

SELECCIONES DE AGUACATE CON POTENCIAL DE USO COMO PORTAINJERTOS. II. RESPUESTA AL ENRAIZAMIENTO MEDIANTE ACODOS

AVOCADO SELECTIONS WITH POTENTIAL USE AS ROOTSTOCKS. II. ROOTING RESPONSE TO AIR LAYERING

Samuel Salazar-García^{1*}, José de Jesús Velasco-Cárdenas², Raúl Medina-Torres² y José Roberto Gómez-Aguilar²

¹ Campo Experimental Santiago Ixcuintla, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Apdo. Postal 100, Santiago Ixcuintla, Nay. 63300, México. Correo electrónico: samuelsalazar@prodigy.net.mx ² Facultad de Agricultura, Universidad Autónoma de Nayarit. Apdo. Postal 49, Xalisco, Nay. 63780.

* Autor responsable

RESUMEN

En México existen selecciones de aguacate tolerantes a sequía, salinidad o tristeza (*Phytophthora cinnamomi* Rands) que pueden ser usadas como portainjertos clonales; sin embargo, no existe información sobre su facilidad de enraizamiento. Esta investigación fue realizada para determinar el tiempo requerido y la capacidad de enraizamiento de 38 selecciones de aguacate (*Persea americana* Mill.) y dos de chinini (*Persea schiedeana* Nees) utilizando anillado de la corteza del tallo y acodo basal. La evaluación fue realizada en un vivero con 50 % de sombra en Xalisco, Nayarit. Las selecciones de aguacate fueron injertadas por enchapado lateral sobre portainjertos originados por semilla de siete meses de edad. Cuando los injertos tenían una longitud mínima de 15 a 20 cm fue hecho un anillado de corteza de 2 cm de ancho y se aplicó arriba del anillado una solución de ácido indol-3-butírico (2000 mg L⁻¹) más ácido α -naftalenacético (1000 mg L⁻¹). La capacidad de enraizamiento varió entre las selecciones y fluctuó de 10 a 100 %, aunque el promedio global de enraizamiento fue de 66 %. La respuesta al enraizamiento de las selecciones tolerantes a sequía o salinidad fue similar (69 %), mientras que en las selecciones tolerantes a *P. cinnamomi* fue de 57 %. Según el tiempo transcurrido desde el anillado hasta la presencia de raíces ≥ 10 cm de longitud, nueve de 13 selecciones tolerantes a salinidad y seis de 18 tolerantes a sequía produjeron raíces en 60 a 90 días. Para las selecciones tolerantes a *P. cinnamomi*, siete de nueve selecciones requirieron de 120 a 180 días para un adecuado enraizamiento.

Palabras clave: *Persea americana* Miller, *Persea schiedeana* Nees, propagación clonal, sequía, salinidad, *Phytophthora cinnamomi* Rands.

SUMMARY

In Mexico there are avocado selections with tolerance to drought, salinity or root rot (*Phytophthora cinnamomi* Rands) that could be propagated for use as clonal rootstocks; however, there is no information on their rooting capability. This research was conducted to determine the rooting time and success rate of 38 avocado (*Persea americana* Mill.) and two chinini (*P. schiedeana* Nees) selections using stem bark ringing and basal air layering. The evaluation was carried out in a 50 % shade nursery in Xalisco, Nayarit. Selections were ve-

neer grafted onto seven-month-old seedling rootstocks. When scions were 15 to 20 cm in length a 2-cm wide bark ring was made at the base of the stem and a solution of indole-3-butyric acid (2000 mg L⁻¹) plus α -naphthalene acetic acid (1000 mg L⁻¹) was applied above the ringed area. Root production varied among selections with 10 to 100 % of the selections successfully rooted, although overall rooting averaged 66 %. The rooting response of drought and salinity tolerant selections was similar (69 %), whereas for *P. cinnamomi*-tolerant selections it was 57 %. According to the elapsed time from bark ringing to presence of roots ≥ 10 cm in length, nine out of 13 salinity tolerant and six out of 18 drought tolerant selections produced roots in 60 to 90 days. For *P. cinnamomi* tolerant selections, seven out of nine selections required 120 to 180 days for successful rooting.

