

## Evaluación de Chute (*Persea schiedeana*) como portainjerto para la producción comercial de plantas de aguacate (*Persea americana* Mill) en fase de vivero

Romero-Castellano XG

Estudiante tesista

Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.

Correo electrónico: Xiomara.romero.agro@gmail.com

Moreno-Peraza JA

Estudiante tesista

Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.

Correo electrónico: Josue.moreno2011@hotmail.com

Parada-Berrios FA

Docente Director

Departamento de Fitotecnia

Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.

Correo electrónico: faparadaberrios@yahoo.com

Guardado-Fuentes R

Director Externo, Vivero Mundo Verde

## Resumen

La investigación se llevó a cabo en el vivero “Mundo Verde” cantón Sitio del Niño, municipio de San Juan Opico, departamento de La Libertad, El Salvador. El estudio consistió en evaluar la compatibilidad y afinidad de seis variedades de aguacate *Persea americana* Mill, sobre Chute (*Persea schiedeana*) como portainjerto en fase de vivero, totalizando 240 plantas. Se injertaron cinco de las variedades con mayor demanda en El Salvador: Hass ( $T_1$ ), Béneke ( $T_2$ ), Sitio del Niño 3 ( $T_3$ ), Ereguayquín ( $T_4$ ), Booth 8 ( $T_5$ ) y un material seleccionado UES Talpeño (UESEEPB0501CR1) ( $T_6$ ), la finalidad de este trabajo fue evaluar el chute como portainjerto para obtener plantas de aguacate, adaptables a diferentes condiciones edafoclimáticas, resistente a excesos de precipitación, sequías prolongadas u otras condiciones adversas. El diseño estadístico para el experimento fue bloques completos al azar, constituido por seis tratamientos y cuatro repeticiones, injertando las seis variedades sobre chute; el método de injerto que se usó fue enchape lateral. Para evaluar el desarrollo de las plantas injertadas, tomando en cuenta indicadores cuantitativos y cualitativos; estadísticamente no se encontraron diferencias significativas, pero al comparar las medias de cada variable se obtuvieron los siguientes resultados: Altura del injerto ( $T_2$ ), diámetro del injerto ( $T_1$ ), número de hojas ( $T_2$ ), área foliar ( $T_5$ ), peso fresco ( $T_5$ ), peso seco ( $T_5$ ), volumen del tallo ( $T_6$ ), peso seco de la raíz ( $T_2$ ), peso fresco de raíz ( $T_2$ ), longitud de raíz ( $T_3$ ), volumen radicular ( $T_2$ ). Y de las variables fisiológicas peso específico ( $T_6$ ), sobrevivencia ( $T_6$ ), porcentaje de prendimiento ( $T_6$ ) y Grados Días de Desarrollo ( $T_2$  y  $T_3$ ). Los tratamientos que presentaron mayor relación beneficio-costó fueron  $T_1$  y  $T_5$ .

**Palabras clave:** Afinidad, Aguacate, Compatibilidad, Chute, Injerto interespecífico, *Persea americana* Mill, *Persea schiedeana*, Vivero.

## Abstract

The investigation was carried in the “Mundo Verde”, nursery Sitio del Niño, San Juan Opico municipality, department of La Libertad, El Salvador. The study consisted in evaluation the compatibility and affinity of six varieties of avocado *Persea americana* Mill, over Chute (*Persea schiedeana*) as rootstock in the nursery phase, totaling 240 plants. Five of the varieties with the highest demand in El Salvador were grafted: Hass ( $T_1$ ), Béneke ( $T_2$ ), Sitio del Niño 3 ( $T_3$ ), Ereguayquín ( $T_4$ ), Booth 8 ( $T_5$ ), and one selection material UES Talpeño (UESEEPB0501CR1) ( $T_6$ ). The purpose of this work was to evaluate the chute as rootstock to obtain avocado plants, adaptable to different edaphoclimatic conditions, resistant to excess rainfall, prolonged drought or other adverse conditions. The statistical design for the experiment was randomized complete blocks, constituted by six treatments and four repetitions, grafting the six varieties on chute; the grafting method that was used was lateral veneer. To evaluate the development of the grafted plants, taking into account quantitative and qualitative indicators; statistically no significant differences were found, but when comparing the means of each variable the following results were obtained: Height of the graft ( $T_2$ ), diameter of the graft ( $T_1$ ), number of leaves ( $T_2$ ), foliar area ( $T_5$ ), fresh weight ( $T_5$ ), dry weight ( $T_5$ ), stem volume ( $T_6$ ), dry root weight ( $T_2$ ), fresh root weight ( $T_2$ ) root length ( $T_3$ ), root volume ( $T_2$ ). And the physiological variable specific weight ( $T_6$ ), survival ( $T_6$ ), percentage of seizure ( $T_6$ ) and degree day of growth ( $T_2$  y  $T_3$ ). The treatments that presented the highest benefit-cost ratio were  $T_1$  and  $T_5$ .

**Key words:** affinity, Avocado, compatibility, Chute, graft interspecies, *Persea americana* Mill, *Persea schiedeana*, tree nursery.

## Introducción

La producción de aguacate en El Salvador enfrenta inconvenientes, dentro de los cuales muchos se presentan a nivel de vivero por ejemplo la utilización de material genético no certificado en la propagación de portainjertos, que da como resultado patrones débiles, de baja calidad, sin uniformidad, poco adaptables a las diferentes zonas con potencial para cultivar y sin resistencia a la enfermedad que más ataca a este cultivo, que es la pudrición del sistema radicular provocada por *Phytophthora cinnamoni* (Cruz Vela 2008). Comercialmente es imposible alcanzar logros en el cultivo si estos se propagan sexualmente. Todas las formas frutales del género *Persea* que se propaguen por la vía gámicica producen frutos total y completamente diferentes en forma, calidad, tamaño y color. Debido a que las flores de esta especie son perfectas, pero no funcionales, ya que fisiológicamente resultan unisexuales esto provoca que no se genere un individuo igual a los árboles progenitores, provocando una amplia segregación. Por ello se vuelve necesario el injerto de variedades; estas se caracterizan por poseer las características deseadas por los consumidores (Cañizales Zayas 1973).

La búsqueda de portainjertos ha sido realizada en países donde se cultiva aguacate como México, Guatemala, Honduras, Costa Rica, Venezuela, Colombia, Argentina y Chile. Estas investigaciones encontraron algunas especies silvestres de *Persea* como: *P. skitchii* en Honduras y Costa Rica; *P. chrysophila* en Colombia y *P. donell-smithii* en Honduras y Guatemala con alta resistencia a patógenos, pero con incompatibilidad con *Persea americana* (Romero, citado por Castañeda Gonzáles 2009).

El Chute (*Persea schiedeana*) es una especie silvestre que crece perfectamente en las condiciones edafoclimáticas del país, encontrándose disperso desde 50 msnm hasta los 1600 msnm, además según Ellstrand citado por Ramírez Rodríguez. s.f., *Persea schiedeana* presenta compatibilidad vegetativa y gamética con especies como *Persea nubigena*, *Persea steyermarkii* y *Persea americana* Mill.

