

Fenología de la raíz del aguacate 'Hass' en varios climas de Michoacán

S. Salazar-García¹; J.L. Rocha-Arroyo²; M.E. Ibarra-Estrada², A.E. Bárcenas-Ortega³

¹. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Santiago Ixcuintla. Km. 6 Entronque Carret. Intnal. México-Nogales, Apdo. Postal 100, Santiago Ixcuintla, NAY 63300, México. Correo-e: samuelsalazar@prodigy.net.mx

². Investigadores independientes. Uruapan, MICH y Santiago Ixcuintla, NAY, México.

³. UMSNH-Facultad de Agrobiología "Presidente Juárez". Paseo Lázaro Cárdenas Esq. Berlín s/n. Uruapan, MICH 60170, México.

RESUMEN

Para mejorar la eficiencia de la fertilización y otras prácticas culturales en el cultivo del aguacate es importante conocer la fenología de la raíz. El objetivo de esta investigación fue cuantificar la intensidad y fechas de ocurrencia de los flujos de crecimiento de raíces del aguacate 'Hass' cultivado con riego y sin riego en cuatro tipos de clima [Cálido subhúmedo (CS), Semicálido subhúmedo (SS), Semicálido húmedo (SH) y Templado subhúmedo (TS)] de Michoacán. Se eligieron siete huertos de 'Hass' sobre portainjertos regionales de semilla de raza mexicana y en cada huerto fueron seleccionados 12 árboles. Mensualmente fue cuantificada la presencia (peso seco) de raíces nuevas en una excavación de 40x40x40 cm en el área de sombreado de dos árboles por huerto. La mayor producción de raíces ocurrió en los climas SS y SH. En todos los climas se registró producción de raíces durante el año aunque hubo dos periodos de máxima producción los cuales variaron con el tipo de clima: febrero-abril y octubre (SS); marzo y septiembre (SH); abril y diciembre (CS); junio y diciembre (TS). La producción anual de raíces fue mayor en huertos sin riego (31.7 g) que en huertos con riego (18 g). Las temperaturas más cálidas del suelo, a 30 cm de profundidad, ocurrieron en el clima CS durante junio y julio (20.8 °C) y las mínimas (14 °C) en enero, en los climas SH y TS.

Palabras clave: *Persea americana* Mill., Ecofisiología, Riego, Condiciones de cultivo.

INTRODUCCIÓN

El crecimiento de las raíces del aguacate ocurre en forma de flujos y pueden presentarse varios durante el año (Salazar-García, 2002). En Chile, los flujos de crecimiento de raíces ocurrieron en primavera y otoño (Mena-Volker, 2004); un comportamiento similar se observó en Nueva Zelanda (Thorp *et al.*, 1993). En el sur de California, Robinson *et al.* (2002) encontraron crecimiento de raíces todo el año, pero la mayor actividad ocurrió en Junio (primavera) y Noviembre (otoño), ambos periodos después de que cesaron los flujos de crecimiento vegetativo. En aguacate 'Hass' cultivado sin riego en Nayarit, México, el principal flujo de crecimiento de raíces ocurrió en junio, al inicio del periodo de lluvias de verano y alcanzó su máxima actividad en agosto (Cossio-Vargas *et al.*, 2008).

Entre los principales factores del suelo que influyen sobre el crecimiento de las raíces de aguacate se encuentran la textura, compactación, espacio poroso y humedad (Salazar-García & Cortés-Flores, 1986). El conocer cuándo crecen y cómo se distribuyen las raíces en las diferentes condiciones de cultivo puede ayudar a mejorar la eficiencia del riego y los fertilizantes (Salazar-García, 2002).

Kalmar & Lahav (1976) encontraron en los cvs. Ettinger y Fuerte una fuerte asociación positiva entre la cantidad de agua aplicada y la producción de raíces. Aunque no existe mucha información, en algunas regiones de México donde se cultiva aguacate sin riego, la humedad aprovechable del suelo podría ser el factor que determine los periodos de mayor producción de raíces, pudiendo presentarse mayor actividad durante los meses lluviosos del verano (Cossio-Vargas *et al.*, 2008). En el caso de los huertos con riego suplementario, la producción de raíces podría ocurrir durante todo el año (Salazar-García, 2002); sin embargo, deberían de existir periodos de máximo crecimiento los cuáles no han sido estudiados.