Index words: *Persea americana* Miller, *Persea schiedeana* Nees, clonal propagation, drought, salinity, *Phytophthora cinnamomi* Rands

INTRODUCCIÓN

Para minimizar la variabilidad que resulta de evaluar portainjertos producidos por semilla es necesario recurrir a producción de portainjertos clonales, genéticamente uniformes, sobre los cuales se injerta el cultivar deseado. En aguacate (*Persea americana* Mill.) han sido publicadas diversas técnicas para la producción de portainjertos clonales en vivero o invernadero. La etiolación, alargamiento de tallos en ausencia de luz, parece ser un tratamiento indispensable para lograr la emisión regular de raíces en tallos o estacas en algunos genotipos de aguacate (Frolich, 1951; Brokaw, 1975; Moll y Wood, 1980; Salazar-García y Borrys, 1984; Salazar-García *et al.*, 1987; Alves-de Oliveira *et al.*, 1999); sin embargo, este tratamiento requiere de una cámara de etiolación y el proceso es riesgoso y costoso.

Para reducir el tiempo y riesgos de la etiolación, así como de no interrumpir el desarrollo de las plantas, Salazar y Borys (1983) desarrollaron la técnica de “franqueamiento”. Este procedimiento ha sido eficaz para enraizar tallos de aguacate, tanto en vivero como en campo abierto, y ha sido exitoso con diversos genotipos de aguacate en lugares de clima templado como el los estados de Puebla, México y California, EE.UU. Una modificación al método de franqueamiento, para hacerlo apropiado a lugares de clima cálido fue planteada por Salazar-García (2002) y consistió en realizar un anillado completo del tallo en vez de la incisión lateral de la corteza del tallo.

Durante el anillado se remueve una porción de la corteza lo que interrumpe el flujo descendente de savia por el floema. Esto resulta en la acumulación de reguladores del crecimiento, carbohidratos y otros compuestos (Veierskov, 1988; Mohr y Schopfer, 1995), que favorece la producción de raíces adventicias.

La capacidad de enraizamiento del aguacate es muy variable y puede estar determinada por la raza y genotipo en cuestión (Gómez *et al.*, 1973). Young (1961) obtuvo casi 100 % de enraizamiento en estacas de la raza Mexicana (cvs. Zutano y Scott), poco enraizamiento en ‘Fuerte’ y no le fue posible enraizar a ‘Hass’. En otro estudio, Reuveni y Raviv (1980) encontraron que las estacas de genotipos de la raza Mexicana fueron enraizadas con facilidad, las de Antillana fueron muy difíciles de enraizar y las de raza Guatemalteca resultaron intermedias.

En aguacate, la duración del proceso de enraizamiento también suele ser variable y depende del método utilizado, las condiciones ambientales y las características del genotipo estudiado. Según Alves-de Oliveira *et al.* (1999), a los 70 días después del anillado y acodado de brotes etiolados de la selección ‘153’, casi 74 % de los brotes habían emitido raíces. En condiciones de riego por rocío durante dos meses, el porcentaje de enraizamiento de estacas de las selecciones ‘Northrop-28/5’ y ‘Guram-13’ fue de 33 y 16 %, respectivamente, aunque estos valores fueron mayores a los ocho meses (Reuveni y Raviv, 1980). Por su parte, Leal y Krezdorn (1964) informaron que en camas de propagación se requirieron siete meses para obtener 90 % de estacas enraizadas de un aguacate de la raza Mexicana. En condiciones de vivero y sin control de temperatura, Salazar-García *et al.* (1987) lograron obtener plantas clonales con un sistema radical desarrollado a los tres meses después de acodar tallos etiolados.

Trabajos de selección realizados en México resultaron en una colección de genotipos de aguacate tolerantes a condiciones desfavorables del suelo, tales como sequía (Jo-

sé Luis Macías-González, Comunicación personal)¹, salinidad (Salazar-García *et al.*, 1984a, b, c) y *Phytophthora cinnamomi* Rands (Daniel Téliz-Ortiz, Comunicación personal)². Las características del proceso de obtención de cada una de estas selecciones, así como su comportamiento inicial en el vivero, ya fue descrita previamente (Salazar-García *et al.*, 2004).

En esta investigación se determinó el tiempo requerido y la capacidad de enraizamiento de 38 selecciones de aguacate (*Persea americana* Mill.) y dos de chinini (*Persea schiedeana* Nees) con potencial de uso como portainjertos, por medio de la técnica del anillado de la corteza del tallo y acodo basal.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se hizo en la Facultad de Agricultura de la Universidad Autónoma de Nayarit (21° 26' LN, 104° 55' LW) en el kilómetro 9 de la carretera Tepic-Puerto Vallarta, Mpio. de Xalisco, Nayarit. El clima predominante es (A) C (1) que corresponde a semicálido y subhúmedo (García, 1983). El régimen térmico medio anual varía de 20 a 22 °C. Los meses más cálidos son junio, julio, agosto y septiembre, con temperaturas medias de 23 a 24 °C, y los meses más fríos son diciembre y enero, con temperatura media de 16 a 17 °C. El régimen pluviométrico es mayor a 1300 mm anuales; el mes de máxima precipitación (370 a 380 mm) es julio y el de menor precipitación (< 30 mm) es mayo.