Los injertos interespecíficos son aquellos donde se produce la unión de dos especies de plantas pertenecientes al mismo género pero diferentes especies; no obstante el pertenecer a un mismo género no ofrece ninguna garantía de que todas las combinaciones sean exitosas; ya que puede aparecer una absoluta incompatibilidad (Apaza s.f). Entre los frutales se mencionan uniones permanentes entre: Pera (*Pyrus communis*) con (*Pyrus caucasia* o *Pyrus nivalis*) ciruelo (*Prunus cerasifera* X *p. muncionana*); Cítricos

(*Citrus sinensis* X *C. limon*), (*C. reticulata* X *C. limon*); Guayaba (*Psidium cattleianum* X *P. guajaba*); Manzano (*Malus sylvestris* X *M. sylvestris*) (Hartmann y Kester 1975).

El propósito de dicha investigación fue determinar la afinidad y compatibilidad entre Chute y aguacate, definiéndose la primera como la cualidad afín existente entre dos especies vegetales, para que puestos en contacto el cambium de uno con el otro, se realice la soldadura de los tejidos o prendimiento; formando un solo individuo (Cruz Castillo s.f.) y (Hartman y Kester 1975) y la segunda como la permanencia de la unión a través del tiempo (Álvarez Requejo s.f.) y (Garner 1987).

## Materiales y Métodos

La investigación se desarrolló en el vivero “Mundo Verde”, ubicado en el cantón Sitio del Niño del municipio de San Juan Opico, departamento de La Libertad; en el km 37 de la carretera a Quezaltepeque, con una elevación de 550 msnm. Las características climáticas del municipio son: precipitación anual de 1600 mm, la temperatura máxima es de 32.8 °C, temperatura mínima de 18.6 °C y una temperatura promedio de 24.2 °C (SNET 2009) (Fig.1).

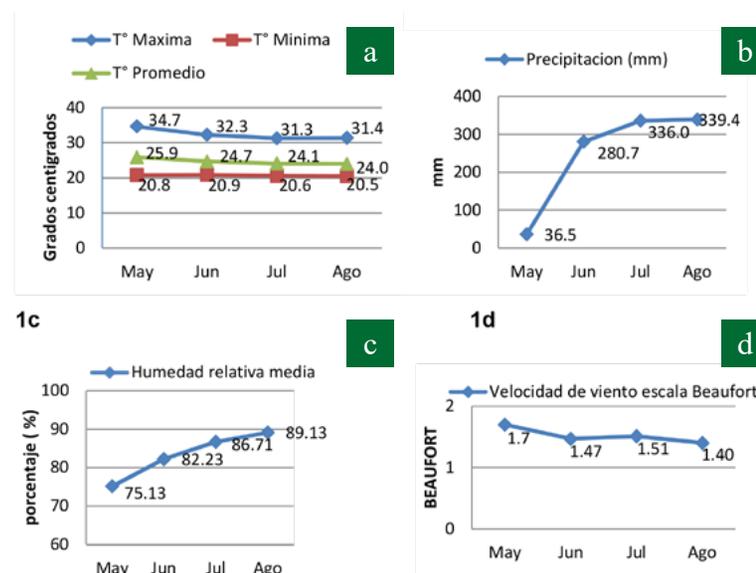


Figura 1. Comportamiento de los elementos climáticos de los meses de mayo a agosto del 2011 de la estación meteorológica de San Andrés a) Temperaturas máxima, mínima y promedio b) precipitación (mm) c) humedad relativa media y d) Velocidad del viento.

## Desarrollo del portainjerto

Consistió en la preparación de sustrato de siembra y llenado de bolsas, se llenaron 300 bolsas negras de polietileno de 9 x 12" y de calibre 300 Geish por lado, con una mezcla de 50% de tierra negra, 25% de hojarasca y 25% de cascajo. Luego se realizó la recolección y preparación de las semillas de Chute las cuales se cosecharon en el volcán de San Salvador, dejándolas madurar bajo sombra por 15 días para luego despulparlos y seleccionar 300 semillas de tamaño uniforme, apariencia sana y sin daños de plagas y enfermedades. Posteriormente se sembró las semillas y se dio el manejo post germinativo a cada semilla, haciendo dos cortes transversales de aproximadamente 2cm, uno en la parte apical y el otro en la parte basal, con el fin de acelerar el proceso de germinación. Las semillas se colocaron directamente en las bolsas, luego fueron cubiertas con hojarasca durante 15 días. Posterior a la germinación, las plántulas se expusieron al sol para favorecer el desarrollo vegetativo.

## Manejo postinjerto

Finalmente se procedió a la recolección de las varetas fisiológicamente maduras de las seis variedades en estudio, las cuales fueron extraídas y preparadas ocho días antes de la injertación en el banco de germoplasma del CENTA (Fig. 2), a excepción del UES Talpeño el cual fue colectado del ejemplar existente en la Estación Experimental y de Prácticas de la Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas; el método de injerto utilizado fue el de enchape lateral (Fig. 3). Al momento de encontrarse listas las varetas y el portainjerto se trasladaron al lugar definitivo del ensayo (Fig. 4); donde se hizo los cortes longitudinales tanto del portainjerto como de la vareta para poner en contacto los cambiums, se sujetó la unión con cintas de polietileno de 2 cm, y se colocó la tela zarán para disminuir el paso de la luz solar hasta un 50% con la finalidad de favorecer el crecimiento de las varetas (Fig. 5).



Figura 2. Recolección de las varetas fisiológicamente maduras de las seis variedades en estudio, las cuales fueron extraídas y preparadas ocho días antes de la injertación en el banco de germoplasma del CENTA.



Figura 3. Enchape lateral, el método de injerto utilizado.



Figura 4. Traslado de las varetas listas y el portainjerto al lugar definitivo del ensayo.



Figura 5. Colocación de la tela zarán para disminuir el paso de la luz solar hasta un 50% , con la finalidad de favorecer el crecimiento de las varetas.

## Metodología estadística

### Factor en estudio: las variedades de aguacate a injertar

Unidad experimental: conformadas por 10 plantas por tratamiento haciendo un total de 40 plantas por repetición.

**Tratamientos y repeticiones:** para el experimento se utilizó un diseño de bloques completos al azar, donde la altura del portainjerto fue el criterio del bloqueo, se realizaron seis tratamientos y cuatro repeticiones. Los tratamientos se detallan en el cuadro 1.

Cuadro 1. Resumen de los tratamientos utilizados en la investigación.

Tratamiento	Descripción
T1	Injerto de Aguacate Hass
T2	Injerto de Aguacate Beneke
T3	Injerto de Aguacate Sitio del Niño 3
T4	Injerto de Aguacate Eregrayquín
T5	Injerto de Aguacate Booth 8
T6	Injerto de Aguacate UES Talpeño

### Variables evaluadas

Porcentaje de sobrevivencia (%)

Diámetro del injerto (cm)

Altura del injerto e incremento de altura (cm)

Número de hojas del injerto (unidades totales)

Porcentaje de prendimiento del injerto (%)

Grados días de desarrollo (GDD)

Peso fresco y seco de la hoja (g)

Área foliar (cm<sup>2</sup>)

Peso específico de la hoja (g)

Peso fresco y seco de la raíz (g)

Longitud de la raíz (cm)

Volumen de la raíz (cm<sup>3</sup>)

Relación beneficio- costo de las plantas

## Obtención de los cortes histológicos

Se realizó los cortes histológicos a los 120 días después del injerto (ddi) (Fig. 6), haciendo heridas transversales en la región donde se formó la unión entre portainjerto e injerto, esta actividad se llevó a cabo en cada uno de los tratamientos en estudio, los cortes se hicieron haciendo uso de un bisturí, obteniéndose una delgada porción de material vegetativo, colocándola en portaobjetos, se aplicó agua destilada para observar el xilema, floema y la formación de la soldadura, la muestra fue observada con el objetivo 10X de un microscopio compuesto y apoyados de un estereoscopio.

