción de agua, sin embargo, es preciso mencionar que a mayor tamaño de vasos es mayor la probabilidad de que la planta sufra cavitación en situación de estrés hídrico (Vilagrosa *et al.*, 2010). Debido a que posee un potencial hídrico bajo no presentará problemas de cavitación, siempre y cuando no sea sometido a estrés hídrico (Ameglio *et al.*, 1998).

Por otra parte, el portainjerto “Oro español” incrementó la frecuencia de vasos (FV) y el número de vasos por corte (VC), haciendo que este portainjerto sea de amplia utilización en áreas con mayores intervalos de sequía, pues puede no manifestar cavitación (Sori *et al.*, 2010), siendo recomendable que el portainjerto “Tetela” sea utilizado bajo condiciones de humedad, mientras que “Oro español” en condiciones más templadas.

Los resultados de las características del xilema sugieren que el portainjerto “Oro español”, al presentar vasos del xilema muy pequeños, incrementan la cantidad de ellos, a diferencia de la variedad “Diamante especial” (Cuadro 8), causando que el potencial hídrico se eleve cuando el portainjerto tiene vasos pequeños; este comportamiento es similar al reportado por Ameglio *et al.* (1998).

Tener vasos pequeños implica una mayor posibilidad de sobrevivir en condiciones de sequía no prolongada, puesto que con estas características es menos probable que la planta sufra cavitación y embolismo; además, si se presentara este fenómeno, la planta tendrá una mayor posibilidad de sobrevivir, porque seguirá extrayendo agua del suelo para prevenir deshidratación en hojas y meristemos, a diferencia de “Diamante especial”, quien posee mayor área de vasos, ya sea en la combinación Diamante especial/Tetela o sola (Cochard *et al.*, 2007).

El portainjerto “Tetela” presenta, por sí solo un área de vasos mayor y menor cantidad de vasos por corte, lo que sugiere la susceptibilidad a cavitación y embolia, por lo que es recomendable que su utilización sea en zonas con mayor disponibilidad de agua, a diferencia de “Oro español”, que, por sus características, puede ser usado en zonas con sequía eventual. Este comportamiento está en función del origen de estos materiales, pues Tetela proviene de un ambiente más húmedo, a diferencia de “Oro español”, que proviene de una zona templada (Núñez *et al.*, 2006).

Cuadro 8. Características anatómicas del xilema de materiales de durazno. Combinación variedad/portainjerto.

COMBINACIÓN	AV	PV	LMA	LME	IR	DF	FV	VC	IV	CR
TETELA	361.25b ^z	68.57b	23.44b	17.34b	0.88c	20.20b	217.7c	140.96c	0.10a	3167964.57d
DIAMANTE ESPECIAL/TETELA	460.03a	75.90a	26.34a	19.24a	0.89bc	22.63a	247.99c	160.58c	0.10a	5781016.96a
ORO C/TETELA	332.98bc	62.92bc	21.74bc	16.18bc	0.92a	19.04b	294.31b	190.55b	0.070b	2970475.82f
ORO ESPAÑOL	295.06c	60.69c	20.98c	15.60c	0.92a	18.41b	342.21a	221.58a	0.05c	2991530.03e
DIAMANTE E/ORO ESPAÑOL	362.64b	67.12bc	23.30bc	17.13bc	0.91ab	20.24b	300.87b	194.82b	0.06bc	4131211.16b
ORO C/ORO ESPAÑOL	317.22bc	62.06bc	21.44bc	15.92bc	0.92a	18.82b	310.16ab	200.83ab	0.070b	3294475.41c
DMS	65.10	6.58	2.38	1.63	0.02	1.90	39.12	25.33	0.01	1.40

^zColumnas con la misma letra son estadísticamente iguales, de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$); AV: Área de vasos; PV: Perímetro de vasos; Lma: Longitud del eje mayor; LME: Longitud del eje menor; IR: Índice de redondez; DF: Diámetro Feret; FV: Frecuencia de vasos; VC: Vasos por corte; IV: Índice de vulnerabilidad; CR: Conductividad relativa; Diamante E: Diamante especial; DMS: Diferencia mínima significativa.