La temperatura del suelo también ejerce un efecto importante sobre el crecimiento de las raíces. En un experimento en condiciones controladas, los portainjertos 'Velvick' (raza antillana) y 'Duke 7' (raza mexicana) presentaron menor crecimiento de raíces con temperaturas del suelo de 13°C, comparado con 18, 23 y 28 °C. En 'Velvick' el crecimiento de raíces se incrementó entre 13 y 23° C y se redujo con temperaturas mayores, mientras que en 'Duke 7', dicho crecimiento aumentó al pasar de 13 a 18° C y se mantuvo estable entre 18 y 28° C (Whiley *et al.*, 1990). En Michoacán, más del 68% de la superficie con aguacate se localiza en clima Semicálido y el resto en climas Cálido y Templado (Anguiano-Contreras *et al.*, 2006). De la superficie total con aguacate, 54,738 ha cuentan con riego suplementario y 72,345 ha son de humedad residual (SIAP, 2014). El objetivo de este estudio fue determinar las fechas de ocurrencia e intensidad de los flujos de producción de raíces jóvenes en aguacate 'Hass' cultivado con riego y sin riego en cuatro tipos de clima de Michoacán.

MATERIALES Y MÉTODOS

Características de los huertos

La investigación se realizó del 2006 a 2008 en siete huertos comerciales de aguacate 'Hass' injertados sobre portainjertos criollos de raza Mexicana ubicados en cuatro tipos de clima que concentran cerca del 94% de la superficie establecida con aguacate en Michoacán (Cuadro 1). En cada huerto se eligieron 12 árboles con condiciones similares de sanidad, estado fenológico y sin síntomas visuales de trastornos nutricionales. La altura de los árboles fue ≤ 7 m, con un historial productivo superior a 100 kg•árbol⁻¹•año⁻¹, forma amplia de la copa y ninguno recibió poda.

Los huertos de Matangarán, Tecario y Cheranguerán disponían de riego por goteo (fertirriego) de enero al principio de junio, con aplicación de 320 L.árbol⁻¹ cada 8-10 días. En todas las localidades, el 90% de la lluvia se presenta de mayo a octubre. En cada huerto se obtuvo una muestra

compuesta de suelo integrada con dos submuestras de cada árbol a 30 cm de profundidad. Las características físico-químicas fueron determinadas en un laboratorio comercial acreditado por el Programa NAPT de la Soil Science Society of America.

Tabla 1. Características de los huertos de aguacate 'Hass'

Tipo de climaz	Superficie (% del total) [†]	Localidad / Municipio	Condición de humedad	Altitud (m)
Cálido subhúmedo Aw1(w)	0.12	Matangarán / Uruapan	Riego	1450
Semicálido subhúmedo	57.03	Tecario / Tacámbaro	Riego	1623
(A)C(w1)(w)+(A)C(w2)(w)		Patámbaro / Tancítaro	Sin riego	1940
Semicálido húmedo	10.22	Cheranguerán / Uruapan	Riego	1815
(A)C(m)(w)		La Basilia / Uruapan	Sin riego	1875
Templado subhúmedo	25.99	Peribán / Peribán	Sin riego	2053
C(w2)(w)		Araparícuaro / Tancítaro	Sin riego	1990
T o t a l	93.36			

[†]INEGI (1985).

[‡]Anguiano-Contreras *et al.* (2006).

Muestreo de raíces

Mensualmente se cuantificó la presencia de raíces nuevas en dos árboles por huerto. Los primeros seis muestreos fueron realizados en los lados Norte y Sur de los árboles. Posteriormente, se empezó de nuevo con los primeros árboles en los lados Este y Oeste. Las raíces nuevas (≤ 4 mm) de diámetro se obtuvieron excavando un hoyo de 40x40x40 cm en la zona de goteo del árbol (1.40 m del tronco). Las raíces fueron lavadas rápidamente con agua corriente, secadas con papel absorbente y pesadas en una balanza digital (OHAUS, Scout Pro Balance). Después, fueron desecadas en un horno con aire forzado (Lab line modelo imperial V) a 70 °C por 72 h para obtener su peso seco.

Humedad y temperatura del suelo

El contenido de humedad se determinó extrayendo en cada árbol una muestra de suelo a 30 cm de profundidad con una barrena de acero inoxidable (Apparatus Company, Oakfield, Winsconsin, USA). El suelo fue secado en un horno con aire forzado (Lab line modelo imperial V) a 105 °C durante 72 h. En cada huerto se registró la temperatura del suelo a 30 cm de profundidad, a intervalos de una hora con registradores automáticos HOBO H8 (Onset Computer, Witzprod, Englewood Cliffs, NJ, USA).

Análisis de la información

Los datos individuales de peso seco de raíz y humedad del suelo obtenidos en los dos años de estudio, fueron depurados con el procedimiento Boxplot del programa computacional Minitab-14. Posteriormente, se obtuvieron las tendencias de agrupamiento por tipo de clima con el fin de generar los modelos de producción de raíces para cada grupo formado. Con las tendencias observadas y utilizando el paquete estadístico SAS 9.2 (2009), se obtuvo el mejor modelo para cada grupo. Para esto fueron considerados los parámetros de la mayor R², el menor cuadrado medio del error (MSE) y el criterio de Mallow (C_p) (Draper & Smith, 1981; Neter *et al.*, 1985). Mediante la técnica de regresión, se aplicó el mejor modelo obtenido y se obtuvieron los estimadores de los parámetros para generar las curvas en cada grupo con el paquete estadístico computacional SigmaPlot-10.