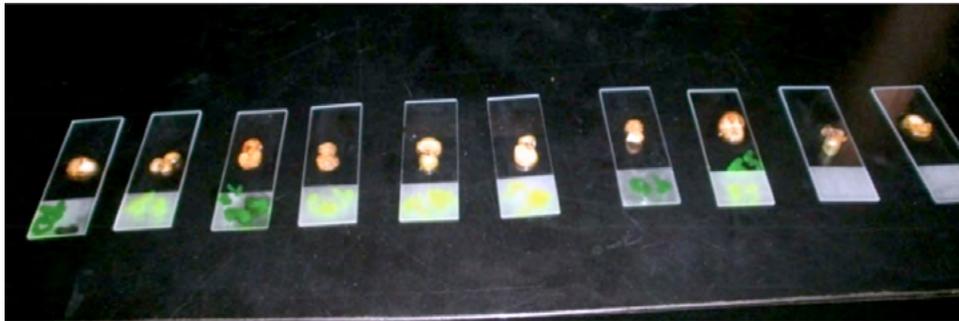


Figura 6. Cortes Histológicos de la unión del portainjerto en los Tratamientos a los 120DDI.

## Estudio fitopatológico

Para la correcta detección del mecanismo de penetración de los agentes causales de la muerte de algunas plantas que constituían las unidades experimentales, se llevaron muestras de plantas con características de daños por plagas y enfermedades al Laboratorio de Parasitología Vegetal del CENTA, para su respectivo análisis (Fig. 7).

## Toma de datos

Los datos fueron tomados a partir del momento de la unión entre el patrón de Chute y las yemas de las seis variedades de aguacate, tomando la sobrevivencia desde el día 1 hasta el 120, el incremento de altura, incremento de diámetro y número de hojas se tomó cada 15 días, el porcentaje de prendimiento a los 35 días después del injerto (ddi) y el resto de las variables en estudio se tomó a los 120 días después del injerto.



Figura 7. Muestras de plantas con características de daños por plagas y enfermedades analizadas en Laboratorio de Parasitología Vegetal del CENTA.

## Resultados y discusión

### Variables de crecimiento

Después de 120 días de realizado el injerto se obtuvieron resultados positivos en las variables relacionadas al crecimiento y desarrollo del injerto al utilizar chute como portainjerto para seis variedades comerciales de aguacate.

### Altura e incremento de altura, diámetro e incremento del diámetro y número de hojas e incremento del número de hojas

**Variable incremento de altura:** estadísticamente no se encontró diferencias significativas en la variable altura del injerto, al comparar las medias (Cuadro 2),  $T_5$  fue el tratamiento que mostró un mayor crecimiento, debido a ser el primero en brotar, mientras que  $T_2$  fue el que logró el mayor crecimiento absoluto en comparación al resto de los tratamientos en estudio, (Fig. 8a). Rubin (1984), hace referencia que el ácido absícico es un inhibidor del crecimiento de las varetas de los árboles. Salisbury y Ross (1992), afirman que es la hormona asociada a permitir que la planta detecte un estrés fisiológico y le ayuda a protegerse de los factores adversos, reduciendo el crecimiento prematuro de la yema. Aunque el periodo o etapa fisiológica en que se encuentran las diferentes varetas, las condiciones agroecológicas donde se colectaron puede ejercer un efecto negativo en el crecimiento (Comunicación personal. Parada Berrios 2012).

**Variable diámetro del injerto:** no se encontró diferencias significativas pero al analizar las medias se determinó que ( $T_2$  y  $T_4$ ) mostraron un mayor diámetro en comparación a los otros tratamientos en estudio (Cuadro 2). En cuanto el incremento absoluto del diámetro se observa que  $T_1$  mostró mayor incremento (Fig. 8b). Se encontró correlación positiva entre el diámetro del tallo del injerto y la altura del injerto ( $r=0.75$ ). Barrientos y Barrientos 1996 obtuvieron similares resultados al correlacionar ambas variables al evaluar el efecto enanizante de diferentes portainjertos de aguacate, debido a que observaron un desarrollo homogéneo entre el diámetro del injerto y la altura del injerto.

**Variable número de hojas:** se presentaron diferencias altamente significativas desde el primer muestreo (36 ddi); siendo  $T_2$  el que se mantuvo durante la investigación como el tratamiento que produjo la mayor cantidad de hojas, aunque a partir del segundo muestreo solo mostró diferencia significativa, debido a que fue el primer tratamiento en activar las yemas apicales y generar brotación (Cuadro 2). Leakey (2004), encontró la existencia de un gradiente de variación en la edad del tejido a lo largo del brote el cual afecta el tamaño de las hojas, la longitud, diámetro de los entrenudos, número de hojas, contenido de carbohidratos y nutrientes; por lo que determinó que no existen dos varetas fisiológicamente idénticas en su respuesta incluso dentro de la misma variedad. La densidad estomática en hojas del aguacate varía dependiendo de la raza (Barrientos Prieto *et al.* 2003). Ayala Arreola (2010), determinó que los injertos y los interinjertos producen un efecto en la densidad estomática de las hojas de diferentes cultivares de aguacate; encontrando que las que poseen mayor asimilación de  $CO_2$  producen mayor número de hojas. González González (2004), menciona que la emisión de nuevas hojas en el injerto es señal de la actividad cambial.

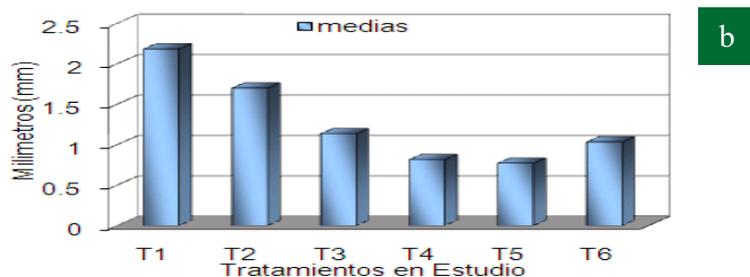
Cuadro 2. Prueba de Tukey. Diferencia de medias, como efecto de la injertación de seis variedades de aguacate en portainjertos de chute, en las variables incremento absoluto de altura, diámetro y número de hojas.

