

DESARROLLO FLORAL DEL AGUACATE 'HASS' EN CLIMA SEMICÁLIDO. PARTE I. INFLUENCIA DE LA CARGA DE FRUTO Y EDAD DE LOS BROTES

S. Salazar-García^{1*}; L. E. Cossio-Vargas²;
I. J. L. González-Durán¹; C. J. Lovatt³

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias,
Campo Experimental Santiago Ixcuintla. Apartado Postal 100,
Santiago Ixcuintla, Nayarit. C. P. 63300. MÉXICO.

Correo-e: samuelsalazar@prodigy.net.mx (*Autor responsable).

²Posgrado en Ciencias Biológico Agropecuarias, Universidad Autónoma de Nayarit.
Apartado Postal 49, Xalisco, Nayarit. C. P. 63780. MÉXICO.

³Department of Botany & Plant Sciences, University of California,
Riverside. CA 92521-0124, USA.

RESUMEN

Esta investigación fue desarrollada durante 1998-2003 en huertos comerciales de aguacate 'Hass' en el clima semicálido del estado de Nayarit, México. Los objetivos fueron: a) determinar el efecto de la presencia de fruto en brotes del flujo vegetativo de invierno sobre el desarrollo floral, b) investigar si la carga de fruto presente en el árbol, así como la altitud en la que se encuentran los huertos afectan el desarrollo floral, y c) documentar la evolución del desarrollo floral en brotes de los flujos vegetativos de invierno y verano. Los brotes del flujo vegetativo de invierno emergieron al final de enero y febrero, mientras que los del flujo vegetativo de verano lo hicieron en julio. El patrón de desarrollo floral de brotes del flujo vegetativo de invierno no fue afectado por la presencia de fruto en los brotes, la carga de fruto presente en árboles de producción baja (<60 kg·árbol⁻¹) o normal (>100 kg·árbol⁻¹), ni la altitud (900 vs. 1,200 m) en la que se ubicaron los huertos. El proceso completo de desarrollo floral desde S-1 (yema cerrada) hasta S-11 (antesis) en yemas apicales de brotes del flujo de invierno requirió de 367 a 371 días, mientras que los brotes del flujo de verano necesitaron 225 días. La edad de los brotes (invierno o verano) no influyó en la fecha de antesis, que ocurrió en febrero.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES. *Persea americana* Mill., fenología, floración.

FLORAL DEVELOPMENT OF 'HASS' AVOCADO UNDER SEMI WARM CLIMATE. PART I. INFLUENCE OF SHOOT AGE AND FRUIT LOAD

ABSTRACT

The research was performed during 1998-2003 in commercial 'Hass' avocado orchards under the semiwarm climate of the state of Nayarit, México. The objectives were: a) to determine the effect of the presence of fruit on shoots of the winter vegetative flush on floral development, b) to investigate the effect of tree fruit load and orchard location (altitude above sea level) on floral development, and c) to document the pattern of floral development of winter and summer vegetative flush shoots. Winter shoots emerged at the end of January and February, the summer vegetative flush in July. The pattern of floral development of the vegetative shoots of the winter flush was not affected by the presence of fruit on individual shoots, tree fruit load (<60 kg·tree⁻¹ vs. >100 kg·tree⁻¹) or altitude of the orchard (900 vs. 1,200 m above sea level). The complete process of floral development of apical buds from closed bud (Stage 1) to anthesis (Stage 11) required from 367 to 371 days for shoots of the winter flush, but only 225 days for shoots of the summer flush. Shoot age (winter or summer) had no effect of the date of anthesis, which occurred in February.

ADDITIONAL KEY WORDS: *Persea americana* Mill., phenology, flowering.