2.3.6.2 Posición anidada en variedad/portainjerto

Los resultados muestran que la variedad “Diamante especial” injertada sobre “Tetela” (POS2V2P1) tuvo los valores más altos para AV, PV, LMA, LME, DF, IV y CR (Cuadro 9), lo cual indica que el portainjerto sí afectó la expresión de las características del xilema.

Este comportamiento es similar al reportado por Sory *et al.* (2010), quien concluyó que los valores para características del xilema en jitomate aumentaron en la relación portainjerto/variedad, siendo constantes cuando no se injertaron.

Cuadro 9. Características anatómicas del xilema de materiales de durazno. Posición del material injertado, anidado en variedad/portainjerto.

COMBINACIÓN	AV	PV	LMA	LME	IR	DF	FV	VC	IV	CR
POSICIÓN ANIDADA EN VARIEDAD/PORTAINJERTO										
POS1V1P1	361.25bcd ²	68.57bc	23.44bc	17.34bc	0.88b	20.20bc	217.70d	140.96d	0.10ab	3167964.57f
POS1V2P1	354.32bcd	66.50bc	22.97bc	17.09bc	0.90ab	19.98bc	261.65bcd	169.42bcd	0.08bc	3526612.56d
POS2V2P1	565.74a	85.30a	29.70a	21.40a	0.88b	25.27a	234.34cd	151.74cd	0.12a	8035421.37a
POS1V3P1	323.49bcde	62.93bcd	21.73bcd	16.20bc	0.92a	19.07bcd	255.75bcd	165.6bcd	0.08bc	2593279.01i
POS2V3P1	342.46bcd	62.93bcd	21.75bcd	16.16bc	0.91ab	19.02bcd	332.88a	215.50a	0.06cd	3347672.62e
POS1V1P2	295.06de	60.69cd	20.98cd	15.60c	0.92a	18.41cd	342.21a	221.58a	0.06cd	2991530.03h
POS1V2P2	309.87cde	61.89cd	21.4cd	15.85bc	0.92a	18.75bcd	307.42ab	199.06ab	0.06cd	3092568.71g
POS2V2P2	415.41b	72.34b	25.19b	18.42b	0.90ab	21.74b	294.32abc	190.58abc	0.08bc	5169853.60b
POS1V3P2	229.21e	53.28d	18.43d	13.62c	0.91ab	16.25d	304.98ab	197.48ab	0.05d	1661966.5j
POS2V3P2	405.23bc	70.84bc	24.45bc	18.21b	0.93a	21.39bc	315.33ab	204.18ab	0.07cd	4926984.32c
DMS	102.95	10.40	3.76	2.57	0.03	3.00	61.86	40.06	0.02	2.21
CV	13.51	7.39	7.73	7.16	1.46	7.09	10.20	10.20	14.10	27.15

²Columnas con la misma letra son estadísticamente iguales, de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$); AV: Área de vasos; PV: Perímetro de vasos; LMA: Longitud del eje mayor; LME: Longitud del eje menor; IR: Índice de redondez; DF: Diámetro Feret; FV: Frecuencia de vasos; VC: Vasos por corte; IV: Índice de vulnerabilidad; CR: Conductividad relativa; Diamante E: Diamante especial; POS1V1P1: Tetela; POS1V2P1: Tetela injertado con Diamante especial; POS2V3P1: Diamante especial injertado sobre Tetela; POS1V3P1: Tetela injertado con Oro C; POS2V3P1: Oro C injertado sobre Tetela; POS1V1P2: Oro español; POS1V2P2: Oro español injertado con Diamante especial; POS2V2P2: Diamante especial injertado sobre Oro español; POS1V3P2: Oro español injertado con Oro C; POS2V3P2: Oro C injertado sobre Oro español; DMS: Diferencia mínima significativa; CV: Coeficiente de variación.

La variedad “Oro C” injertada sobre “Tetela” y el portainjerto “Oro español” tuvieron la mayor cantidad de Vasos por corte (VC) y frecuencia de vasos (FV), pero solo la mitad del valor de IV con respecto a la variedad “Diamante especial” injertada sobre “Tetela”, lo cual indica que tanto de la variedad “Oro

C” como del portainjerto “Oro español” están adaptados a zonas con menos humedad que “Diamante especial” y “Tetela” (Núñez *et al.*, 2006).