Portainjertos temporales y manejo del vivero

Se utilizaron 1536 portainjertos temporales de aguacate originados de semilla de probables híbridos naturales de las razas Antillana x Guatemalteca obtenidos en la región. La planta fue mantenida en un vivero provisto con malla plástica que daba 50 % de sombra, y en macetas de plástico negro calibre 500, de 16 cm de diámetro, 30 cm de alto y 6 L de capacidad. El suelo de la maceta fue migajón arcillo arenoso preparado a partir de la mezcla, en partes iguales, de suelo local, jal (piedra pómez) de grano fino y tierra de bosque de pino y encino.

Con el empleo de un tensiómetro QuickDraw Mod. 2900 (SoilMoisture Equipment Corp., Sta. Barbara, Calif., EE.UU.) se mantuvo la humedad del suelo de la maceta entre -0.3 y -0.5 MPa. El control de enfermedades del follaje se realizó con aspersiones de oxiclورو de cobre 0.4 % (p/v) cada 10 días en la época de lluvias (junio a

¹ 1981. Pasante de Maestría en ciencias, Centro de Fruticultura del Colegio de Postgraduados. Chapingo, Edo. de México. México.

² 2001. Profesor Investigador del Instituto de Fitosanidad del Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de México. México.

septiembre) y cada quince días en la época seca (octubre a mayo). Las plagas fueron controladas con aspersiones de permetrina 0.1 % (v/v). Cada tres meses se aplicaron al suelo de la maceta 20 g del biofertilizante "Biorgán" (Húmicos Mexicanos, S.A. de C.V., Tepic, Nay.). También se realizaron dos aspersiones foliares a 0.3 % (v/v) del fertilizante foliar Bayfolán Forte (Bayer de México S.A. de C.V., México, D.F.). La primera aplicación se hizo antes de injertar y la segunda después del prendimiento de injertos.

Injertos de las selecciones de aguacate sobre los portainjertos temporales

Cuando los portainjertos temporales tenían siete meses de edad (julio 1999), se injertaron sobre ellos las varetas portayemas de 38 selecciones de *P. americana* Mill., de las cuales 18 han mostrado tolerancia a sequía, identificadas con las letras "SE", 11 con tolerancia a salinidad, identificadas con la letra "S" y nueve con tolerancia a *P. cinnamomi*. También fueron incluidas dos selecciones de *P. schiedeana* con tolerancia a salinidad. Las varetas portayemas de las selecciones de aguacate fueron obtenidas de los bancos de germoplasma del Colegio de Postgraduados del Campus Puebla y del Campo Experimental Uruapan del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

La técnica de injerto empleada fue la de enchapado lateral, que consiste en realizar un doble corte en la vareta, en lados opuestos, uno largo y otro corto, de tal forma que se forme una cuña. En el portainjerto igualmente se realiza un doble corte, uno largo hacia el interior del tallo y otro corto, de tal forma que se forme una muesca que se hace coincidir con la cuña. Posteriormente, el amarre es hecho firmemente con cinta plástica calibre 6 u 8, de abajo hacia arriba para favorecer una estrecha unión entre los tejidos del cambium de la vareta y el portainjerto. Los injertos se hicieron en la parte baja del tallo del portainjerto temporal (aprox. 5 cm sobre el suelo), para facilitar la labor de propagación clonal.

Método de enraizamiento

Cuando el tallo de la selección injertada alcanzó una longitud de 15 a 20 cm, se realizó el anillado de la corteza del tallo de acuerdo con la técnica descrita por Salazar-García (2002), la cual consiste en remover una banda de corteza de 2 cm de ancho (anillado) en la parte basal del tallo del injerto. Arriba del anillado se aplicó una solución del enraizador comercial Dip'n Grow® (Astoria-Pacific, Inc., Clackamas, Oregon., EE.UU.) a una concentración de 2 g L⁻¹ de ácido indol-3-butírico más 1 mg L⁻¹ de ácido

α -naftalenacético. Posteriormente, por la parte superior de la planta se introdujo un tubo de plástico transparente calibre 500 de 12 cm de diámetro y longitud variable; dicho tubo se llenó con suelo preparado con una mezcla de partes iguales de suelo local, jal de grano fino y tierra de bosque (Cuadro 1) y desinfectado con vapor a 60 °C por 30 min (Coffey, 1992).