INTRODUCCIÓN

El crecimiento del aguacate ocurre en forma de flujos vegetativos y dependiendo de las condiciones climáticas, así como de la carga de fruto en el árbol, se pueden presentar varios flujos de crecimiento vegetativo al año (Salazar-García y Lovatt, 1998). En el clima cálido-húmedo de Queensland, Australia, el aguacate 'Hass' presentó un flujo de crecimiento vegetativo en primavera y otro en verano (Whiley *et al.*, 1990). En el sur de California, EE.UU., este mismo cultivar también presentó dos flujos principales de crecimiento vegetativo, uno en primavera (abril a mayo) y otro en verano (julio a agosto), aunque cuando hubo mucha carga de fruto en el árbol sólo ocurrió el flujo de primavera y si la carga de fruto fue ligera se presentó un flujo vegetativo adicional en otoño (Salazar-García y Lovatt, 1998). Por otra parte, existe evidencia que una cosecha abundante puede retardar el tiempo de antesis en el aguacate (Hodgson y Cameron, 1935; Lahav y Kalmar, 1977; Salazar-García *et al.*, 1998).

En un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano de Michoacán, México y a una altitud intermedia (1,300 m), 'Hass' presentó dos flujos de crecimiento vegetativo, uno en primavera y otro en otoño (Sánchez-Pérez *et al.*, 2001). En contraste, con el clima semicálido subhúmedo con lluvias en verano (junio a octubre) de Nayarit, 'Hass' presentó cuatro flujos vegetativos, uno intenso en el invierno (febrero) y tres de baja intensidad en el verano (julio a agosto) (Salazar-García *et al.*, 2006).

Una evaluación realizada en Nayarit durante la floración de invierno (febrero) en árboles de 'Hass' con carga de fruto alta ($> 95 \text{ kg} \cdot \text{árbol}^{-1}$) o baja ($< 70 \text{ kg} \cdot \text{árbol}^{-1}$) no mostró efecto de la carga de fruto en el árbol sobre la cantidad de brotes vegetativos o florales producidos por los brotes desarrollados en los flujos vegetativos de invierno o verano del año previo (Salazar-García *et al.*, 2006). El flujo vegetativo de invierno fue el principal productor de brotes florales.

El tiempo desde iniciación floral hasta antesis es variable en el aguacate y depende de las condiciones climáticas prevalecientes durante el desarrollo floral (Salazar-García *et al.*, 1998). En el clima subtropical templado del sur de California, los brotes del flujo vegetativo de verano del aguacate 'Hass' necesitaron 7.5 meses desde el comienzo de la iniciación floral (agosto) hasta antesis (abril) (Salazar-García *et al.*, 1998).

En la extensa región productora de aguacate 'Hass' de Michoacán, suelen ocurrir cuatro flujos de floración. La floración loca, que es la más temprana y se presenta de agosto a septiembre; la avanzada, de octubre a noviembre; la normal, de diciembre a enero, y la marceña, que ocurre en marzo (Sánchez-Pérez *et al.*, 2001). Esta continua floración resulta en frutos de distintas edades en el árbol, lo que hace posible cosechar fruto la mayor parte del año (Salazar-García *et al.*, 2005).

Con el propósito de mejorar la productividad de los huertos de 'Hass' en el clima semicálido de Nayarit, México, es necesario entender diferentes aspectos del desarrollo floral de este cultivo. Esta investigación fue desarrollada para obtener información básica para generar modelos de predicción de la floración y tuvo los siguientes objetivos: i) determinar el efecto de la presencia de fruto en brotes del flujo vegetativo de invierno sobre el desarrollo floral; ii) investigar si la carga de fruto presente en el árbol, así como la altitud a la que se ubican los huertos afectan el desarrollo floral; y iii) documentar la evolución del desarrollo floral en brotes de los flujos vegetativos de invierno y verano.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los diferentes estudios fueron realizados durante 1998 al 2003 en huertos comerciales de aguacate 'Hass' de los municipios de Tepic y Xalisco, Nayarit, México. Los huertos eran cultivados sin riego, sin problemas de entrecruzamiento de las copas de los árboles y recibieron el manejo estándar del productor.

Estudio I. Influencia del fruto presente en brotes del flujo vegetativo de invierno sobre el desarrollo floral (1998-1999)

Características del huerto. El estudio se desarrolló en un huerto comercial (huerto Alberto) de 12 años de edad, localizado en Venustiano Carranza, municipio de Tepic; $21^{\circ} 32' \text{ N}$, $104^{\circ} 59' \text{ W}$, a 900 m, clima semicálido subhúmedo (INEGI, 2006), precipitación media anual de 1,300 mm y temperatura media anual de 21°C .