Los datos depurados de peso seco de raíz y porcentaje de humedad del suelo, se analizaron estadísticamente utilizando un diseño completamente al azar. Como tratamiento se consideró al conjunto de datos obtenido en los dos años de estudio por tipo de clima y por condición de humedad, con diferente número de observaciones por tratamiento. Para saber si en cada fecha de muestreo había diferencias entre climas y entre condiciones de humedad, se analizó estadísticamente la información obtenida por fecha de muestreo. En ambos análisis se usó el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS V. 9.2. Para la comparación de medias se usó la prueba de Waller-Duncan (P = 0.05).

RESULTADOS

Características del suelo

La fertilidad del suelo mostró algunas variaciones entre huertos. Los huertos en el clima Semicálido húmedo fueron los únicos que tuvieron pH fuertemente ácido; en el resto fue moderadamente ácido. A excepción del huerto Tecario, que tuvo textura arcillosa, en los demás la textura fue ligera. En general la materia orgánica fue de media a muy alta y las concentraciones de Fe y Cu variaron entre altas y muy altas.

Producción de raíces según el clima

La producción de raíces varió con el tipo de clima (Cuadro 3). En promedio, la mayor (40.1 g) y menor (13.3 g) producción de raíces se registró en los climas Semicálido subhúmedo y Semicálido húmedo, respectivamente. En el clima Semicálido subhúmedo se obtuvo la mayor cantidad de raíces de febrero a marzo y de julio a octubre. En junio y diciembre no se presentaron diferencias con los climas Cálido subhúmedo y Templado subhúmedo (Cuadro 3).

La producción de raíces ocurrió todo el año. Sin embargo, en todos los tipos de clima hubo dos picos principales de producción. El primero de ellos sucedió entre marzo y mayo (Fig. 1A) y el segundo ocurrió más pronto (final de julio) en los climas Semicálido subhúmedo y Semicálido húmedo. En el clima Templado subhúmedo la presencia de raíces fue más estable a través del año (Fig. 1A).

Influencia del riego sobre la producción de raíces

Los huertos sin riego tuvieron mayor producción de raíces (31.7 g). Con excepción del mes de julio, en el cual no hubo diferencias entre huertos, la diferencia se observó todo el año (Cuadro 4). En ambas condiciones de humedad hubo dos flujos de máxima producción de raíces, siendo más extendido el segundo (Fig. 1B). La fecha de ocurrencia de los dos flujos fue similar en huertos con y sin riego.

Producción de raíces en relación con la humedad del suelo

Los climas Cálido subhúmedo y Templado subhúmedo registraron en promedio mayor humedad del suelo (53.6 y 50.8%, respectivamente) (Cuadro 3). Durante el tiempo de registro sólo hubo diferente contenido de humedad entre tipos de clima en enero, febrero, septiembre y noviembre (Cuadro 3). Las diferencias en el contenido de humedad del suelo entre huertos con y sin riego sólo fue evidente en junio, septiembre y octubre (Cuadro 4).

Al inicio del estudio, en el clima Semicálido subhúmedo la producción de raíces en huertos sin riego no se relacionó con la humedad del suelo (Fig. 2A). Al final, la humedad del suelo se incrementó notablemente mientras que la variación en la producción de raíces fue más ligera. En el clima Semicálido húmedo, la producción de raíces en huertos con riego no fue influenciada inicialmente por la humedad del suelo. En el segundo flujo de crecimiento de raíces su producción aumentó y de igual manera ocurrió con la humedad del suelo (Fig. 2B).

Temperatura del suelo

Las temperaturas más cálidas del suelo ocurrieron en el clima Cálido subhúmedo durante junio y julio (20.8 °C) (Fig. 3A), mientras que las mínimas (14 °C) se registraron en enero en los climas Semicálido húmedo y Templado subhúmedo (Fig. 3B). Por otra parte, la condición de humedad del suelo modificó su temperatura ya que la máxima registrada ocurrió en huertos con riego en junio (19.8 °C) (Fig. 3C). La temperatura mínima se presentó en huertos sin riego en Enero (14.2 °C) (Fig. 3D).

Tabla 2. Análisis físico-químico del suelo a 30 cm de profundidad en los siete huertos correspondientes a cuatro tipos de clima de Michoacán