2.3.7 Contrastes para variedades y portainjertos en índices de conducción de agua

Los resultados de los contrastes que se muestran en el Cuadro 10 indican que el comportamiento del portainjerto “Tetela” difiere del portainjerto “Oro español” (Oro E), cuando son injertados con “Diamante especial” y “Oro C”, ya sea en presencia o ausencia de humedad para conductancia estomática, prolina y conductividad hidráulica, lo que confirma que el comportamiento de los dos materiales es distinto.

Así mismo, se puede observar que existen diferencias entre los portainjertos, portainjertos sin injertar e injertados y en las combinaciones variedad/portainjerto en presencia y ausencia de humedad.

Cuadro 10. Contrastes para los índices de conducción de agua en durazno.

CONTRASTE	Potencial hídrico	Conductancia estomática	Prolina	Conductividad H Portainjerto	Conductividad H variedad
Tetela vs Oro E	20.76	73059.66**	0.17**	0.79**	0.29**
Tetela humedad vs Tetela sequía	133.22**	54125.45**	0.10**	0.000	--
Oro E humedad vs Oro E sequía	176.40**	39162.56*	0.12**	0.06	--
Tratamientos humedad vs Tratamientos sequía	258.34**	201921.20**	0.02	0.06	0.000
Tetela humedad vs Oro E humedad	7.22	31550.69*	0.24**	0.10*	--
Tetela injertado vs Oro E injertado	1.45	1320.31	0.14**	0.23**	0.43**
Diamante E/Tetela humedad vs Oro C/Tetela humedad	5.47	53129.52**	0.01	0.07	0.003
Diamante E/Tetela sequía vs Oro C/Tetela sequía	10.00	22024.24	0.05**	0.000	0.01
Diamante E/Oro E humedad vs Oro C/Oro E humedad	76.17**	1295.04	0.002	0.35**	0.01
Diamante especial/Oro E sequía vs Oro C/Oro E sequía	0.67	2.30	0.005	0.007	0.03
Tetela humedad vs Tetela injertado humedad	39.44*	18805.04	0.0006	0.01	2.61**
Tetela sequía vs Tetela injertado sequía	37.63*	48.89	0.01	0.003	2.14**
Oro E humedad vs Oro E injertado humedad	107.54**	1467.20	0.05*	0.02	1.16**
Oro E sequía vs Oro E injertado sequía	6.34	19.52	0.03	0.0104*	1.5001**
CV	19.53	70.08	20.50	19.65	7.82

* $P \leq 0.05$; ** $P \leq 0.01$; ^{ns} no significativo, de acuerdo con las pruebas de contrastes ortogonales.

Para la variable conductividad hidráulica se realizó un contraste entre materiales que actualmente se utilizan para el establecimiento de nuevas plantaciones. Los resultados se muestran en el Cuadro 11.

Cuadro 11. Contrastes para conductividad hidráulica de materiales de durazno.

CONTRASTES	Conductividad hidráulica
Diamante especial/Tetela -Humedad (T2)	0.3479
Oro C/Tetela -Humedad (T3)	0.6023
Diamante especial/Tetela -Sequía (T5)	0.1353
Oro C/Tetela -Sequía (T6)	0.0179*
Diamante especial/Oro español -Humedad (T8)	0.0737
Oro C/Oro español -Humedad (T9)	0.0032**
Diamante especial/Oro español -Sequía (T11)	0.0237*
Oro C/Oro español -Sequía (T12)	0.6203
T2 vs T3	0.1094
T5 vs T6	0.6668
T8 VS T9	0.0190*
T11 vs T12	0.6537
CV	18.46

* $P \leq 0.05$; ** $P \leq 0.01$; ^{ns} no significativo, de acuerdo con las pruebas de contrastes ortogonales.

La combinación T6, T9 Y T11 presentaron valores distintos en conductividad hidráulica para la variedad y portainjerto, lo que permite suponer que existe un cuello de botella en la unión variedad/portainjerto (Ayp *et al.*, 2011), mientras que el contraste T8 vs T9, mostraron diferencias en CH, siendo el T8 quien tuvo el mayor valor de CH, lo que indicó que el flujo de agua es menor en plantas sometidas a estrés hídrico.