Selección y marcado de árboles. En plena floración de invierno (febrero 1998) se seleccionaron 10 árboles con una producción esperada superior a $100 \text{ kg} \cdot \text{árbol}^{-1}$. En cada árbol seleccionado se marcaron cuatro ramas, cada una con más de 10 brotes vegetativos jóvenes del flujo de invierno. Estos brotes vegetativos fueron producidos por la yema apical de los brotes florales indeterminados. Algunos de estos brotes florales amarrarían fruto y otros no.

Desarrollo de yemas y brotes florales. En cada árbol se colectó una yema apical de brotes vegetativos emergidos sobre brotes florales que amarraron fruto y otra de brotes sin fruto. Los muestreos fueron a intervalos quincenales, de febrero 1998 (yemas apicales cerradas y puntiagudas) a enero 1999 (flores en antesis). El material colectado fue fijado en FAA (formaldehído, ácido acético y alcohol, 5:5:90; v:v:v). El desarrollo de las yemas y brotes florales colectados se determinó con la escala visual de Salazar-García *et al.* (1998) que va de S1 = yema cerrada y puntiaguda a S11 = antesis, con ayuda de un microscopio Fisher Stereomaster Zoom Modelo FW99-25-1217 (Fisher Scientific, Springfield, NJ, USA).

Análisis estadístico. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar. El análisis de la varianza se realizó con el programa SAS/STAT para PC (SAS, 2005).

Estudio II. Influencia de la altura sobre el nivel del mar y la carga de fruto en el árbol sobre el desarrollo floral de brotes del flujo vegetativo de invierno (2000-2001)

Características de los huertos. Se utilizaron dos huertos comerciales de 'Hass'. El huerto Alberto, cuyas características ya fueron descritas en el Estudio I, y el huerto Bernabé, de 13 años de edad y establecido a 1,200 m de altitud. Este huerto está situado en el Ejido Xalisco, municipio de Jalisco; 21° 26' N, 104° 55' W, clima semicálido subhúmedo, precipitación media anual de 1,185 mm y temperatura media anual de 21.7 °C.

Selección y marcado de árboles. En plena floración de invierno (febrero 2000) se seleccionaron 20 árboles en cada huerto, según la carga de fruto que probablemente produciría cada árbol: 10 árboles con carga de fruto baja (< 60 kg·árbol⁻¹) y 10 árboles con carga de fruto normal (> 100 kg·árbol⁻¹). En cada árbol seleccionado se marcaron al azar y alrededor de la copa del árbol 40 brotes jóvenes del flujo vegetativo de invierno, producido durante el flujo de floración de invierno.

Desarrollo de yemas y brotes florales. Para determinar el desarrollo de las yemas florales, en cinco de los 10 árboles de cada nivel de producción fueron colectadas dos yemas apicales a intervalos mensuales (un mismo grupo de cinco árboles fue muestreado cada dos meses), de marzo 2000 (yemas apicales cerradas y puntiagudas) a febrero 2001 (flores en antesis). Las yemas y brotes florales fueron fijados, para ser clasificados según lo descrito en el Estudio I.

Análisis estadístico. Se empleó un diseño factorial con dos factores y dos niveles; carga de fruto en el árbol (< 60 kg·árbol⁻¹ vs. > 100 kg·árbol⁻¹) y altitud en la que se encontraba el huerto (900 vs. 1,200 m). El análisis de la varianza se realizó con el programa SAS/STAT para PC (SAS, 2005).

Estudio III. Desarrollo floral en brotes del flujo vegetativo de verano (2001 a 2003)

Características del huerto y árboles. Durante los dos años que duró este estudio se utilizó el huerto Alberto, ya descrito en el Estudio I. En junio 2001, se seleccionaron 10 árboles de 'Hass' con una producción esperada superior a 100 kg·árbol⁻¹.