Capacidad de enraizamiento

Como tallo enraizado se consideró aquél en donde el crecimiento de raíces era notorio a través del tubo transparente, en evaluaciones mensuales. En cada fecha las selecciones enraizadas fueron desprendidas del portainjerto temporal y trasplantadas al campo o a recipientes de mayor capacidad, como un portainjerto clonal.

Tiempo de enraizamiento

El tiempo de enraizamiento fue determinado como el número de días transcurridos desde el anillado del tallo hasta que a través del tubo de plástico se observó la presencia de raíces ≥ 10 cm de longitud. Fue en este momento cuando se separó la selección enraizada del portainjerto temporal. De acuerdo con esto, las selecciones fueron clasificadas como: precoces (60 a 90 d), intermedias (120 a 150 d) y tardías (180 d).

Análisis estadístico

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con diferente número de repeticiones, y la una unidad experimental fue una planta. Previo a su análisis, los valores expresados como porcentajes fueron transformados mediante el arcoseno de la raíz cuadrada (Steel y Torrie, 1980). Los análisis de la varianza se hicieron mediante el procedimiento GLM del programa SAS/STAT para PC (SAS, 1989). Las comparaciones de medias fueron hechas con la prueba del rango múltiple de Duncan ($P \leq 0.05$).

RESULTADOS

Entre 30 y 45 días después del anillado del tallo, en algunas selecciones se observó la presencia de raíces a través del tubo de plástico transparente. Durante su crecimiento inicial, las raíces laterales presentaron un crecimiento horizontal con ligera inclinación hacia abajo. Una vez que las raíces de la selección injertada tenían aproximadamente 6 cm de longitud se encontraron con la pared de plástico y entonces dirigieron su crecimiento hacia la parte inferior de la maceta (Figura 1). Las selecciones clonadas fueron desprendidas de la planta madre cuando su sistema radical

Cuadro 1. Características del suelo usado para el enraizamiento de tallos de aguacate.

| Determinación | Resultado | Interpretación |
|--|-------------------------|---------------------|
| Arena (%) | 53.3 | |
| Arcilla (%) | 18.5 | |
| Limo (%) | 28.2 | |
| Textura | Migajón arcillo arenoso | |
| Capacidad de campo (%) | 34.11 | |
| % de marchitamiento permanente | 17.06 | |
| Saturación (%) | 61.4 | Muy alto |
| pH (1:2 en agua) | 6.37 | Moderadamente ácido |
| Materia orgánica (%) | 5.25 | Muy alto |
| N-NO ₃ (mg kg ⁻¹) | 66.1 | Alto |
| P-Bray (mg kg ⁻¹) | 51.1 | Alto |
| Potasio (mg kg ⁻¹) | 466 | Mediano |
| Calcio (mg kg ⁻¹) | 2200 | Moderadamente alto |
| Magnesio (mg kg ⁻¹) | 425 | Mediano |
| Sodio (mg kg ⁻¹) | 73.5 | Bajo |
| Hierro (mg kg ⁻¹) | 0.9 | Muy bajo |
| Zinc (mg kg ⁻¹) | 4.4 | Mediano |
| Manganeso (mg kg ⁻¹) | 19.1 | Mediano |
| Cobre (mg kg ⁻¹) | 0.23 | Bajo |
| Boro (mg kg ⁻¹) | 1.94 | Moderadamente alto |

| | Bases de saturación | | | | | |
|-----------------|---------------------|------------------|-----------------|----------------|----------------|------------------|
| | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ | K ⁺ | H ⁺ | Al ³⁺ |
| % | 66.3 | 21.2 | 1.9 | 7.2 | 3.4 | 0.0 |
| Meq/100 g suelo | 10.98 | 3.50 | 0.32 | 1.19 | 0.57 | 0.0 |
| | | | | | | 16.56 |

*CIC = Capacidad de intercambio de cationes.

fue vigoroso, ramificado, y además, varias de sus raíces habían alcanzado 10 cm o más de longitud (Figura 2). Al final del periodo de evaluación, 66 % de todas las plantas anilladas (1011 plantas) habían desarrollado un sistema radical ramificado.

Capacidad de enraizamiento

Con excepción de las selecciones S-B y S-D, en las que el enraizamiento fue 100 %, hubo una proporción variable de tallos que no produjeron un sistema radical abundante y vigoroso que asegurara el desarrollo exitoso del portainjerto (Figura 3). Estos tallos fueron considerados como no enraizados.

En los tallos en que no hubo emisión de raíces, fue notoria la presencia de callo que unió la corteza de ambos extremos del anillado; arriba del sitio del anillado se formaron primordios de raíces adventicias que no desarrollaron normalmente.



Figura 1. Raíces adventicias visibles (ver flecha) a través del tubo de plástico transparente, provenientes de un tallo de aguacate.