El resto de los materiales son afines al mostrar valores similares para CH. Esta variable es muy importante porque indica el movimiento de agua en el tallo, además de estar estrechamente relacionada con el potencial hídrico y la Conductancia estomática (Tombesi *et al.*, 2010). Este contraste demuestra que la combinación Diamante E/Tetela no representa un cuello de botella, que la unión de ambos entes es completamente funcional (Gascó *et al.*, 2007).

2.3.8 Contrastes para variedades y portainjertos de cortes anatómicos

Mediante contrastes se determinó la similitud entre los materiales de este estudio. Se encontró que el material tres es el que mayor grado de afinidad presenta. Este material está compuesto por la variedad “Diamante especial” y el portainjerto “Tetela” (Cuadro 12). Cabe mencionar que debido al origen de T y DE, debe considerarse su utilización para regiones donde la sequía no sea prolongada para evitar problemas como cavitación. Los otros tres materiales compuestos por Oro C/Tetela, Diamante especial/Oro español y Oro C/Oro español, presentan diferencias en las variables anatómicas del xilema, lo que pudiese influir en los índices de conducción de agua (Tombesi *et al.*, 2010).

El comportamiento del portainjerto “Tetela” (T) y “Oro español” (OE) es similar cuando se injertan con “Diamante especial” (DE) u “Oro C” (OC), lo que indica que los portainjertos son muy estables en las características del xilema y que estos influyen en el comportamiento de la variedad injertada. A pesar de ser estables, se muestra en el cuadro seis que “Tetela” es diferente de “Oro Español”, por lo que se recomienda usar el portainjerto “Tetela” en zonas con mayor presencia de humedad, mientras que “Oro Español” en zonas con sequía eventual (Nuñez *et al.*, 2006).

La variedad “Diamante Especial” injertada sobre ambos patrones presenta comportamiento distinto, dándose el mejor comportamiento cuando se injerta sobre “Tetela”, debido a que le confiere mayor AV y PV.

Al parecer “Oro Español” es un portainjerto de poco vigor, ya que los valores del contraste mostraron que no hubo diferencias significativas entre el portainjerto sin injertar y cuando se injertó con “Diamante especial” y “Oro C”, a diferencia del portainjerto “Tetela”, quien mostró diferencias significativas en el índice de redondez (IR), frecuencia de vasos (FV), vasos por corte (VC)

e índice de vulnerabilidad (IV), lo que permite afirmar que el portainjerto “Tetela” sí afectó las características anatómicas de las variedades injertadas, (Solari *et al.* 2006).

El comportamiento de “Diamante especial” y “Oro C” injertado sobre T fue altamente significativo y significativo para “Diamante especial” y “Oro C” injertado sobre “Oro español”, concluyendo que los portainjerto influyen en las características anatómicas del xilema de las variedades y con ello su efecto en las relaciones hídricas (Tombesi *et al.*, 2010).

Cuadro 12. Contrastes para Cortes anatómicos de materiales de durazno.

CONTRASTE	AV ^z	PV	LMA	LME	IR	DF	FV	VC	IV	CR
T2	111752.38**	883.60**	113.29**	46.44**	0.012*	69.96**	1865.13	781.80	0.003**	5.08**
T3	900.03	0.000	0.000	0.005	0.000	0.006	14870.27**	6225.02**	0.0007*	1.42
T5	27845.67**	272.79**	35.91**	16.48**	0.0008*	22.32**	429.28	179.94	0.0004*	1.07**
T6	77462.88**	770.53**	90.66**	52.53**	0.0008**	66.04**	267.80	112.22	0.0009**	2.66**
T vs OE	10954.11*	155.47*	15.12*	7.63*	0.004**	8.02	38755.60**	16248.96**	0.005**	7782
T vs T injertado	1665.22	49.71	3.97	1.63	0.002**	1.53	5604.15*	2349.67*	0.0016**	3889
OE vs OE injertado	2171.24	31.99	3.80	2.45	0.000	2.77	3167.88	1328.00	0.0000	1.25
DE/T vs DE/OC	56502.28**	420.29**	50.89**	22.17**	0.001*	31.22**	8995.20**	3771.36**	0.0035**	2.05**
OC/T vs OC/OE	9850.18*	156.49*	18.27*	10.52*	0.000	14.06*	1945.18	811.80	0.002**	6.23*
CV	13.51	7.39	7.74	7.16	1.46	7.09	10.2	10.2	14.1	27.16

* $P \leq 0.05$; ** $P \leq 0.01$; ^{ns} no significativo, de acuerdo con las pruebas de contrastes ortogonales.