Trat.	Incremento Absoluto de la altura		Incremento absoluto del diámetro		Incremento absoluto del número de hojas	
	$\Omega$	NS	$\Omega$	NS	$\Omega$	NS
T1	10.463	A	2.1825	A	11.67	A
T2	12.788	A	1.7000	A	12.16	A
T3	8.315	A	1.1350	A	7.54	A
T4	5.743	A	0.8150	A	10.96	A
T5	8.650	A	0.7700	A	11.47	A
T6	7.318	A	1.0325	A	10.59	A

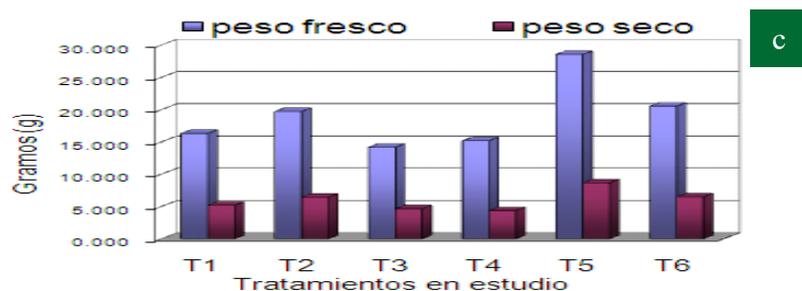
Ns= no significativo, \*= significancia al 5%, \*\*= altamente significativo al 1%,  $\Omega$ : incremento absoluto



a



b



c

Figura 8. a) Efecto de la injertación de seis variedades de aguacate en portainjerto de Chute en el crecimiento absoluto del injerto; b) incremento absoluto del diámetro del injerto; c) peso fresco y seco de hoja

## VARIABLES FISIOLÓGICAS DE LAS HOJAS

### Peso fresco, peso seco, área foliar y peso específico de la hoja

Para las variables peso fresco y peso seco de hojas: estadísticamente no presentaron diferencias significativas (Cuadro 3), al evaluar las medias  $T_5$  y  $T_6$  mostraron los mayores valores relacionados con la ganancia de peso fresco y seco (Fig. 8c); Ambas variables obtuvieron una correlación altamente positiva ( $r=0.99$ ), la variable peso fresco obtuvo una correlación altamente positiva con peso seco ( $r=0.99$ ) y área foliar ( $r=0.98$ ). Iguales correlaciones obtuvieron (Martínez Castellanos *et al.* 2006); (Aguilar López y Cabrera Orantes 2003) cuando realizaron los estudios en el desarrollo de portainjertos e injertos de aguacate (*P. americana* Mill) y anona (*Annona diversifolia*) respectivamente.

**Variable área foliar:** no se encontró diferencias significativas, pero al analizar las medias obtenidas (Cuadro 3), se logra observar que los tratamientos  $T_5$  y  $T_6$  mostraron la mayor área foliar (Fig. 9a); sin embargo, al comparar con el número de hojas, no fueron los tratamientos que obtuvieron el mayor número de hojas pero, si que eran los que tenían hojas con mayor área foliar. Garcidueñas citado por Puente Alarcón (2009), mencionan que el área foliar es el factor que determina la diferencia en el rendimiento y la asimilación neta de nutrientes. Todos los cultivos tanto anuales como perennes, tienen ciclos de vida afectados por factores del ambiente y el fotoperiodo; a lo largo de ese ciclo de vida la cantidad de área foliar activa varía enormemente así como la eficiencia en el uso de luz (Dogliotti s.f).

**Variable peso específico:** estadísticamente no presentaron diferencias significativas (Cuadro 3); al analizar las medias se determinó que  $T_6$  posee mayores valores en comparación con el resto de los tratamientos en estudio, obteniendo el mayor contenido de materia seca por centímetro cuadrado (Fig. 9b). Según Herrera Basurto (1998), el mayor peso específico de la hoja permite a la variedad obtener una mayor capacidad de formar tejido nuevo por las estructuras fotosintéticas de las plantas, siendo esta variable de gran importancia ya que permite observar qué tratamiento obtiene una mayor formación de tejido en la zona de la unión. Peso específico de la hoja obtuvo alta correlación positiva con área foliar ( $r=0.98$ ); esta última correlación es de mucha importancia porque entre mayor es el área foliar, la capacidad de producción de fotosintatos es mayor por causa del mayor peso específico de la hoja (comunicación personal, Parada Berrios 2012).

Cuadro 3. Prueba de Tukey. Diferencia de medias, como efecto de la injertación de seis variedades de aguacate en portainjertos de chute, en las variables peso fresco, peso seco, peso específico y área foliar.

Trat.	Variables							
	Peso fresco (g)	NS	Peso seco (g)	NS	Peso específico (g/cm <sup>2</sup> )	NS	Área foliar (cm <sup>2</sup> )	NS
T1	16.332	A	5.200	A	0.00617	A	700.1	A
T2	19.733	A	6.467	A	0.00673	A	931.4	A
T3	14.200	A	4.667	A	0.00657	A	732.2	A
T4	15.200	A	4.367	A	0.00617	A	693.0	A
T5	28.567	A	8.667	A	0.00680	A	1319.6	A
T6	20.567	A	6.500	A	0.00707	A	996.4	A

Ns= no significativo, \*= significancia al 5%, \*\*= altamente significativo al 1%

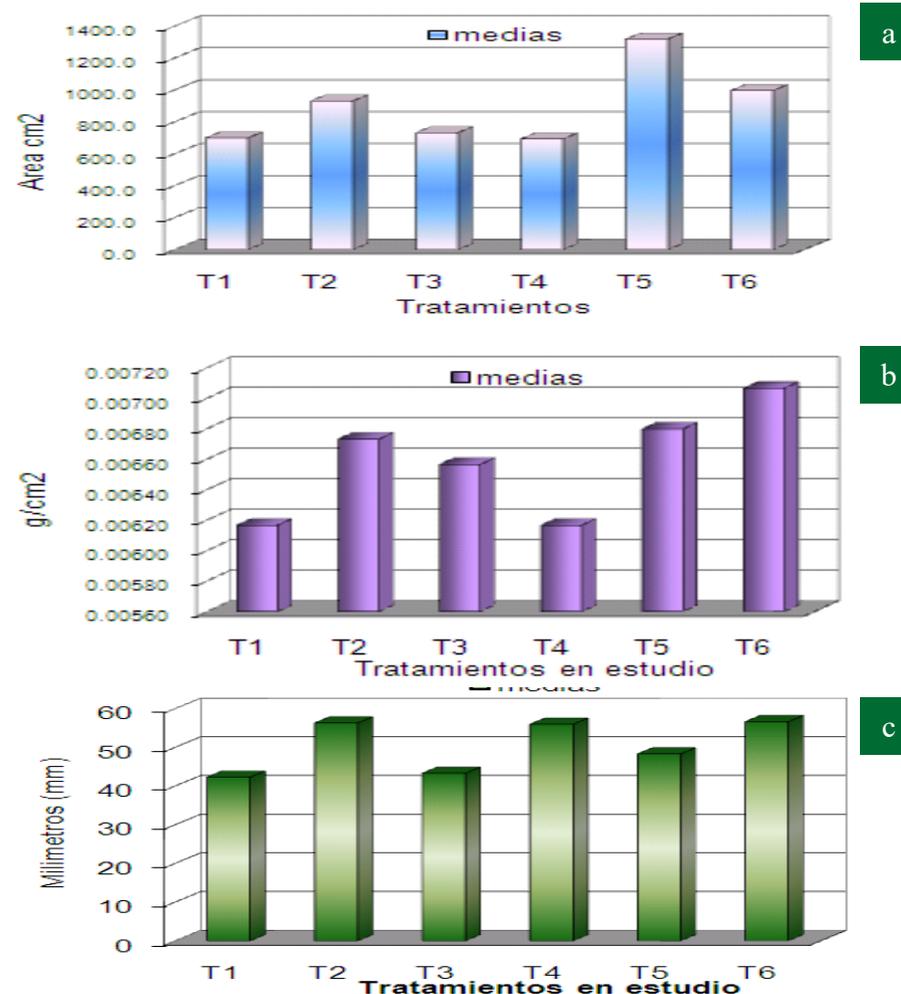


Figura 9. a) Efecto de la injertación de seis variedades de aguacate en portainjertos de Chute en la variable Área foliar; b) peso específico de hoja; c) volumen de tallo.