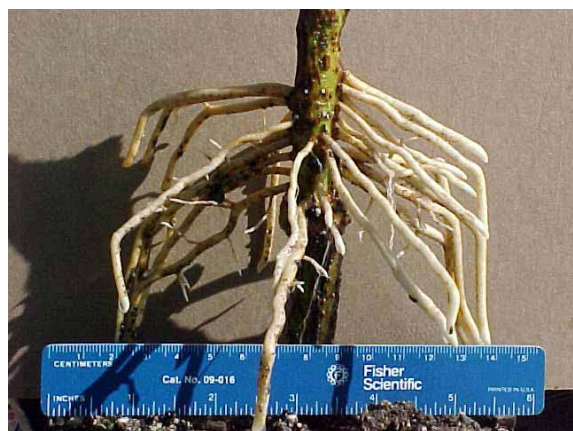


Figura 2. Raíces adventicias en tallos anillados de aguacate con enraizamiento satisfactorio.

Al final del periodo de evaluación, el promedio de tallos enraizados para el grupo de selecciones tolerantes a sequía fue de 69 %. La variación entre selecciones fue notoria y fluctuó de 20 % (SE-23-559) a 90 % (SE-109-157 y SE-112-184); 15 de las 18 selecciones evaluadas presentaron un enraizamiento igual o superior a 50 % (Cuadro 2).



Figura 3. Tallos anillados de aguacate con pobre desarrollo de raíces adventicias. La flecha señala la parte inferior del anillado.

Cuadro 2. Enraizamiento acumulado y duración del periodo de enraizamiento de tallos anillados de selecciones de aguacate tolerantes a sequía (SE).

| Cuadro 2. Enraizamiento acumulado y distribución del período de enraizamiento de ranos anillados de selecciones de aguacate tolerantes a sequía (SE). | | | | | | | |
|---|------|-----------------|---------------------------|------|------|---------------------|--|
| Clave | Raza | Núm. de plantas | Días después del anillado | | | | Tiempo de enraizamiento y clasificación [‡] (d) |
| | | | 30 | 60 | 90 | 120-180 | |
| Enraizamiento (%) | | | | | | | |
| SE-5-1125 | Mex. | 9 | 33.4 | 33.4 | 44.6 | 78 ab ^{‡‡} | 120 (Intermedia) |
| SE-11-809 | Mex. | 8 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 75 ab | 150 (Intermedia) |
| SE-13-815 | Mex. | 8 | 50.0 | 50.0 | 50.0 | 75 ab | 60 (Precoz) |
| SE-23-557 | Mex. | 9 | 33.6 | 33.6 | 33.6 | 67 ab | 150 (Intermedia) |
| SE-23-558 | Mex. | 111 | 18.0 | 31.0 | 39.0 | 60 abc | 150 (Intermedia) |
| SE-23-559 | Mex. | 10 | 10.0 | 10.0 | 20.0 | 20 c | 180 (Tardía) |
| SE-33-1204 | Mex. | 101 | 6.0 | 24.0 | 28.0 | 49 abc | 180 (Tardía) |
| SE-37-1213 | Mex. | 7 | 0.0 | 29.0 | 29.0 | 43 bc | 180 (Tardía) |
| SE-40-1195 | Mex. | 104 | 42.0 | 66.0 | 73.0 | 73 ab | 90 (Precoz) |
| SE-43-1279 | Mex. | 10 | 50.0 | 70.0 | 70.0 | 80 ab | 60 (Precoz) |
| SE-49-1290 | Mex. | 102 | 29.5 | 29.5 | 38.3 | 52 abc | 180 (Tardía) |
| SE-107-149 | Ant. | 10 | 20.0 | 20.0 | 20.0 | 50 abc | 180 (Tardía) |
| SE-107-150 | Ant. | 108 | 23.1 | 35.1 | 39.7 | 61 abc | 150 (Intermedia) |
| SE-109-157 | Ant. | 10 | 10.0 | 10.0 | 20.0 | 90 a | 150 (Intermedia) |
| SE-109-158 | Ant. | 10 | 50.0 | 50.0 | 70.0 | 70 ab | 60 (Precoz) |
| SE-112-184 | Ant. | 10 | 50.0 | 50.0 | 70.0 | 90 a | 60 (Precoz) |
| SE-116-198 | Ant. | 7 | 62.0 | 75.0 | 75.0 | 75 ab | 60 (Precoz) |
| SE-126-257 | Ant. | 100 | 24.0 | 46.0 | 55.0 | 67 ab | 120 (Intermedia) |
| Promedio | | | 25.1 | 38.1 | 44.8 | 69 | 127 |

[†] Número de días a 50 % de planta clonal terminada. Clasificación: precoces (60 a 90 d), intermedias (120 a 150 d), tardías (180 d).