^zAV: Área de vasos; PV: Perímetro de vasos; LMA: Longitud del eje mayor; LME: Longitud del eje menor; IR: Índice de redondez; DF: Diámetro Feret; FV: Frecuencia de vasos; VC: Vasos por corte; IV: Índice de vulnerabilidad; CR: Conductividad relativa; T2: Diamante especial/Tetela –Humedad; T3: Oro C/Tetela –Humedad; T5: Diamante especial/Tetela –Sequía; T6: Oro C/Tetela –Sequía; T vs OE: Tetela vs Oro español; T vs OE: Tetela vs Oro español; T vs T injertado: Tetela vs Tetela injertado; OE vs OE injertado: Oro C vs Oro C injertado; DE/T vs DE/OC: Diamante especial/Tetela vs Diamante especial/Oro C; OC/T vs OC/OE: Oro C/Tetela vs Oro C/Diamante especial; CV: Coeficiente de variación.

2.4 CONCLUSIONES

- El comportamiento de los índices de conducción de agua y características del xilema permiten realizar un acercamiento en la determinación de la afinidad entre variedades y portainjertos.
- Los portainjertos mantienen las características del xilema al momento de ser injertados con cualquier material, ya sea en presencia o ausencia de humedad.
- EL material compuesto por la variedad “Diamante especial” y el portainjerto “Tetela”, presentó la mayor afinidad en casi todas las variables estudiadas. Es preciso mencionar que el área donde puede expresar su máximo potencial es en zonas con humedad dadas las características del xilema.
- El portainjerto Oro Español posee menor área de vasos, pero mayor cantidad de ellos, características que indican que es más tolerante a sequía, que reduce el riesgo de sufrir cavitación y embolias, además de ser eficiente en el transporte de agua.

2.5 BIBLIOGRAFÍA

- AIN L., F.; ZUNZUNEGUI, M. H.; BARRADAS, D. R.; TIRADO, A.; CLAVIJO; GARCIA N., F. 2001. Comparison of proline accumulation in two mediterranean shrubs subjected to natural and experimental water deficit. *Plant and soil*. 230: 175-183 pp.
- ALONI, B.; COHEN, R.; KARNI, L.; AKTAS, H. EDELSTEIN, M. 2010. Hormonal signaling in rootstock–scion interactions. *Scientia Horticulturae*. 127: 119-126 pp.
- AMEGLIO, T.; COCHARD, H.; PICON, C.; COHEN, M. 1998. Water relations and hydraulic architecture of peach trees under drought conditions. *Acta Horticulturae*. 465: 355-361 pp.
- ARNDT, S. K.; WANEK, W.; CLIFFORD, S. C.; POPP M. 2000. Contrasting adaptations to drought stress in field-grown *Ziziphus mauritiana* and *Prunus persica* trees: water relations, osmotic adjustment and carbon isotope composition. *Australian Journal of Plant Physiology*. 27: 985-996 pp.
- AZCÓN B., J.; TALÓN, M. 2000. *Fundamentos de fisiología vegetal*. Editorial McGraw-Hill. Interamericana. Barcelona. 522 p. Ilus.
- BATES, L. S. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil*. 39: 205-207 pp.
- CARLSBECKER, A.; HELARIUTTA, Y. 2005. Phloem and xylem specifications: Pieces of the puzzle emerge. *Current Opinion in Plant Biology*. 8: 512-517 pp.
- CARMONA M., I.; TREJO L., C.; RAMÍREZ V., P.; GABINO G., DE LOS S. 2003. Resistencia a sequía de *Brachiaria* spp. I. Aspectos fisiológicos. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 26 (3): 153-159 pp.
- COCHARD, H.; TETE B., S.; KLEINHENTZ, M.; ESHEL, A. 2007. Is xylem cavitation resistance a relevant criterion for screening drought resistance among *Prunus* species? *Journal of Plant Physiology*. 165: 976-982.