	Cálido subhúmedo	Semicálido subhúmedo		Semicálido húmedo		Templado subhúmedo	
	Matangarán	Patámuro	Tecario	Cheranguerán	La Basilia	Peribán	Araparicuaro
Arcilla (%)	22	14	30	16	14	12	12
Limo (%)	39	35	45	51	39	35	45
Arena (%)	39	51	25	33	47	53	43
Textura	Franco	Franco	Migajón arcilloso	Migajón limoso	Franco	Migajón arenoso	Franco
CC	40.3	35.7	37.6	45.1	41.5	29.9	42.3
PMP	21.1	18.7	19.7	23.7	21.8	15.7	22.2
DAP	0.865	1.055	0.979	0.886	0.981	1.237	0.924
pH (1:2 H ₂ O)	6.00 (Ma)	5.63 (Ma)	5.92 (Ma)	5.30 (Fa)	5.51 (Fa)	5.63 (Ma)	5.96 (Ma)
M.O. (%)	3.53 (MA)	4.05 (A)	2.79 (MA)	6.02 (MuA)	3.58 (MA)	1.99 (M)	3.69 (A)
	mgkg ⁻¹						
N-NO ₃	18.1 (M)	2.24 (B)	9.54 (MB)	44.1 (MA)	4.96 (B)	3.43 (B)	5.98 (MB)
P-Bray	10.2 (MB)	7.23 (B)	59.3 (A)	3.99 (MuB)	3.41 (MuB)	130.3 (MuA)	3.39 (MuB)
K	1528 (MuA)	311 (M)	1282 (A)	229 (MB)	241 (MB)	208 (MB)	771 (M)
Ca	1899 (M)	731 (B)	2115 (MA)	1343 (MB)	830 (B)	706 (B)	1186 (MB)
Mg	491 (M)	92 (MuB)	592 (M)	115 (B)	106 (B)	75 (MuB)	172 (B)
Na	86 (B)	32 (MuB)	53 (B)	41 (MuB)	33 (MuB)	38 (MuB)	37 (MuB)
Fe	25.7 (MA)	44.3 (A)	75.6 (A)	42.2 (A)	39.0 (MA)	79.6 (A)	36.6 (MA)
Cu	2.53 (A)	3.18 (A)	6.78 (MuA)	3.94 (A)	2.35 (A)	6.44 (MuA)	3.81 (A)
Mn	18.5 (MA)	2.12 (B)	19.7 (MA)	2.32 (B)	1.29 (MuB)	4.76 (B)	2.77 (B)
Zn	3.45 (MA)	1.20 (MB)	3.43 (MA)	1.24 (MB)	0.50 (B)	2.79 (MA)	0.99 (MB)
B	2.42 (A)	2.42 (A)	11.9 (MuA)	1.25 (M)	0.66 (M)	1.17 (M)	0.98 (M)

Abreviaturas de la interpretación: Ma=Moderadamente ácido; Fa=Fuertemente ácido; MuA=Muy alto; A=Alto; MA=Moderadamente alto; M=Mediano; MB=Moderadamente bajo; B=Bajo; MuB=Muy bajo. CC=Capacidad de campo; PMP=Punto de marchitez permanente; DAP=Densidad aparente.

Tabla 3. Peso seco de raíces jóvenes y contenido de humedad del suelo en huertos de ‘Hass’ ubicados en cuatro tipos de clima (2006-2008)

Tipo de clima	Feb.	Mar.	Abr.	Mayo	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Promedio anual
Peso de raíz (g)													
CS	12.1 bz	13.0 b	28.6 ab	21.8 b	21.6 ab	18.2 bc	14.3 b	13.6 c	22.4 b	22.4 b	29.0 ab	15.9 b	19.4 c
SS	43.5 a	39.5 a	42.6 a	38.3 a	34.5 a	39.3 a	45.5 a	41.1 a	50.6 a	36.9 a	33.5 ab	35.3 a	40.1 a
SH	13.1 b	19.0 b	14.8 b	10.0 c	10.9 b	11.2 c	12.0 b	18.4 bc	10.7 c	9.6 c	17.4 b	13.2 b	13.3 d
TS	21.5 b	23.1 b	27.6 b	22.9 b	31.2 a	25.7 b	28.3 b	27.4 b	27.6 b	28.2 ab	37.9 a	27.1 ab	27.4 b
Humedad total del suelo (%)													
CS	62.1 a	50.9 a	46.8 a	48.5 a	39.3 a	58.6 a	59.5 a	60.6 a	54.8 a	56.8 ab	43.8 a	61.6 a	53.6 a
SS	33.0 b	33.5 a	34.7 a	32.1 a	41.6 a	48.5 a	47.4 a	48.0 b	54.4 a	43.0 b	44.1 a	41.2 b	41.8 c
SH	37.9 b	38.4 a	37.5 a	37.1 a	45.5 a	46.0 a	46.6 a	46.7 b	55.7 a	50.7 ab	49.5 a	46.7 ab	44.9 bc
TS	33.2 a	41.5 a	38.8 a	35.0 a	47.8 a	52.1 a	53.7 a	71.0 a	69.1 a	64.0 a	51.5 a	41.2 ab	50.8 ab

CS = Cálido subhúmedo, SS = Semicálido subhúmedo, SH = Semicálido húmedo, TS = Templado subhúmedo.

zMedias con letras iguales en columnas no son estadísticamente diferentes (Waller-Duncan, P = 0.05).