## VARIABLES FISIOLÓGICAS DE LA RAÍZ

**Variable peso fresco y peso seco de la raíz:** no se encontraron diferencias significativas; cuando se compararon las medias se determinó que dos tratamientos obtuvieron la mayor ganancia de peso en su sistema radicular  $T_2$  y  $T_6$  (Figs. 10a y 10b). Cuando se correlacionó se obtuvo alta correlación positiva con la variable número de hojas ( $r=0.86$ ) y ( $r=0.95$ ) respectivamente, y a la vez con la variable altura del injerto ( $r=0.94$ ) (Cuadro 4).

**Variable longitud de la raíz:** Estadísticamente no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 4); al comparar medias,  $T_3$  y  $T_6$  obtuvieron las mayores longitudes radiculares, mientras que  $T_1$  mostro la menor longitud radical (Fig. 10c). Fassio *et al.* (2007), encontró que los portainjertos originados por semilla poseen una raíz principal con mayor longitud, estas raíces podrían tener una funcionalidad distinta, con la expansión del crecimiento radical hacia zonas más profundas. Dalmasso *et al.* (1994), mencionan que esta cualidad otorgaría al portainjerto características especiales en relación con una mayor capacidad de exploración de nuevas zonas de crecimiento a nivel de suelo, mayor anclaje y una mayor absorción de nutrientes.

**Variable volumen de raíz:** no se encontraron diferencias estadísticas significativas (Cuadro 4), al observar las medias,  $T_2$  junto a  $T_6$  obtuvieron los mayores volúmenes (Fig. 10d). El buen desarrollo del sistema radicular permitió un mayor crecimiento de la parte aérea, esto mismo ocurre con cítricos debido que al disponer de más raíces absorbentes permite un mayor aprovechamiento de agua y nutrientes (Alarcón citado por Herrera Basurto 1998); esto se demuestra con la correlación positiva encontrada entre la longitud de la raíz con el volumen de la raíz ( $r=0.84$ ), al igual que tiene alta correlación positiva con el número de hojas ( $r=0.93$ ), peso específico de la hoja ( $r=0.74$ ). De acuerdo con lo mencionado por (Jorge y Medina Pacheco s.f), el número de hojas y el volumen radicular cuando se encuentran en equilibrio ayudan al aguacate a incrementar su vigor y así tolerar el ataque por *P. cinnamoni*.

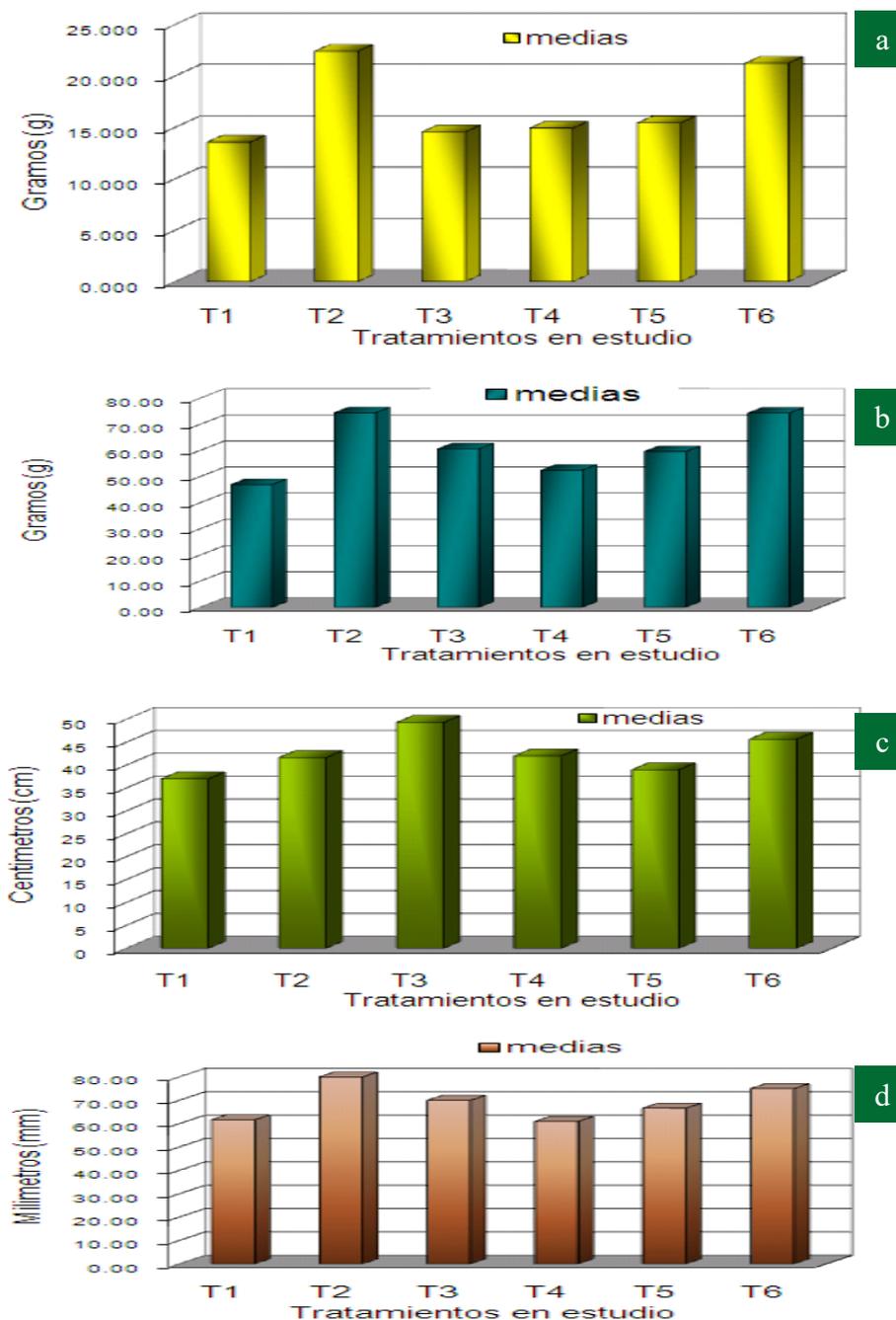


Figura 10. a). Efecto de la injertación de seis variedades de aguacate en portainjertos de Chute, en la variable peso seco de la raíz; b) peso fresco de la raíz; c) longitud de raíz; d) volumen radicular.

Cuadro 4. Prueba de Tukey. Diferencia de medias, como efecto de la injertación de seis variedades de aguacate en portainjertos de chute, en las variables Peso fresco y seco de raíz, longitud y volumen radicular.