Desarrollo de yemas y brotes florales. En cada

uno de los árboles seleccionados se marcaron en julio 20 brotes vegetativos jóvenes del flujo vegetativo de verano. En cada árbol se obtuvo una yema apical de uno de los brotes marcados (10 yemas por muestreo), a intervalos mensuales desde julio (yemas apicales cerradas y puntiagudas) y hasta febrero (flores en antesis). Las yemas y brotes florales fueron fijadas, para ser clasificadas según lo descrito en el Estudio I.

RESULTADOS

Influencia del fruto presente en brotes del flujo vegetativo de invierno sobre el desarrollo floral (1998-1999)

La presencia de fruto en los brotes no afectó el desarrollo floral de yemas apicales en brotes producidos durante el flujo vegetativo de invierno (Figura 1). Los brotes del flujo de invierno emergieron al final de enero 1998 y según la escala de Salazar-García *et al.* (1998), para esta fecha las yemas apicales de brotes con fruto y sin fruto estuvieron en estado de desarrollo S-1 (yema cerrada y puntiaguda localizada dentro de las dos últimas hojas sin expandir del brote). A partir de ahí, el desarrollo fue lento pero constante, de tal forma que en julio las yemas alcanzaron el estado S-3 (yema cerrada y puntiaguda con senescencia parcial de las escamas de la yema). Entre el 24 noviembre y 24 diciembre fue registrado el estado S-8 (alargamiento de los ejes secundarios - estado coliflor; los ejes terciarios todavía están cubiertos por sus brácteas y se observan flores pequeñas sin abrir). La fase de antesis (S-11) fue alcanzada el 30 enero 1999, no observándose diferencias entre brotes con fruto y sin fruto (Figura 1).

El tiempo necesario para que las yemas apicales de

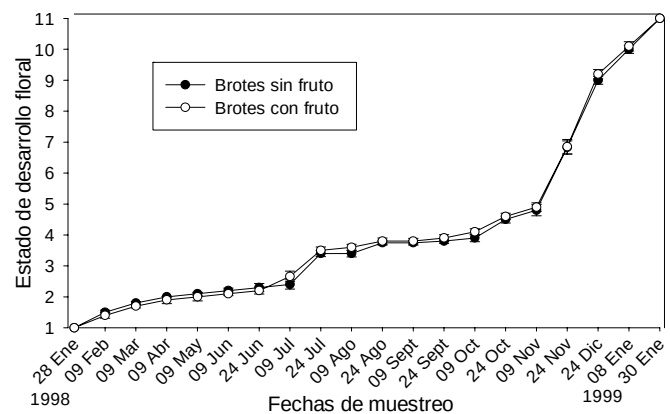


FIGURA 1. Efecto de la presencia de fruto en brotes del flujo vegetativo de invierno sobre el desarrollo floral de yemas apicales en árboles de aguacate 'Hass'. Huerto Alberto (1998 a 1999). Escala de desarrollo floral (Salazar-García *et al.*, 1998): S1 = yema cerrada y puntiaguda; S11 = antesis. Las barras representan el error estándar.

brotos de invierno pasaran de S-1 a S-4 fue de 254 días naturales. Para alcanzar el estado coliflor (S-8) fueron necesarios 62 días adicionales y el tiempo total requerido del término de alargamiento del brote de invierno (S-1) hasta antesis (S-11) fue de 367 días (Figura 1).

Influencia de la carga de fruto en el árbol y la altura sobre el nivel del mar sobre el desarrollo floral en brotes del flujo vegetativo de invierno (2000-2001)

La cantidad de fruto presente en el árbol ($< 60 \text{ kg} \cdot \text{árbol}^{-1}$ vs. $> 100 \text{ kg} \cdot \text{árbol}^{-1}$) no modificó significativamente el desarrollo de las yemas reproductivas de brotes del flujo de invierno. De hecho, en ambos huertos estudiados, las yemas y brotes florales de ambos grupos de árboles mostraron un comportamiento muy similar durante todo el proceso de desarrollo floral (Figura 2A y 2B).

De acuerdo a la escala visual de desarrollo floral de Salazar-García *et al.* (1998), el proceso de desarrollo floral completo para los brotes de invierno, desde S-1 (yema cerrada) hasta S-11 (antesis), requirió de 371 días, para los huertos Alberto y Bernabé (Figura 2A y 2B).