^{‡‡} Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Duncan, 0.05).

Cuadro 3. Enraizamiento acumulado y duración del periodo de enraizamiento de tallos anillados de selecciones de aguacate tolerantes a salinidad (S).

| Cuadro 5. Enraizamiento acumulado y duración del período de enraizamiento de tallos anillados de selecciones de aguacate tolerantes a salinidad (57). | | | | | | | |
|---|----------------|-----------------|---------------------------|-------|-------|--------------------|--|
| Clave | Raza o especie | Núm. de plantas | Días después del anillado | | | | Tiempo de enraizamiento y clasificación ^φ (d) |
| | | | 30 | 60 | 90 | 120-180 | |
| | | | Enraizamiento (%) | | | | |
| S-29 | Mex. | 109 | 11.8 | 46.6 | 56.6 | 74 a ^{φφ} | 120 (Intermedia) |
| S-44 | <i>P. sch.</i> | 10 | 0.0 | 0.0 | 10.0 | 10 c | 180 (Tardía) |
| S-65 | Guat. | 41 | 2.4 | 51.2 | 51.2 | 56 ab | 90 (Precoz) |
| S-88 | <i>P. sch.</i> | 10 | 0.0 | 40.0 | 50.0 | 90 a | 120 (Intermedia) |
| S-126 | Mex. | 26 | 19.0 | 69.0 | 72.7 | 88 a | 90 (Precoz) |
| S-206 | Ant. | 11 | 18.4 | 55.0 | 55.0 | 55 ab | 90 (Precoz) |
| S-225 | Mex. | 15 | 0.0 | 53.5 | 67.0 | 87 a | 90 (Precoz) |
| S-A | Ant. | 8 | 25.0 | 63.0 | 88.0 | 88 a | 90 (Precoz) |
| S-B | Ant. | 1 | 0.0 | 100.0 | 100.0 | 100 a | 90 (Precoz) |
| S-C | Ant. | 50 | 0.0 | 0.0 | 4.0 | 12 bc | 180 (Tardía) |
| S-D | Ant. | 8 | 0.0 | 75.0 | 100.0 | 100 a | 90 (Precoz) |
| S-E | Ant. | 100 | 68.0 | 78.0 | 84.0 | 91 a | 60 (Precoz) |
| S-F | Ant. | 3 | 0.0 | 67.0 | 67.0 | 67 a | 90 (Precoz) |
| Promedio | | | 23.1 | 50.9 | 58.0 | 69 | 106 |

^φ Número de días a 50 % de planta clonal terminada. Clasificación: precoces (60 a 90 d), intermedias (120 a 150 d), tardías (180 d).

^{φφ} Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Duncan, 0.05).

Tiempo de enraizamiento

La duración del proceso de enraizamiento, desde el anillado del tallo de la selección hasta la separación de ésta del portainjerto temporal, varió con la selección de aguacate en cuestión. Las selecciones más precoces fueron las tolerantes a salinidad, en donde nueve de 13 selecciones (69 %) fueron de rápido enraizamiento (Cuadro 3). En el grupo de selecciones tolerantes a sequía, la mayoría de ellas fueron intermedias (7 de 18) o precoces (6 de 18) (Cuadro 2). En el caso de las selecciones tolerantes a *P. cinnamomi*, la mayoría de ellas (78 %) fueron de velocidad de enraizamiento intermedia y tardía, que incluye a Duke 6 y Duke 7 clasificadas como tardías (Cuadro 4).

DISCUSIÓN

El promedio global de enraizamiento de las selecciones evaluadas fue de 66 %, que puede ser considerado aceptable en virtud de la diversidad genética de estas selecciones. Si se considera únicamente a las 38 selecciones de *P. americana*, con la técnica de acodo basal propuesta por Salazar-García (2002) se logró el enraizamiento de al menos 50 % de los tallos en 82 % de las selecciones. Lo anterior muestra la potencialidad de esta técnica de enraizamiento en presencia de amplia variabilidad genética, o con materiales cuya capacidad de enraizamiento es desconocida, aunque el procedimiento utilizado podría ser revisado para algunas de las selecciones en las que hubo poco enraizamiento.

La hipótesis de que la variación genética entre las selecciones evaluadas podía afectar su enraizamiento fue aceptada y permitió caracterizar su capacidad y tiempo de enraizamiento. La magnitud de la diferencia en la capacidad de enraizamiento entre las selecciones fue establecida por un lado por las selecciones S-B y S-D, ambas de raza Antillana y con 100 % de enraizamiento; el otro extremo fue la selección S-44 de *P. schiedeana*, con sólo 10 % de enraizamiento. Los datos obtenidos para las selecciones con reducido número de plantas deben considerarse con cautela.