- COHEN, M.; GOLDHAMER, D. A.; FERERES, E.; GIRONA, J.; MATA, M. 2001. Assessment of peach tree responses to irrigation water deficits by continuous monitoring of trunk diameter changes. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*. 76 (1): 55-60 pp.
- ERREA, P.; A., F.; HERRERO, M. 1994. Graft establishment between compatible and incompatible *Prunus* spp. *Journal of Experimental Botany*. 45 (272): 393-401.
- DOLGUN, O.; YILDIRIM, A.; POLAT, M.; YILDIRIM, F.; AŞKIN, A. 2009. Apple graft formation in relation to growth rate feature of rootstocks. *African Journal of Agricultural Research*. 4 (5): 530-534 pp.
- FERREYRA E., R.; SELLÉS V., G.; RUIZ S., R.; SELLÉS M., I. 2003. Effect of water stress applied at different development periods of grapevines cv. Chardonnay on production and wine quality. *Agric. Tec.* 63 (3): 277-286 pp.
- FERREYRA E., R.; SELLES V., G.; LEMUS S., G. 2002. Effect of water stress during fruit growth phase II of peach trees cv. Kakamas on yield and tree water status. *Agric. Téc.* 62 (4): 565-573 pp.
- GASCÓ, A.; NARDINI, A.; RAIMONDO, F.; GORTAN, E. 2007. Hydraulic kinetics of the graft union in different *Olea europaea* L. scion/rootstock combinations. *Environmental and Experimental Botany*. 60: 245-250 pp.
- GLENN, D. M., y SCORZA, R. 2006. Genetic and environmental effects of water use efficiency in peach. *Journal of American Society of Horticultural Science*. 131 (2): 290-294 pp.
- GIORGI, M.; CAPOCASA, F.; SCALZO, J.; MURRI, G.; BATTINO, M.; MEZZETTI, B. 2005. The rootstock effects on plant adaptability, production, fruit quality, and nutrition in the peach (cv. 'Suncrest'). *Scientia Horticulturae*. 107: 36-42 pp.
- HANSON, A. D.; NELSON, C. E.; EVERSON, E. H. 1977. Evaluation of free proline accumulation as an index of drought resistance using two contrasting barley cultivars. *Crop Science*. 17: 720-726 pp.

- INFOAGRO. 2002. El cultivo del melocotón. *In*: http://www.abcagro.com/frutas/frutas_tradicionales/durazno2.asp#6.3. RIEGO. Último acceso disponible: 01 de marzo de 2010.
- JACOBSEN, S. E.; MUJICA, A. 1999. I Curso Internacional sobre fisiología de la resistencia a sequía en quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Centro Internacional de la Papa (CIP). Lima, Perú. *In*: <http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro05/home5.htm>. Último acceso disponible: 01 de abril de 2010.
- JIAO L., Z.; KUN F., C. 2009. Stem hydraulics mediates leaf water status, carbon gain, nutrient use efficiencies and plant growth rates across dipterocarp species. *Functional Ecology*. 23: 658-667.
- Levitt, J. 1980. Responses of plants to environmental stress. Academic Press, New York. V 2. 497 p.
- LICHTENTHALER, H. K. 1998. The Stress Concept in Plants: An Introduction. *In*: *Annals New York Academy Of Sciences*. 187-197 pp.
- LOEPFE, L.; MARTÍNEZ V., J.; PIÑOL, J.; MENCUCCINI, M. 2007. The relevance of xylem network structure for plant hydraulic efficiency and safety. *Journal of Theoretical Biology*. 247: 788-803 pp.
- MANEETHON, S.; KOZAI, N.; BEPPU, K.; KATAOKA, I. 2007. Rootstock effect on budburst of 'Premier' low-chill peach cultivar. *Scientia Horticulturae*. 111: 406-408 pp.
- MARSAL, J., y GIRONA, J. 1997. Relationship between leaf water potential and gas Exchange activity at different phenological stages and fruit loads in peach trees. *Journal of American Society of Horticultural Sciences*. 122 (3): 415-421 pp.
- MASSAI, R.; REMORINI, D.; TATTINI, M. 2004. Gas exchange, water relations and osmotic adjustment in two scion/rootstock combinations of *Prunus* under various salinity concentrations. *Plant and Soil*. 259: 153-162 pp.