El desarrollo floral en brotes del flujo de invierno no mostró diferencias significativas debido a la altitud (900 vs. 1,200 m) en la que estuvieron ubicados los dos huertos

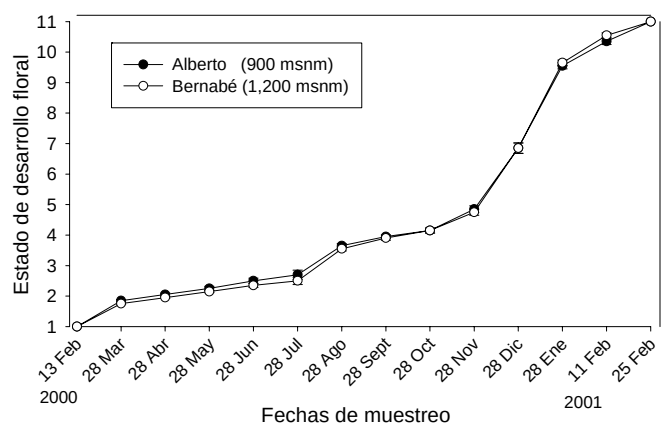


FIGURA 3. Influencia de la altura sobre el nivel del mar en la que se localizaron los huertos Alberto y Bernabé, sobre el desarrollo floral de brotes del flujo vegetativo de invierno en árboles de aguacate 'Hass'. Cada punto es el promedio de árboles con diferente carga de fruto (2000 a 2001). Escala de desarrollo floral (Salazar-García *et al.*, 1998): S1 = yema cerrada y puntiaguda; S11 = antesis. Las barras representan el error estándar.

estudiados. La Figura 3 muestra los valores promedio del desarrollo floral obtenidos para árboles con carga de fruto normal y baja.

Desarrollo floral en brotes del flujo vegetativo de verano (2001-2003)

La emergencia del flujo vegetativo de verano ocurrió cinco meses después (julio) que la del flujo de invierno. Para el 15 de julio de ambos años (2001 a 2002 y 2001 a 2003) las yemas apicales de los brotes del flujo de verano estuvieron en estado de desarrollo S-1, según la escala de Salazar-García *et al.* (1998) (Figura 4).

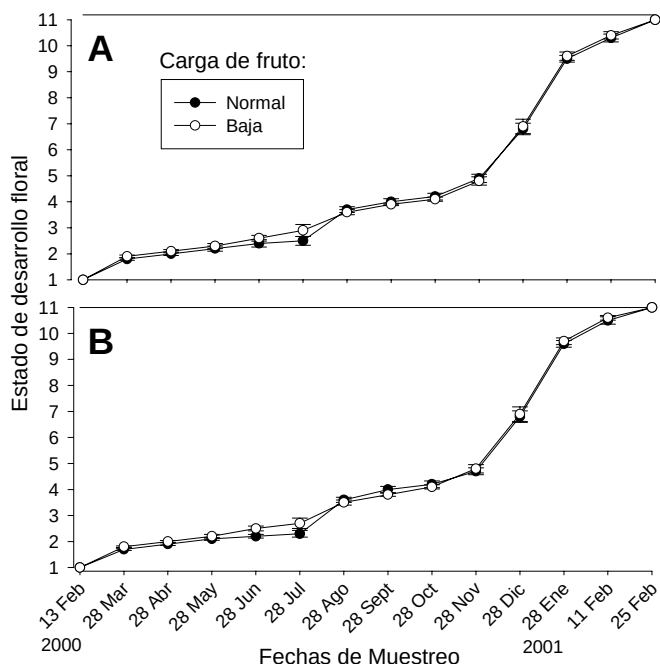


FIGURA 2. Desarrollo floral en brotes del flujo vegetativo de invierno en árboles de aguacate 'Hass' con carga de fruto baja ($< 60 \text{ kg} \cdot \text{árbol}^{-1}$) y normal ($> 100 \text{ kg} \cdot \text{árbol}^{-1}$) en los huertos Alberto (A) y Bernabé (B). Escala de desarrollo floral (Salazar-García *et al.*, 1998): S1 = yema cerrada y puntiaguda; S11 = antesis. Las barras representan el error estándar.