## Variables

Trat.	Peso fresco (g)	NS	Peso seco (g)	NS	Longitud (cm)	NS	Volumen (ml)	NS
T1	46.97	A	13.567	A	37.000	A	61.67	A
T2	74.47	A	22.400	A	41.667	A	80.00	A
T3	60.63	A	14.567	A	49.333	A	70.00	A
T4	52.47	A	14.933	A	42.000	A	61.00	A
T5	59.60	A	15.433	A	39.000	A	66.67	A
T6	74.30	A	21.233	A	45.667	A	75.00	A

### Sobrevivencia

Durante el desarrollo de la investigación se realizaron 16 tomas de datos cada 8 días para la variable sobrevivencia, desde el momento de la injertación, obteniéndose diferentes rangos de sobrevivencia en cada uno de los muestreos.

El tratamiento que obtuvo el mayor porcentaje de sobrevivencia al finalizar el experimento fue el T<sub>6</sub> con el 72.5 %; a la vez que se determinó que el tratamiento T<sub>1</sub> presentó el menor porcentaje de sobrevivencia con un 30%. McKenzie *et al.* (1988), encontró importantes pérdidas de plantas de vivero, principalmente en la variedad “Hass” cuando es injertada en portainjertos clonales o especies afines, siendo los principales factores problemas de compatibilidad entre las partes, condiciones ambientales durante la injertación, el estado fisiológico del portainjerto y del injerto.

Estos resultados no fueron efecto de una incompatibilidad entre ambas especies; más bien existió la muerte de algunas de las varetas a causa de la mala unión entre portainjerto y yema donde los cambium no entraron en completo contacto. Esto dio origen a la entrada de humedad y el área donde se realizó el decapitado; zonas en las cuales penetra los patógenos y posteriormente el desarrollo de hongos fitopatógenos como *Colletotrichum* sp y *Botriodiplodia* sp. Determinados en el laboratorio de Fitopatología del CENTA.

### Prendimiento y Grados días de desarrollo (GDD)

Variable porcentaje de prendimiento: presentó diferencias significativas, siendo el tratamiento que mostró mayor porcentaje de éxito el T<sub>6</sub>, (Cuadro 5). Según, Jiménez *et al.* (2005), existen diversas razones para que no se manifieste la adecuada unión entre patrón e injerto, una de éstas se relaciona con la anormal distribución de almidones, azúcares y otras sustancias entre ambas estructuras que tratan de armonizar sus tejidos.

Además Rubin (1984), en su trabajo encontró que existen diferencias fisiológicas en la parte donde se obtiene la vareta utilizada. Ruthle citado por Salazar García *et al.* (2004), encontraron que el injerto de enchape lateral permite obtener un éxito en prendimiento entre 80 y 90% (Cuadro 5).

**Variable Grados Días de Desarrollo:** no se encontró diferencias estadísticas significativas. Al analizar las medias se determinó que el T<sub>3</sub> y T<sub>2</sub>, son los que necesitaron menos GDD para alcanzar el prendimiento definitivo (Cuadro 5); Avilán y Leal (1988), hacen mención que es el método más aceptable para predecir el crecimiento y desarrollo vegetativo de las plantas logrando de ésta manera determinar el período de tiempo y las condiciones climáticas necesarias para el prendimiento. Pérez Rivera (1986), menciona que las variedades utilizadas en T<sub>2</sub> y T<sub>3</sub> son adaptables a la zona donde se estableció la investigación. El aguacate injertado en chute requiere de más GDD que los injertos de otras especies como mango que solo requieren de 380.5 y 259.5 GDD para el prendimiento. Parada Berríos (1999), utilizó también éstas unidades para predecir el calor requerido para el prendimiento en níspero encontrando rangos de 650 – 1100 GDD ambas investigaciones dejan en claro que existe una amplia variación de una especie a otra.

Cuadro 5. Prueba de Tukey. Diferencia de medias, como efecto de la injertación de seis variedades de aguacate en portainjertos de chute, en las variables prendimiento y GDD.

## Variables

Trat.	Porcentaje de prendimiento	*	Grados días de desarrollo	NS
T1	92.50%	AB	601.23	A
T2	70.00%	B	579.95	A
T3	92.50%	AB	579.95	A
T4	92.50%	AB	601.20	A
T5	87.50%	AB	622.50	A
T6	97.50%	A	580.00	A

## Estudio Histológico

Cuando los tratamientos tenían una edad de 125 días después del injerto (ddi) se procedió al corte de la unión en trozos de 3 milímetros, los cuales fueron observados en microscopio compuesto.

Al momento de la injertación se produjo inmediatamente una excreción de savia en la superficie de la herida, emanando de la corteza del portainjerto. Esta savia es producto de la presión radical que ocurre cuando existe una diferencia de presión entre la atmósfera, el suelo y la planta (comunicación personal, Parada Berrios 2012) y (Lee 2009), al hacer las observaciones nada indicó que la savia constituye una barrera entre ambas partes; por el contrario, ayudó a la soldadura. La primera reacción perceptible de las células vivas es el alargamiento de las células adyacentes a las superficies de la herida este fenómeno es producido por el efecto de las citocinas que es la hormona asociada a estimular la división celular en plantas (Salisbury y Ross 1992). La división celular aparece cerca de las superficies de la herida, tanto en el portainjerto como en el injerto. Con frecuencia la vareta presenta las primeras divisiones y mayor actividad en los días que siguen inmediatamente al injertado.

La actividad del cambium vascular permite que el árbol aumente anualmente su diámetro, al agregar capas sucesivas de floema y xilema secundarios Baldini y Flores y Vindas citados por Darrouy Palacios *et al.* (2010). Lobato Artiga (1998), encontró en cortes histológicos realizados en *Pouteria sapota* que la formación del callo es producto de la multiplicación acelerada de células parenquimatosas de la corteza.

En la Figura 11 se puede observar que existe una excelente unión entre ambas especies, el xilema y floema se encuentran unidos lo que favorece el paso de agua y nutrientes entre el portainjerto y el injerto.

### Análisis económico

Para la realización de este análisis se utilizó la metodología de presupuestos parciales indicando que  $T_1$  y  $T_5$  presentaron mayores beneficios netos.

Esto debido a que estas variedades poseen un mayor precio en el mercado por motivo de la demanda de sus frutos. Al observar el cuadro 6 se puede apreciar que todos los tratamientos poseen diferentes costo variables, el aguacate injertado en aguacate tiene menores costos; los tratamientos poseen un mayor precio de la semilla de chute ya que es una especie que tiene poca distribución en el país debido a su subutilización.