Tabla 4. Peso seco de raíces jóvenes y contenido de humedad del suelo en huertos de ‘Hass’ con y sin riego (2006-2008)

Condición de humedad	Feb.	Mar.	Abr.	Mayo	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Promedio anual
Peso seco de raíz (g)													
Con riego	12.0 bz	20.0 b	22.0 b	15.8 b	17.2b	23.0 a	13.0 b	19.0 b	23.2 b	17.9 b	19.4 b	14.7 b	18.1 b
Sin riego	33.1 a	29.3 a	33.2 a	29.0 a	30.8 a	25.4 a	36.8 a	32.5 a	32.6 a	29.5 a	37.1 a	30.8 a	31.7 a
Humedad total del suelo (%)													
Con riego	42.8 a	39.6 a	34.8 a	40.2 a	37.7 a	47.1 a	48.0 a	50.6 b	50.2 b	48.5 a	43.6 a	49.5 a	44.4 b
Sin riego	35.5 a	39.7 a	41.1 a	34.0 a	49.1 b	52.6 a	52.7 a	60.1 a	65.7 a	56.7 a	50.8 a	48.0 a	48.8 a

*Medias con letras iguales en columnas no son estadísticamente diferentes (Waller-Duncan, P = 0.05).

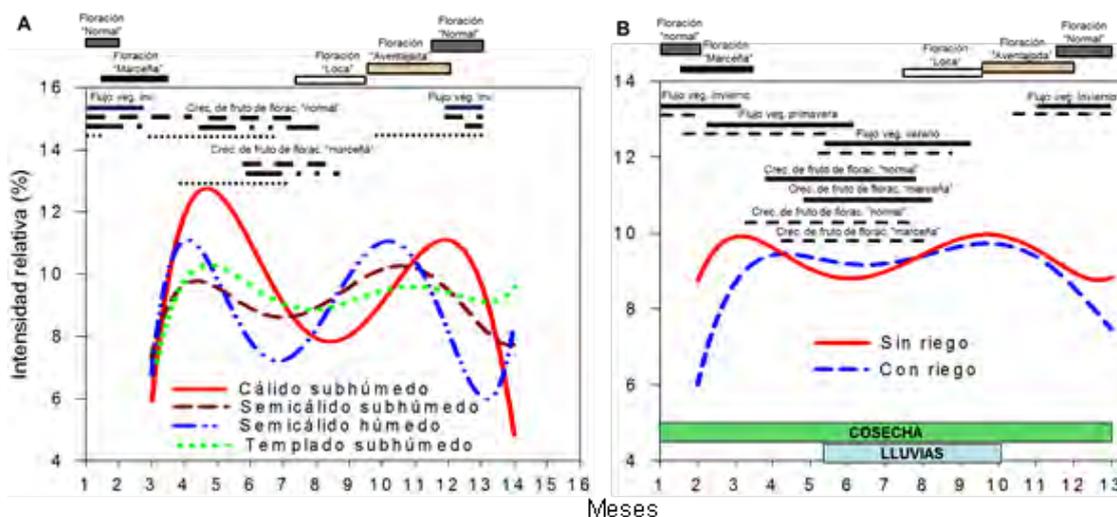


Figura 1. Evolución de la producción de raíces, según modelos de regresión, en aguacate ‘Hass’ en cuatro tipos de clima (A) y en huertos con y sin riego (B) en Michoacán (2006-2008). Datos sincronizados al “cero fenológico” (inicio del flujo vegetativo de invierno). 1 = enero; 12 = diciembre.