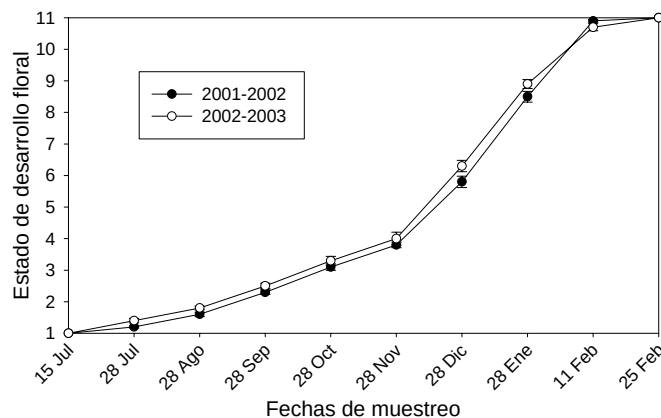


FIGURA 4. Desarrollo floral en brotes del flujo vegetativo de verano en árboles de aguacate 'Hass' en el huerto Alberto durante dos años. Escala de desarrollo floral (Salazar-García *et al.*, 1998): S1 = yema cerrada y puntiaguda; S11 = antesis. Las barras representan el error estándar.

El desarrollo floral de las yemas de verano fue más dinámico que en los brotes de invierno, de tal forma que para el 28 de octubre las yemas habían alcanzado el estado S-3 (Figura 4). En ambos años del estudio, los brotes de verano alcanzaron antesis (S-11) el 25 de febrero. El proceso completo de desarrollo floral, desde S-1 (yema cerrada) hasta S-11 (antesis) requirió de 225 días (Figura 4).

DISCUSIÓN

Los huertos en que se realizó esta investigación se ubicaron en un clima semicálido subhúmedo y en los extremos altitudinales en los que concentra la mayor superficie con 'Hass' en los municipios de Tepic y Xalisco (900 a 1,200 m de altitud). Esta diferencia de altitudes no afectó el desarrollo floral de los brotes del flujo vegetativo de invierno, el cual es el de mayor importancia para la producción de brotes florales (Salazar-García *et al.*, 2006).

Los resultados demuestran que el desarrollo floral de 'Hass', incluyendo la fecha de antesis, no fue alterado por la carga de fruto en el árbol o por la presencia de fruto en los brotes. Esto difiere de lo reportado para otras regiones productoras de aguacate en donde una cosecha abundante puede inhibir o retrasar el desarrollo floral o bien demorar el tiempo de antesis (Hodgson y Cameron, 1935; Lahav y Kalmar, 1977; Salazar-García *et al.*, 1998). El comportamiento de 'Hass' simplificará la generación de tecnología para el manejo de los huertos de aguacate, ya que algunas prácticas culturales, como aspersiones a la copa del árbol con nutrimentos o biorreguladores podrían ser empleadas indistintamente a la presencia de fruto en el árbol; también se podría facilitar el desarrollo de modelos de predicción del desarrollo floral.

En Nayarit, 'Hass' mostró dos flujos principales de crecimiento vegetativo, el de invierno (febrero) y el de verano (julio a agosto) (Salazar-García *et al.*, 2006). Estos flujos vegetativos también fueron observados en la presente investigación y mostraron un patrón de desarrollo floral distinto. Los brotes del flujo de verano, cinco meses más jóvenes que los de invierno, mostraron un desarrollo floral más acelerado que los de invierno, de tal forma que la fecha de antesis fue la misma para los brotes florales de ambos flujos vegetativos. Esto explica por qué en Nayarit, 'Hass' usualmente presenta una sola floración. El descenso en las temperaturas diarias a valores $\leq 19^\circ\text{C}$, observado a partir de julio, ha sido relacionado con la sincronización del desarrollo floral de los brotes de ambos flujos (Salazar-García *et al.*, 2006). La presencia de temperaturas $\leq 15^\circ\text{C}$ también fue asociada preliminarmente con el desarrollo floral de 'Hass' en California (Salazar-García *et al.*, 1998).