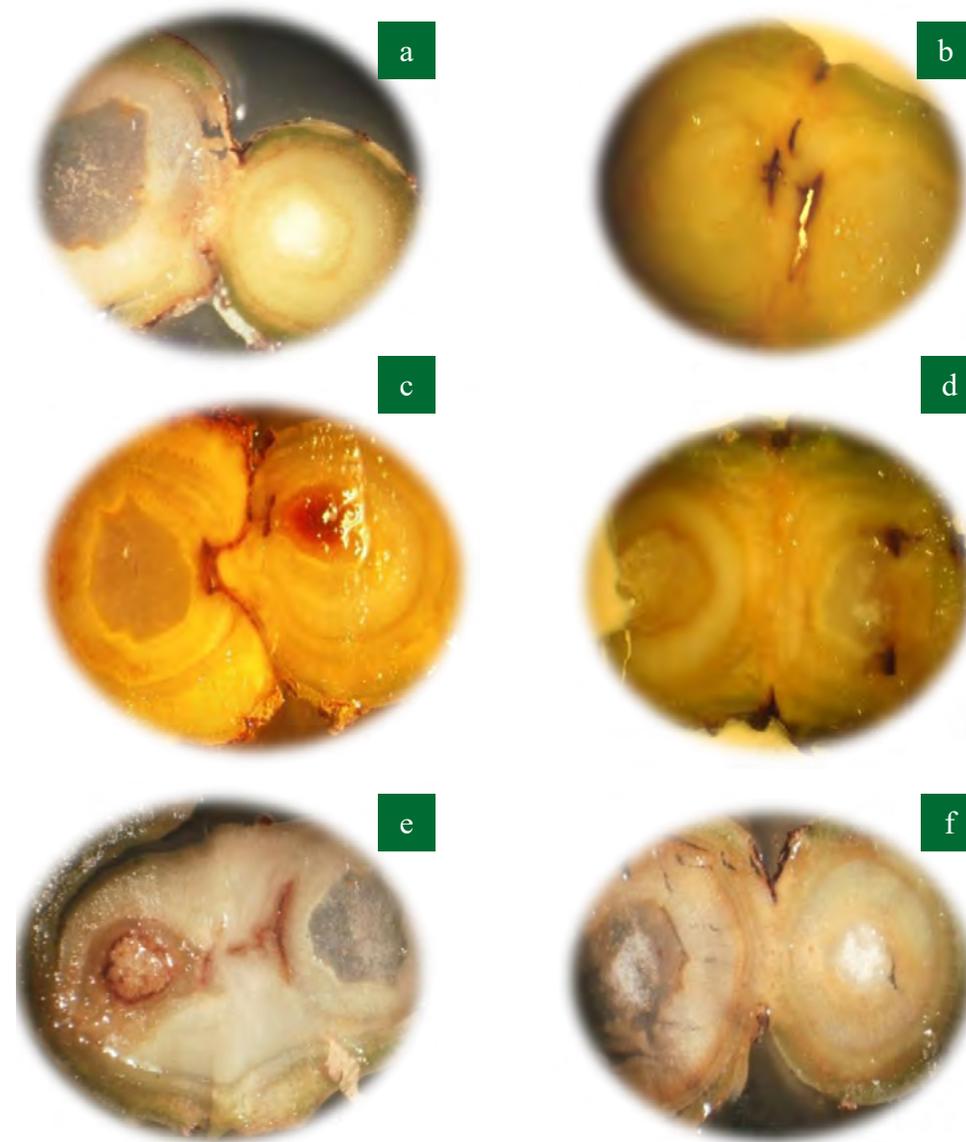


Figura 11. Cortes histológicos, muestra la unión entre el portainjerto chute y yemas de aguacate, permitiendo la formación del callo, xilema y floema y desarrollarse como una sola planta. A)  $T_1$  hass, b)  $T_2$  Beneke, c)  $T_3$  Sitio del Niño 3, d)  $T_4$  Ereaguayquin, e)  $T_5$  Booth 8, f)  $T_6$  UES Talpeño; variedades injertados en chute

Cuadro 6. Tabla de presupuesto parcial, análisis de dominancia y tasa de retorno marginal

Tratamiento	C.V	B.N	Dominancia	Tasa de retorno marginal
T1	\$ 2.05	\$ 4.00		0.95
T2	\$ 2.05	\$ 3.50	D	0.90
T3	\$ 2.05	\$ 3.50	D	0.90
T4	\$ 2.05	\$ 3.50	D	0.90
T5	\$ 2.05	\$ 4.00		0.95
T6	\$ 2.05	\$ 3.50	D	0.90

### Análisis marginal

Se tomó uno de los dos tratamientos con beneficios netos dominantes ( $T_1$ )

$$RBC = B.N/C.V * 100 = (4.00) / (2.05) * 100 = 0.95\%$$

El dato anterior significa que por cada dólar invertido se recupera ese dólar más \$0.95 dólares. Al utilizar chute se obtiene una planta de menor variabilidad genética.

### Conclusiones

Los resultados obtenidos fueron positivos y confiables con el uso de chute como portainjerto, al menos en fase de vivero, determinándose que en las seis variedades evaluadas de aguacate existe afinidad y compatibilidad con Chute como portainjerto, pero no podemos descartar la presencia de incompatibilidad tardía.

En la investigación se determinó que  $T_6$  no presentó diferencias significativas del prendimiento, pero si al observar el comportamiento de las medias, obteniendo un 97.50% en prendimiento seguido de  $T_4$ ,  $T_3$  y  $T_1$  con un 92.50% cada uno,  $T_5$  con 87.50% y  $T_2$  fue el tratamiento que obtuvo el menor porcentaje de prendimiento con el 70%.

En los tratamientos evaluados no se encontraron diferencias significativas, la variabilidad de los resultados es producto de las características genotípicas de cada uno de los tratamientos.

La variedad que obtuvo buenos resultados tanto en las variables fisiológicas y de crecimiento fue  $T_6$  conocido como Talpeño (UESEEPB0501CR1), y se considera importante tomar en cuenta las tendencias presentadas ya que las correlaciones muestran dependencia entre las variables; mientras que,  $T_1$  presentó el menor desarrollo y crecimiento producto de los requerimientos climáticos de la variedad.

Las combinaciones que permitieron mayores beneficios económicos son las variedades  $T_5$  y  $T_1$  esto se debe a que son variedades demandadas.

### Recomendaciones

Se recomienda continuar la búsqueda de otras especies pertenecientes al género *Persea* para determinar si existe afinidad y compatibilidad.

Al momento de producir plantas de aguacate injertados en chute se deberá evaluar en la época seca para reducir la incidencia de enfermedades producto de la alta humedad relativa del ambiente y las precipitaciones.

Cuando se realice la actividad de decapitado del portainjerto de chute se recomienda utilizar cubrecortes, para formar una capa impermeable que evite la entrada de patógenos en la planta.

Para obtener mejores resultados en el prendimiento, las varetas deben prepararse ocho días antes del momento de la injertación para favorecer el desarrollo de la vareta.

Las plantas producidas en esta investigación deberán ser evaluadas en campo (de acuerdo a las exigencias de altitud de cada variedad) para determinar su comportamiento, resistencia a plagas y enfermedades y condiciones edafoclimáticas.

Mientras no se evalúe el portainjerto de chute en campo para determinar si no existe incompatibilidad tardía, no se puede recomendar su uso a escala comercial.