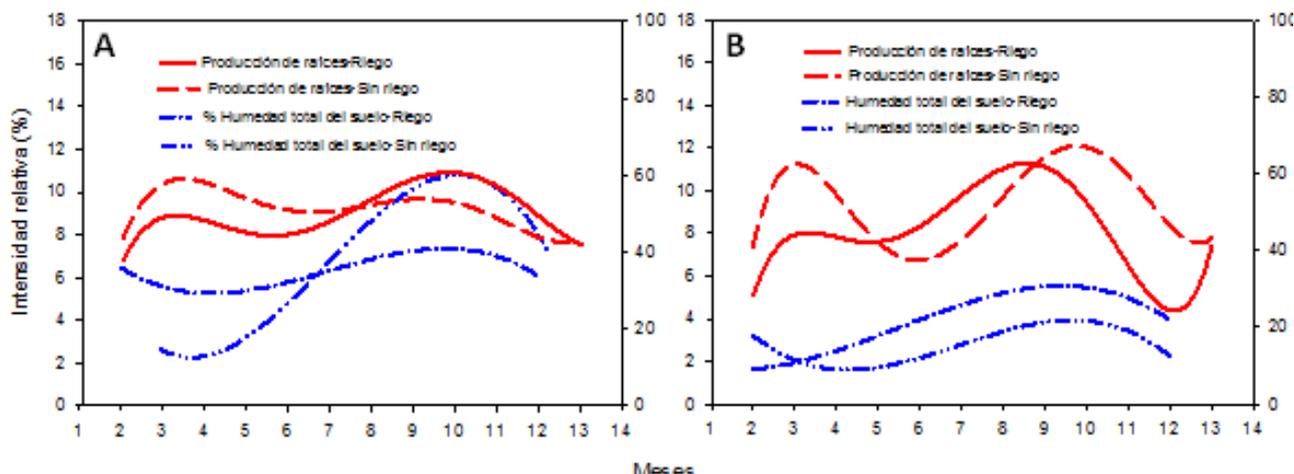


Figura 2. Producción de raíces nuevas, según modelos de regresión, en aguacate ‘Hass’ con y sin riego en clima Semicálido subhúmedo (A) y Semicálido húmedo (B) de Michoacán (2006-08). Datos sincronizados al “cero fenológico” (inicio del flujo vegetativo de invierno). 1 = enero; 12 = diciembre.

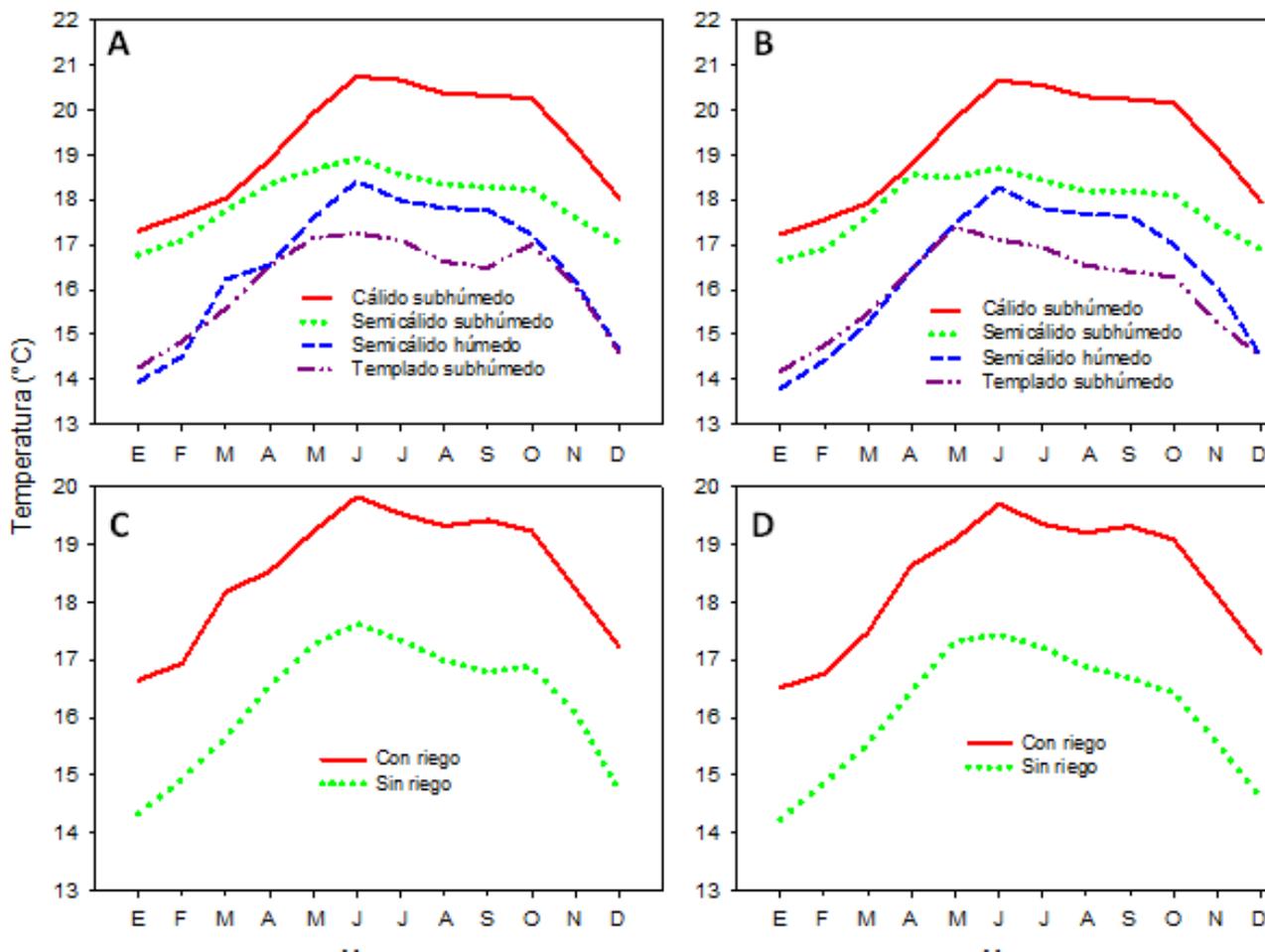


Figura 3. Promedios mensuales de la temperatura máxima (A) y mínima (B) del suelo a 30 cm de profundidad en aguacate ‘Hass’ por tipo de clima, así como temperaturas máximas (C) y mínimas (D) en huertos con y sin riego en Michoacán (2006-2008).