Los brotes originados durante el flujo vegetativo de invierno emplearon de 367 a 371 días para completar su desarrollo floral (desde el término del alargamiento del brote vegetativo hasta antesis), mientras que los brotes emergidos

en el flujo de verano utilizaron 225 días. El tiempo empleado por los brotes de verano en Nayarit resultó menor que el mostrado por 'Hass' en el clima subtropical templado del sur de California, en donde los brotes de verano necesitaron 265 días desde S-1 (final de julio), hasta antesis (S-11) en abril (Salazar-García *et al.*, 1998).

CONCLUSIONES

La presencia de fruto en los brotes o la carga de fruto en árboles de producción baja ($< 60 \text{ kg} \cdot \text{árbol}^{-1}$) y normal ($> 100 \text{ kg} \cdot \text{árbol}^{-1}$) no afectó significativamente el desarrollo floral de las yemas apicales en brotes originados durante el flujo vegetativo de invierno. La altitud (900 vs. 1,200 m) en la que se ubicaron los huertos Alberto y Bernabé no influyó el desarrollo floral de las yemas apicales del flujo vegetativo de invierno. La diferencia de edad entre los brotes de los flujos vegetativos de invierno (emergidos en enero-febrero) y verano (emergidos en julio) no influyó en la fecha en que ambos tipos de brotes alcanzaron antesis, que ocurrió en febrero. El proceso completo de desarrollo floral desde S-1 (yema cerrada) a S-11 (antesis) en yemas apicales de brotes del flujo de invierno, requirió de 367 a 371 días, mientras que las yemas de brotes del flujo de verano sólo necesitaron 225 días.

AGRADECIMIENTOS

Se reconoce el financiamiento del programa binacional UCMEXUS-CONACYT (USA-México) y el Fondo Mixto de Fomento a la Investigación Científica y Tecnológica CONACYT-Gobierno del Estado de Nayarit. Apoyo adicional, fue proporcionado por la Fundación Produce Nayarit A.C. y la USPR Aguacate Hass de Nayarit. Agradecemos a Alberto Ante y Bernabé Sánchez por facilitar sus huertos de aguacate.

LITERATURA CITADA

- HODGSON, R. W.; CAMERON, S. H. 1935. Studies on the bearing behavior of the 'Fuerte' avocado variety. Calif. Avocado Assn. Yrbk. 19: 156-165.
- INEGI. 2006. Tipos de clima de Nayarit. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. <http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/estados/nay/clim.cfm> (28 septiembre 2006).
- LAHAV, E.; KALMAR, D. 1977. Water requirement of avocado in Israel. II. Influence on yield, fruit growth and oil content. Austral. J. Agric. Res. 28: 869-877.
- SALAZAR G., S.; LOVATT, C. J. 1998. GA₃ application alters flowering phenology of the 'Hass' avocado. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 123: 791-797.
- SALAZAR G., S.; ZAMORA C., L.; VEGA L., R. J. 2005. Update on the Avocado Industry of Michoacán, México. Calif. Avocado Soc. Yrbk. 87: 31-44.
- SALAZAR G., S.; LORD, E. M.; LOVATT, C. J. 1998. Inflorescence and flower development of the 'Hass' avocado (*Persea americana* Mill.) during "on" and "off" crop years. J. Amer.

Soc. Hort. Sci. 123: 537-544.

SALAZAR G., S.; COSSIO V., L. E.; LOVATT, C. J.; GONZÁLEZ D., I. J. L.; PÉREZ B., M. H. 2006. Crop load affects vegetative growth flushes and shoot age influences irreversible commitment to flowering of 'Hass' avocado. HortScience 41: 1541-1546.

SÁNCHEZ P., J. DE LAL.; ALCÁNTAR R., J. J.; CORIAA., V. M.; ANGUIANO

C., J.; VIDALES F., I.; TAPIA V., L. M.; AGUILERA M., J. L.; HERNÁNDEZ R., G.; VIDALES F., J. A. 2001. Tecnología para producir aguacate en México. SAGARPA-INIFAP. Campo Experimental Uruapan. Libro técnico No. 1. Michoacán, México. 208 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 Hort. 275: 153-160.