## Bibliografía

- Aguilar López, KM; Cabrera Orantes, LO. 2003. Desarrollo de portainjertos y evaluación del prendimiento de injerto en anona común (*Anona diversifolia*) utilizando diferentes fertilizantes foliares y al suelo. Tesis Optar Ing. Agr. Universidad de El Salvador. San Salvador, SV. 71 p.
- Álvarez Requejo, S. s.f. Multiplicación de árboles frutales. 2 Ed. Barcelona, ES. Aedos. 297 p
- Apaza, WH. s.f. métodos de reproducción asexual de plantas y su aplicación. Perú. UNA-PUNO (Universidad Nacional del Altiplano PUNO-PR). 33 p
- Avilan, L; Leal, F. 1988. Manual de fruticultura: cultivo y propagación. Caracas, VE. America. 1474 p.
- Ayala Arreola, J. 2010. Relaciones injerto – interinjerto en algunos aspectos fisiológicos y anatómicos de cuatro genotipos de aguacate. Tesis. PHD. Ciencias en horticultura. Chapingo, MX. Universidad Autonoma de Chapingo. P 106
- Barrientos Prieto, AF; Borys, MW; Trego, C; López López, L. 2003. Índice y densidad estomática foliar en plántulas de tres razas de aguacate. Chapingo, MX. REDALYC. Vol. 26. P 291-299.
- Barrientos, PF; Barrientos, AF. 1996. Correlaciones entre algunas Características entre algunas características de plántulas de aguacate Var. “Colin V-33” y sus efectos enanizantes como portainjerto. Chapingo, MX. Chapingo. Serie de Horticultura II (1). P 95-98.
- Cañizales Zayas, J. 1973. Los aguacates. La Habana, Cu. Pueblo y Educación. 282 p
- Castañeda González, EL. 2009. Búsqueda de portainjertos de aguacate tolerantes-resistentes a *Phytophthora cinnamoni* Rands. Tesis Ph. D. Montecillo, MX, Instituto de Enseñanza e Investigación en Ciencia Agrícolas. 76p. Disponible en <http://www.cm.colpos.mx/2010/tesis.pdf>
- Cruz Vela, MA. 2008. Identificación de porta injertos para la propagación de plantas de aguacate. IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, SV); MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, SV). La Libertad, SV. 34 p.
- Dalmasso, AD; Malsuelli, R; Salgado O. 1994. Relación vástago raíz durante el crecimiento en vivero de tres especies nativas del monte *prosopis chilensis*, *prosopis flexuosa*, *Bulnesia retama*. s.l. Multiquina. P 35 – 43
- Darrouy Palacios, N; Castro Valdebenito, M; Cautin Morales, R; Kort Silva, L; Bozzdo Arteza, R. 2010. Efecto de la posición de la yema y de la poda en plantas de aguacate destinadas a la clonación. México. Redalyc (Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal) Revista Fitotecnia Mexicana. Vol.33, N°3, p.249-256
- Dogliotti, S. s.f. Introducción al curso de fisiología de los cultivos. (en línea). consultado el 20 de ene. 2012. Disponible en <http://www.infojardin.com>
- Fassio, CC; Castro, M; Darrouy, N; Mamani, J. 2007. Caracterización morfológica y anatómica de raíces de portainjerto de semilla y clonales de palto (*Persea americana* Mill). Viña del Mar, CH. Acta IV congreso de aguacate, 2007). 11 p.
- Garner, RJ. 1987. Manual del injertador. 4 ed. Trad. JC, Descarrega. Madrid, ES. Mundi prensa. 338 p.
- Gonzales Gonzales, JM. 2004. Catequinas y compatibilidad en homoinjertos de *Colucarpus sapota* (JACQ) (MERR) y heteroinjertos de *Colucarpus sapota* / *Achras sapota* L, en dos etapas fenológicas. Tesis. PDH Biotecnología. Colima, MX. Universidad de Colima. P. 124.
- Hartmann, HT; Kester, DE. 1975. Propagación de plantas: principios y prácticas. 4 ed. Trad. A, Marino Ambrosio. México Distrito Federal, MX. Continental. 810 p.
- Herrera Basurto, J.1998. Crecimiento y nutrición de los portainjertos de cítricos citranges “Carrizo” y “Troyer” propagados por estacas en vivero. Tesis Ms. Especialidad de fruticultura, Colegio de Postgraduados. MX. 138 p.
- Jiménez, VB; Parra, C; Pedrera, B; Hernández, L; Blanco, M; Martínez, F; Álvarez, J. 2005. Tecnología intensiva para la recuperación de aguacate en Cuba. Cuba. IIFT (Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical). 16 p.

- Jorge, PE; Medina Pacheco, CA. s.f. Pudrición radicular o muerte descendente (*Phytophthora cinnamoni* Rands) en plantaciones de aguacate (*Persea americana* Mill). Santo Domingo, RD. REDFRUT (Red de Desarrollo Tecnológico de Frutas). Hoja divulgativa N° 4. 4 p.
- Leakey, RRB. 2004. Physiology of vegetative reproduction. In: Encyclopedia of Forest Sciences. J Burley, E Evans, J A Younquist (eds). Academic Press. London, UK. p: 1655–1668.
- Lee, A. 2009. El movimiento del agua a través de las plantas: como una plantita utiliza el agua y cual es la interacción entre raíces y el aire circulante. Asturias, ES. ASTHOR AGRÍCOLA. Horticultura internacional. P 44-49
- Lobato Artiga, SD. 1998. Desarrollo de métodos de propagación para la conservación y propagación ex situ de especies de Sapotáceas *Pouteria sapota*. Tesis de maestro de ciencias. Escuela de Postgrado, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, CR. p. 131
- Martínez Castellanos, RE; Villaherrera López, RE; Constanza Rivas, S. 2006. Producción de plantas de aguacate criollo (*Persea americana* Mill) adaptado a la zona costera de El Salvador. Tesis Ing. Agr. San Salvador, SV, UES. 71 p
- Mckenzie, CB; Wolstenholme, BN; Allan P. 1988. Evaluation of nursery procedures to eliminate graft-take problems. South African Avocado Growers Assoc. Yrbk. (en línea) consultado el 15 de nov. 2011. Disponible en: [http://www.avocadosource.com/wac2/wac2\\_p375.htm](http://www.avocadosource.com/wac2/wac2_p375.htm)
- Parada Berrios, FA. 1999. Producción de plantas de níspero (*Manikara sapota*) inoculadas con *Glomus mosseae* (Micorrizas), Aspersores de AG, aplicaciones de NPK y fertilización foliar. Tesis. Maestría, fruticultura. México. Colegio de Postgraduados. 120 p
- Pérez Rivera, RA. 1986. Evaluación de veinte cultivares criollos de aguacate. La Libertad, SV. CENTA. Boletín técnico N° 17.
- Puente Alarcón, JE. 2009. Efecto del injerto intermedio en la producción de plantas enanizadas de marañón (*Anacardium occidentale* L); fase de vivero. Tesis. Ing. Agr. San Salvador, SV. Universidad de El Salvador. P 57
- Ramírez Rodríguez, Y; Parrado Álvarez, OL; Casas Tomas, I. s.f. Diversidad infraespecífica del aguacate (*Persea americana* Mill.) I Caracteres vegetativos. En la comunidad El Colorado, Sierra de Cubitas, Camagüey (en línea). Cuba, CU. Consultado 28 oct. 2010. Disponible en <http://www.actaf.co.cu/revistas/agrotecnia.pdf>
- Rubin, BA. 1984. Curso de fisiología vegetal. URSS. P 402-524.
- Salazar García, S; Velasco Cardenas, JJ; Medina Torres, R; Gomes Aguilar, JR. 2004. Selección de aguacate con potencial de uso como portainjertos: I. prendimiento y crecimiento de injertos. Xalisco, MX. Vol. 27 (1): 23-30.
- Salisbury, FB; Ross, CW. 1992. Fisiología de las plantas 3.; desarrollo de las plantas y fisiología ambiental. Trad. JM, Alonso. Madrid, ES. Thonsom. 988 p.
- SNET (Servicio Nacional de Estudios Territoriales, SV). 2009. Boletín anual climático. SV. 18 p.