DISCUSIÓN

En los tipos de clima estudiados y tanto en huertos con riego como sin él, ‘Hass’ produjo raíces durante todo el año y posterior a la brotación de los principales flujos vegetativos (invierno y verano). Estos resultados coinciden con lo reportado por Ploetz *et al.* (1992), Cossio-Vargas *et al.* (2008) y Mickelbart *et al.* (2012). A diferencia de Chile, Nueva Zelanda y Sudáfrica (Mena-Volker, 2004), en Michoacán el crecimiento de raíces no cesó en el año (Figs. 1A y 1B), tal vez debido a que en Michoacán el invierno es más benigno y corto. La producción de raíces durante todo el año y la disminución gradual sin llegar a suspenderse, fue mencionado por Ploetz *et al.* (1991), Robinson *et al.* (2002) y Cossio-Vargas *et al.* (2008).

En los cuatro tipos de clima se registraron dos flujos importantes de producción de raíces. El inicio del primer flujo ocurrió cuando el árbol se encontraba en una etapa fenológica específica de su crecimiento, denominada “cero fenológico”, el cual fue considerado como el inicio del ciclo anual del crecimiento vegetativo de invierno. La mayor amplitud del segundo flujo en los cuatro tipos de clima y en ambas condiciones de humedad, podría explicarse por la poca actividad vegetativa registrada, la baja intensidad de las floraciones “Loca” y “Aventajada”, que recién iniciaban, y la mínima demanda de agua y nutrimentos por los frutos procedentes de las floraciones “Normal” y “Marceña”, los cuales estaban finalizando su crecimiento (Figs. 1A y B). Además, en ese periodo el árbol se preparaba para suplementar la gran demanda de agua, reservas y nutrimentos que requerirían las floraciones intensas de noviembre a febrero, así como para la producción del flujo vegetativo de invierno, el cual es el más intenso en todos los tipos de clima (Rocha-Arroyo, *et al.*, 2011).

El riego no incrementó la producción de raíces lo cual difiere de lo reportado por Labanauskas *et al.* (1978) y Cantuarias *et al.* (1995) quienes indicaron que la densidad de raíces estuvo relacionada con la humedad en el suelo. Una explicación a lo encontrado en Michoacán es que dos (Tecario y Cheranguerán) de los tres huertos con riego presentaron un menor contenido de arena y más limo o arcilla lo cual favorece un drenaje más lento, menor espacio poroso y menor difusión de oxígeno (Ferreya *et al.*, 2007), lo que limita el crecimiento de las raíces. También, en Michoacán, los huertos establecidos en suelos limosos o arcillosos presentan menor humedad disponible para la planta lo que hace necesario el riego.

La producción de raíces no fue asociada a la temperatura del suelo. Lo anterior debido a que en los climas o huertos donde se registraron las temperaturas máximas del suelo, no ocurrió una mayor producción de raíces. Estos resultados difieren de los de Whiley *et al.* (1990), quienes encontraron que el crecimiento de la raíz en el portainjerto Velvick (de raza antillana) aumentó conforme se incrementó la temperatura del suelo.

Considerando que cada período de rápido crecimiento vegetativo fue asociado con uno de gran producción de raíces, los flujos vegetativos pueden considerarse indicadores de un próximo período de intensa producción de raíces. Esto coadyuvará a la sincronización de los flujos de máxima producción de raíces con las aplicaciones al suelo de nutrientes y productos para el manejo de enfermedades de la raíz.

CONCLUSIONES

La mayor producción de raíces jóvenes y el menor porcentaje de humedad total en el suelo se registraron en el clima Semicálido subhúmedo. En los cuatro tipos de clima y en huertos con riego y sin riego ‘Hass’ presentó producción de raíces durante todo el año aunque se distinguieron dos periodos de máxima producción de raíces, siendo más amplio el segundo. La producción de raíces fue mayor en los huertos sin riego. La temperatura del suelo no fue asociada con la producción de raíces en el clima Cálido subhúmedo ni en los huertos manejados con y sin riego.

AGRADECIMIENTOS

Investigación financiada por el INIFAP, CONACYT, APEAM, CONAPA y COMA. Se agradece a José Oregel, José S. Villegas, Daniel Medina, Juan C. Mora, Florencio Cruzaley, José Estrada y Marcos Ávalos, por facilitar sus huertos así como el apoyo técnico de José Luis González-Durán y Tzitziqui Chávez.