Se ha propuesto que el anillado del tallo causa obstrucción temporal de savia por el floema, lo que favorece la acumulación de metabolitos por arriba de la zona del anillado, así como de ácido indolacético (AIA), producido principalmente por la yema apical de los brotes y hojas jóvenes (Mohr y Schopfer, 1995; Hartmann *et al.*, 1997). Los carbohidratos procedentes de las hojas también son transportados vía floema y se acumulan arriba del anillado, lo que puede estar asociado con la cantidad y vigor de las raíces producidas (Veierskov, 1988). Es probable que el efecto del anillado haya sido lo suficientemente fuerte para rebasar el efecto de la variabilidad genética en la mayoría de las selecciones aquí estudiadas.

Alves-de Oliveira *et al.* (1999) anillaron brotes etiolados de un genotipo de aguacate de la raza Mexicana, lo que resultó en un máximo de 74 % de enraizamiento a los 70 d. Por su parte, Moll y Wood (1980) obtuvieron 80 a 90 % de enraizamiento en vástagos etiolados de Duke 6 y

Duke 7. En el presente trabajo, resultó notoria la baja capacidad de enraizamiento de las selecciones Duke 6 y Duke 7 (50 y 26 %, respectivamente), así como su lentitud de enraizamiento (180 días). Ambos genotipos son clonados comercialmente para producir portainjertos para aguacate en diversas regiones del mundo, con etiolación como pretratamiento.

En el presente estudio, las varetas portayemas de Duke 6 y Duke 7 se obtuvieron de árboles con manejo deficiente, los cuales lucían avejentados y cuyos brotes formaron entrenudos cortos y hojas pequeñas. Los brotes con estas características suelen mostrar dificultad para su enraizamiento, debido a que en tallos no juveniles se desarrollan anillos de haces fibrosos unidos por células esclereidas que podrían actuar como una barrera para la emergencia de los primordios de raíz (Gómez *et al.*, 1973). Podría ser el caso también, que los tallos maduros hayan perdido la capacidad para responder a las auxinas exógenas o endógenas (Mohr y Schopfer, 1995). Dado que en condiciones de clima templado el método de "franqueamiento" ha brindado enraizamiento aceptable de los cvs. Duke 6 y Duke 7 (Salazar-García y Borys, 1983), podría ser que en condiciones de clima cálido tenga que modificarse el procedimiento de enraizamiento para incrementar el número de tallos enraizados.

En las condiciones de ambiente no controlado en las que fue realizada la presente investigación, la duración del proceso de enraizamiento fue variable entre las selecciones de aguacate. Para las selecciones precoces (60-90 días), este periodo resultó aceptable cuando se compara con los 150 a 210 d indicados por Leal y Krezdorn (1964) y con los 60 a 240 d mencionados por Reuveni y Raviv (1980).

Los resultados aquí presentados permiten proponer la siguiente técnica para la propagación clonal del aguacate en lugares con clima cálido y con mínima infraestructura: 1) Planta no etiolada; 2) Anillado del tallo de 2 cm de ancho; 3) Aplicación de auxinas; y 4) Embolsado con suelo en la porción inferior del tallo (acodo basal). En algunas selecciones este procedimiento produce portainjertos clonales con un sistema radical suficientemente desarrollado para ser trasplantados al huerto a los 60 días después del acodado. Esto se considera como una aportación significativa a la industria aguacatera porque permite la planeación de actividades y recursos asociados a la producción de portainjertos clonales de estas selecciones.

Además de la baja inversión e infraestructura requerida, este método de propagación clonal parece promisorio para una amplia diversidad de materiales genéticos. Esto quedó demostrado por la falta de relación entre la capacidad de enraizamiento y la especie, raza o genotipo. Sin

embargo, es probable que los resultados puedan variar si se realiza en condiciones diferentes o se emplean otras selecciones u otros métodos de enraizamiento.

CONCLUSIONES

Con algunas excepciones, la técnica de acodado basal aquí empleada fue adecuada para producir portainjertos clonales de chinini (*P. schiedeana*) y aguacate (*P. americana*) de las razas Mexicana, Guatemalteca y Antillana.

El promedio global de enraizamiento con la técnica del anillado fue 66 %, y 22 de 40 selecciones superaron este valor.

Según el tiempo requerido para un enraizamiento exitoso, 17 selecciones de aguacate o chinini fueron clasificadas como precoces (60 a 90 d), 11 fueron intermedias (120 a 150 d) y 12 tardías (180 d).