- MAYORGA C., F. J. 2009. El cambio climático y el desarrollo regional y agropecuario. 5º Foro internacional de desarrollo sustentable. *In*: <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/cambioclimatico/Presentacion%20ante%20el%20IPN%20del%20Cambio%20Climatico%20y%20Desarrollo%20Agropecuario.pdf>. Ultimo acceso disponible: 11 julio de 2011.
- MEINZER, F. C.; JOHNSON, D. M.; LACHENBRUCH, B.; MCCULLOH, K. A.; WOODRUFF, D. R. 2009. Xylem hydraulic safety margins in woody plants: Coordination of stomatal control of xylem tension with hydraulic capacitance. *Functional Ecology*. 23: 922-930 pp.
- MORENO F., L. P. 2009. Plant responses to water deficit stress. A review. *Agronomía Colombiana*. 27 (2): 179-191 pp.
- MOUNZER, O. H.; VERA, J.; TAPIA, L. M.; GARCÍA O., Y.; CONEJERO, W.; ABRISQUETA, I.; RUIZ S., M. C.; ABRISQUETA G., J. M. 2008. Irrigation scheduling of peach trees (*Prunus persica* L.) by continuous measurement of soil water status. *Agrociencia*. 42 (8): 857-868 pp.
- NOLTE, K. D.; HANSON, A. D. 1997. Proline accumulation and methylation to proline betaine in *Citrus*: implication of genetic engineering of stress resistance. *Journal of American Society of Horticultural Sciences*. 122 (1): 8-13 pp.
- NUÑEZ C., C.; BARRIENTOS P., A. F.; RODRÍGUEZ P., J. E. 2006. Variabilidad anatómica de los sistemas de conducción y estomático de genotipos de *Prunus* spp. de diferentes orígenes. *Pesq. agropec. Bras*. 41 (2): 233-241 pp.
- PARRA Q., R. A.; RODRIGUEZ O., J. L.; GONZALEZ H., V. A. 1999. Transpiración, potencial hídrico y prolina en zarzamora bajo déficit hídrico. *Terra Latinoamericana*. 17 (002):125-135 pp.
- PINA S., A. 2008. Compatibilidad de injerto en frutales. *Surcos de Aragón*. 107: 20-24 pp. Ilust.

- PINA S., A.; ERREA, P. 2005. A review of new advances in mechanism of graft compatibility–incompatibility. *Scientia Horticulturae*. 106: 1–11 pp.
- PINOCHET, J. 2010. 'Replantpac' (Rootpac® R), a Plum–almond Hybrid Rootstock for Replant Situations. *Hortscience* 45 (2): 299–301 pp.
- REMORINI, D.; MASSAI, R. 2003. Comparison of water status indicators for young peach trees. *Irrigation Science*. 22: 39-46 pp.
- REMORINI, D.; TAVARINI, S.; DEGL' I., E.; LORETI, F.; MASSAI, R.; GUIDI, L. 2008. Effect of rootstocks and harvesting time on the nutritional quality of peel and flesh of peach fruits. *Food Chemistry*. 110: 361-367 pp.
- ROSEGRANT, M. W.; RINGLER, C.; ZHU, T. 2009. Water for Agriculture: Maintaining Food Security under Growing Scarcity. *In: Annual Review of Environment Resources* 34: 205-222.
- SAGARPA; TECNOLÓGICO DE MONTERREY; INCA RURAL. 2005. Plan rector sistema producto durazno. Aguascalientes, Aguascalientes, México. 34 p.
- SDOODEE, S.; SOMJUN, J. 2008. Measurement of stem water potential as a sensitive indicator of water stress in neck orange (*Citrus reticulata* Blanco). *Songklanakarin J. Sci. Technol.* 30 (5): 561-564 pp.
- SECKLER, D.; U. AMARASINGHE, U.; MOLDEN, D.; DE SILVA, R.; BARKER, R. 1998. World Water Demand and Supply, 1990 to 2025: Scenarios and Issues. Research Report 19. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute. 50 p.
- SELLÉS V., G.; FERREYRA E., R.; MALDONADO B., P. 2002. Cámara de presión. INIA. 7 p.
- SELLÉS, V., G.; BERGER, A. 1990. Physiological indicators of plant water status as criteria for irrigation scheduling. *Acta Horticulturae* 278: 87-100 pp.
- SIAP (Servicio de información agroalimentaria y pesquera). 2010. *In: http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=222*. Último acceso disponible: 20 de abril de 2010.