LITERATURA CITADA

- Anguiano-Contreras, J, Alcántar-Rosillo, J J, Toledo-Bustos, R, Tapia-Vargas, L M, Ruíz-Corral, J A & Rodríguez-Cardoso, Y. 2006. Caracterización Edafo-Climática del Área Productora de Aguacate de Michoacán. Libro Técnico No. 4. Prometeo Editores S. A. de C. V. 214 p.
- Cantuarias, T, Tomer, E & Cohen, Y. 1995. Improving avocado tree water status under severe climatic conditions by increasing wetted soil. Proc. Third World Avocado Congr. Tel Aviv, Israel, Oct. 22-27. pp. 196-204.
- Cossio-Vargas, L E, Salazar-García, S, González-Durán, I J L & Medina-Torres, R. 2008. Fenología del aguacate ‘Hass’ en el clima Semicálido de Nayarit, México, Revista Chapingo Serie Horticultura, Vol 14, no. 3, pp. 325-330.
- Draper, N R & Smith, H. 1981. Applied Regression Analysis. John Wiley & Sons, Inc. USA. 709 p.
- Ferreya, R, Selles, G, Maldonado, P, Celedón, J, Gil, P, Barrera, C, & Torres, A. 2007. Efecto del contenido de aire en el suelo en el estado hídrico y desarrollo del palto, Actas VI Congreso Mundial del Aguacate. Viña Del Mar, Chile. 12-16 Nov. 2007. 3b-108.
- INEGI 1985. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Síntesis geográfica del estado de Michoacán. Secretaría de Programación y Presupuesto. México. 314 p.
- Kalmar, D & Lahav, E 1976, Water requirements of avocado in the Western Galilee. a) The effect of different irrigation treatments on water consumptions, salt content in the soil and root distribution, Alon Hanotea, Vol 30, pp. 629-643.
- Labanauskas, C K, Stolzy, L H & Zentmyer, G A. 1978. Rootstock, soil oxygen and soil moisture effects on growth and concentration of nutrients in avocado plants, California Avocado Society Yearbook, Vol 62, pp. 118-125.
- Mena-Volker, F. 2004. Fenología del palto, su uso como base del manejo productivo. 2º. Seminario Internacional de Paltos. 29 Sep. –01 Oct. Sociedad Guardiazabal y Magdahl Ltda. Quillota, Chile. <http://www.avocadosource.com>. consultado el 28 de Abril 2015.

- Mickelbart, M V, Robinson, P W, Witney, G & Arpaia, M L. 2012. 'Hass' avocado tree growth on four rootstocks in California. II. Shoot and root growth, *Scientia Horticulturae* Vol 143, pp. 205-210.
- Neter, J, William, W & Michael, H K. 1985. *Applied linear statistical models*, Second Edition, USA. 1127 p.
- Ploetz, R C, Ramos J L & Parrado, J L. 1991. Shoot and root cycles of avocado in south Florida, *Proc. Fla. State Hort. Soc.* Vol 104, pp. 21-24.
- Ploetz, R C, Ramos, J L & Parrado, J L. 1992. Shoot and root growth phenology of grafted avocado. pp. 215-220. In: Lovatt, C J (ed.) *Proc. Second World Avocado Congr.* University of California, Riverside, USA.
- Robinson, P W, Mickelbart, M V, Liu, X, Adams, C, Witney, G & Arpaia, M L. 2002. Development of a phenological model of avocado tree growth in California. In: Drew, R (ed.) *Proc. Intl. Symp. on Tropical and Subtropical Fruits*, *Acta Horticulturae*, 575:859-864.
- Rocha-Arroyo, J L, Salazar-García, S, Bárcenas-Ortega, A E, González-Durán, I J L & Medina-Torres, R. 2011. Crecimientos vegetativo y reproductivo del aguacate 'Hass' en diversos climas de Michoacán, México. VII World Avocado Congr. 5-9 Sep. Cairns, Australia. pp. 445-463.
- Salazar-García, S & Cortés-Flores, J I. 1986. Root distribution of mature avocado trees growing in soils of different texture, *California Avocado Society Yearbook*, Vol 70, pp. 165-174.
- Salazar-García, S. 2002. *Nutrición del Aguacate, Principios y Aplicaciones*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias e Instituto de la Potasa y el Fósforo. Querétaro, México. 165 p.
- SIAP. 2014. Servicio de Información Estadística Agroalimentaria y Pesquera. Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>. 28 de Abril 2015.
- Thorp, T G, Aspinall, D & Sedgley, M. 1993. Influence of shoot age on floral development and early fruit set in avocado (*Persea americana* Mill.) cv. Hass, *Journal Horticultural Science*, Vol 68, pp. 645-651.
- Weisberg, S. 2005. *Applied Linear Regression*. John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, Third Edition. New Jersey, USA. 310 p.
- Whiley, A W, Wolstenholme, B N, Saranah, J B & Anderson, P A. 1990. Effect of root temperature on growth of two avocado rootstocks cultivars, *Acta Horticulturae*, Vol 275, pp.153-160.



ACTAS • PROCEEDINGS

VIII CONGRESO MUNDIAL DE LA PALTA 2015

del 13 al 18 de Septiembre. Lima, Perú 2015

www.wacperu2015.com