AGRADECIMIENTOS

Se agradece el financiamiento del SIMORELOS-CONACYT a través del proyecto SIM-19980301027, de la Fundación Produce Nayarit, A.C. y de la Unión de Sociedades de Producción Rural Aguacate Hass de Nayarit, de R.L.

BIBLIOGRAFÍA

- Alves-de Oliveira A, O Carlos-Koller, A Villegas-Monter (1999) Propagación vegetativa de aguacate selección 153 (*Persea* sp.) por acodo en contenedor. Rev. Chapingo S. Hortic. 5 (núm. esp.): 221-225.
- Brokaw W H (1975) Root rot resistant avocado clonal rootstocks. Plant Prop. 21:7-8.
- Coffey M D (1987) *Phytophthora* root rot of avocado: An integrated approach to control in California. Plant Dis. 71:1046-1052.
- Frolich E F (1951) Rooting Guatemalan avocado cuttings. Calif. Avo. Soc. Yrbk. 36:136-138.
- García E (1983) Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F. 246 p.
- Gómez R E, J Soule, S E Malo (1973) Anatomical aspects of avocado stems with reference to rooting. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. Trop. Reg. 17:23-28.
- Hartmann H T, D E Kester, F T Davies (1997) Plant Propagation, Principles and Practices. 6th ed. Englewood Clippings. New York, USA. 645 p.
- Leal F J, H Krezdorn (1964) Rooting avocado cuttings. Proc. Fla. State Hort. Soc. 77:358-362.
- Mohr H, P Schopfer (1995) Plant Physiology. G Lawlor, D W Lawlor (Translators). 4th Ed. Springer-Verlag. New York, USA. pp: 383-408.
- Moll J N, R Wood (1980) An efficient method for producing rooted avocado cuttings. Subtropica 1(11):9-12.
- Reuveni O, M Raviv (1980) Importance of leaf retention to rooting of avocado cuttings. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 106(2):127-130.
- Salazar-García S (2002) Producción de portainjertos clonales de aguacate mediante enraizamiento de tallos y raíces. Publicación Técnica

- No. 1. INIFAP, Campo Experimental Santiago Ixcuintla. México. 31 p.
- Salazar-García S, M W Borys (1983)** Clonal propagation of avocado through "Franqueamiento". Calif. Avo. Soc. Yrbk. 67:69-72.
- Salazar-García S, M W Borys (1984)** Efecto de la altura de poda en la obtención de vástagos etiolados de aguacate. Rev. Chapingo 9(45/46):38-40.
- Salazar-García S, M W Borys, S A Enríquez-Reyes (1984a)** Tolerancia de aguacates a condiciones de salinidad progresiva. I. Selección de plantas. Rev. Chapingo 9(45/46):9-13.
- Salazar-García S, M W Borys, S A Enríquez-Reyes (1984b)** Tolerancia de aguacates a condiciones de salinidad progresiva. II. Crecimiento de plantas. Rev. Chapingo 9(45/46):14-15.
- Salazar-García S, M W Borys, S A Enríquez-Reyes (1984c)** Tolerancia de aguacates a condiciones de salinidad progresiva. III. Caracterización de plantas sobresalientes. Rev. Chapingo 9(45/46):16-19.
- Salazar-García S, V Vázquez-Valdivia, M W Borys (1987)** Tamaño radical de vástagos "juveniles" etiolados, en dos razas de aguacate. Riv. Agric. Subtrop. e Trop. 4:539-547.
- Salazar-García S, J J Velasco-Cárdenas, R Medina-Torres, J R Gómez-Aguilar (2004)** Selecciones de aguacate con potencial de uso como portainjertos. I. Prendimiento y crecimiento de injertos. Rev. Fitotec. Mexicana 27 (1). pp:23-30.
- SAS Institute Inc. (1989)** SAS/STAT User's Guide, Version 6, Fourth Ed. Vol. 1 and 2. SAS Institute Inc., Cary, N.C., USA.
- Steel R G D, J H Torrie (1980)** Principles and Procedures of Statistics. A Biometrical Approach. 2nd Ed. McGraw-Hill, Inc. Kogakusha, Ltd. Tokio, Japan. 633 p.
- Veierskov B (1988)** Relations between carbohydrates and adventitious root formation. *In*: Adventitious root formation in cuttings. T D Davies, B E Halssing, N Sankla (eds). Discorides Press, Portland, USA. Vol. 2. pp:70-78.
- Young L B (1961)** Vegetative propagation in avocados by means of marcottage and rooting of cuttings. Calif. Avo. Soc. Yrbk. 45:63-66.