- SINGH, G.; RAI, V. K. 1981. Free proline accumulation and drought resistance in *Cicer arietinum* L. *Biologia Plantarum*. 23 (2): 86-90 pp.
- STEINBERG, S. L.; MCFARLAND, M. J.; MILLER, J. C. 1989. Effect of water stress on stomatal conductance and leaf water relations of leaves along current-year branches of peach. *Australian Journal of Physiology*. 16: 549-560 pp.
- SOLARI, L. I.; PERNICEB, F.; DEJONGA, T. M. 2006. The relationship of hydraulic conductance to root system characteristics of peach (*Prunus persica*) rootstocks. *Physiologia Plantarum* 128: 324–333.
- SOLARI, L. I.; JOHNSON, S.; DEJONG T. M. 2006a. Hydraulic conductance characteristics of peach (*Prunus persica*) trees on different rootstocks are related to biomass production and distribution. *Tree Physiology*. 26: 1343-1350 pp.
- SOLARI, L. I.; JOHNSON, S.; DEJONG, T. M. 2006b. Relationship of water status to vegetative growth and leaf gas exchange of peach (*Prunus persica*) trees on different rootstocks. *Tree physiology*. 26: 1333-1341 pp.
- SORI T., A.; NIETO A., R.; RODRÍGUEZ P., J. E.; BARRIENTOS P., A. F.; IBAÑEZ C., L. A.; ROMANCHIK K., E.; NUÑEZ C., C. A. 2010. Variación anatómica del xilema en tallo de cultivares de tomate injertado en un tipo criollo. *Revista Chapingo Serie Horticultura*. 16 (1): 67-76 pp.
- STEINBERG, S. L.; MCFARLAND, M. J.; MILLER JR, J. C. 1989. Effect of water stress on stomatal conductance and leaf water relations of leaves along current-year branches of peach. *Australian Journal of Plant Physiology*. 16: 549-560 pp.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. 2010. *Plant physiology*. Fifth edition. Sinauer Associates. 690 p. Ilus.
- TSIPOURIDIS, C.; THOMIDIS, T. 2005. Effect of 14 peach rootstocks on the yield, fruit quality, mortality, girth expansion and resistance to frost

- damages of May Crest peach variety and their susceptibility on *Phytophthora citrophthora*. *Scientia Horticulturae*. 103: 421-428 pp.
- TYREE T., M.; PATINO, S.; BENNINK, J.; ALEXANDER, J. 1995. Dynamic measurements of root hydraulic conductance using a high-pressure flowmeter in the laboratory and field. *Journal of Experimental Botany*. 46 (282): 83-94 pp.
- TOMBESI, S.; SCOTT J., R.; DAY, K. R.; DEJONG, T. M. 2010. Relationships between xylem vessel characteristics, calculated axial hydraulic conductance and size-controlling capacity of peach rootstocks. *Annals of Botany*. 105: 327-331 pp.
- Turner, N. C. 1986. Adaptation to water deficits: a changing perspective. *Australian Journal of Plant Physiology*. 13 (1): 175-190 pp.
- VALLADARES, F. 2004. Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante. EGRAF, S. A. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid. 163-190 pp.
- VILAGROSA, A.; MORALES, F.; ABADÍA, F.; BELLOT, J.; COCHARD, H.; GIL P., E. 2010. Are symplast tolerance to intense drought conditions and xylem vulnerability to cavitation coordinated? An integrated analysis of photosynthetic, hydraulic and leaf level processes in two Mediterranean drought-resistant species. *Environmental and Experimental Botany*. 69: 233-242 pp.
- WEIBEL, A. 2003. Comparative vegetative growth responses of two peach cultivars grown on size-controlling versus standard rootstocks. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 128 (4): 463-471 pp.
- ZACH, A.; SCHULDT, B.; BRIX, S.; HORNA, V.; CULMSEE, H. 2010. Vessel diameter and xylem hydraulic conductivity increase with tree height in tropical rainforest trees in Sulawesi, Indonesia. *Flora*. 205: 506-512 pp.