

## DETERMINACIÓN IRREVERSIBLE A LA FLORACIÓN DEL AGUACATE 'HASS' EN MICHOACÁN\*

## IRREVERSIBLE DETERMINATION TO FLOWERING FOR 'HASS' AVOCADO IN MICHOACÁN

José Luis Rocha-Arroyo<sup>1</sup>, Samuel Salazar-García<sup>2§</sup> y Ana Elizabeth Bárcenas-Ortega<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Campo Experimental Uruapan. INIFAP. Av. Latinoamericana 1101. Uruapan, Michoacán, México. C. P. 60150. Tel. 01 452 5237392. (rocha.joseluis@inifap.gob.mx).  
<sup>2</sup>Campo Experimental Santiago Ixcuintla. INIFAP. Santiago Ixcuintla, Nayarit, México. A. P. 100. C. P. 63300. Tel. 01 323 2351031. <sup>3</sup>Facultad de Agrobiología-UMSNH. Paseo Lázaro Cárdenas Esq. Berlín s/n. Uruapan, Michoacán, México. C. P. 60170. Tel. 01 452 5236474. (abarcenas@prodigy.net.mx). <sup>§</sup>Autor para correspondencia: samuelsalazar@prodigy.net.mx.

### RESUMEN

El objetivo de este estudio, fue precisar los periodos en que ocurre la determinación irreversible a la floración en yemas apicales de brotes vegetativos de los flujos de invierno, primavera y verano en huertos de aguacate con y sin riego establecidos en cuatro condiciones climáticas. El estudio se realizó durante 2006-2008, en seis huertos comerciales de aguacate 'Hass' en el estado de Michoacán, México. En cada huerto se seleccionaron 20 árboles y cada uno se etiquetaron 30 brotes de cada flujo vegetativo. Los tratamientos consistieron en anillado y defoliación de un brote por árbol cada quince días para cada flujo vegetativo. El clima, influyó sobre la fecha en que ocurrió la determinación irreversible a la floración en los brotes de los tres flujos vegetativos, ésta ocurrió más temprano en clima templado que en cálido. Después de la emergencia, los brotes del flujo de invierno requirieron más tiempo para alcanzar la determinación irreversible a la floración que en primavera y verano. La determinación irreversible a la floración en brotes de los flujos de invierno, primavera y verano ocurrió del 30 de mayo al 23 de julio, del 28 de mayo al 26 de septiembre y del 10 de junio al 15 de septiembre, respectivamente, y de 29 a 42 días más temprano en los huertos sin riego. En el desarrollo floral, el número de yemas determinadas irreversiblemente a la floración variaron de 3 a 4 en los brotes de invierno, de 3 a 5 en primavera y de 1 a 4 en verano.

### ABSTRACT

The aim of this study was to specify periods in which occurs irreversible determination to flowering in apical bud of vegetative sprout for winter, spring and summer flows in avocado orchards with and without irrigation set under four climatic conditions. The study was carried out during 2006-2008, in six commercial orchards for avocado 'Hass' in State of Michoacán, Mexico. In each orchard 20 trees were selected and in each one 30 sprouts of each vegetative flow were labeled. Treatments consisted on girdling and defoliation of a sprout per tree every fifteen days for each vegetative flow. Localities climate, influenced on the date in which occurred irreversible determination to flowering in sprouts of the three vegetative flows, it occurred earlier in temperate climate than in warm. After emergence, the sprouts of winter flow required more time to reach the irreversible determination to flowering than of spring and summer flows. The irreversible determination to flowering in winter, spring and summer flows sprouts it occurred from May 30 to July 23, from May 28 to September 26 and from June 10 to September 15, respectively, and from 29 to 42 days earlier in orchards without irrigation. In floral development scale, the number of irreversible determined to flowering buds ranged from 3 to 4 in winter sprouts, from 3 to 5 in spring and from 1 to 4 in summer.

\* Recibido: febrero de 2010  
Aceptado: octubre de 2010

**Palabras clave:** *Persea americana* Mill., anillado de corteza, climas, defoliación, fenología.

**Key words:** *Persea americana* Mill., bark girdling, climates, defoliation, phenology.

## INTRODUCCIÓN

Las yemas vegetativas se transforman en reproductivas (floral), en respuesta a mensajes bioquímicos procedentes de las hojas maduras. De acuerdo con Bernier *et al.* (1993), diversos asimilados y fitohormonas (teoría multifactorial) controlan la transición a la floración. Los estímulos para la transformación de la yema vegetativa en reproductiva son provocados por el ambiente y cuando inician los cambios, el meristemo apical de la yema del aguacate cambia su forma de cónica a aplanada (Salazar-García *et al.*, 1998). Al inicio del proceso de cambio, algunas condiciones ambientales y prácticas de manejo del huerto, como una lluvia o riego abundante, temperatura cálida, poda, aplicación de fertilizantes (principalmente nitrogenados) o reguladores del crecimiento pueden inhibir el proceso. La determinación irreversible a la floración (DIF), es conocida como la etapa del desarrollo donde la yema del brote vegetativo cambia al estado reproductivo y no puede ser modificada con tratamientos o prácticas que normalmente inhiben la floración (Salazar-García *et al.*, 1999).

La defoliación y el anillado de brotes son prácticas utilizadas en condiciones de campo para determinar el momento en que ocurre la DIF. El efecto consiste en estimular el crecimiento de las yemas de los brotes tratados, independientemente del estado de desarrollo en que se encuentren (vegetativo o reproductivo) al momento del tratamiento. Esta práctica también aísla al brote del resto del árbol y evita que las yemas reciban mensajes bioquímicos de otras estructuras de la planta, que pudieran estimular la floración del brote (Salazar-García *et al.*, 2006). La defoliación y el anillado, han resultado apropiados para determinar la fecha de ocurrencia de la DIF en el cv. Hass en clima semicálido (Salazar-García *et al.*, 2006), así como de los cv. Choquette y Booth-8 en clima cálido (Salazar-García *et al.*, 2008).

La fecha de ocurrencia de la DIF en aguacate se presenta en función del cultivar, las condiciones climáticas y la edad de los brotes. En el clima serotropical (más templado que el subtropical) del sur de California, los brotes del flujo vegetativo de primavera de 'Hass' presentaron la DIF entre el 30 de agosto y el 15 de octubre (Salazar-García *et al.*, 1998). Sin embargo, en el clima semicálido subhúmedo de Nayarit,

## INTRODUCTION

Vegetative buds transform into reproductive (floral) in response to biochemical messages coming from mature leaves. In accordance with Bernier *et al.* (1993), diverse assimilated and phytohormones (multifactorial theory) control transition to flowering. Stimulation for transformation of vegetative bud into reproductive are caused by environment and when the changes begin, bud apical meristem of avocado changes its form from conical to flattened (Salazar-García *et al.*, 1998). At beginning of change process, some environmental and practical conditions of orchard handling, as rain or abundant irrigation, warm temperature, pruning, fertilizers application (mainly nitrogenated) or growth regulators can inhibit the process. Irreversible determination to flowering (DIF) is known as stage of development where bud of vegetative sprout changes to reproductive state and cannot be modified with treatments or practices that usually inhibit flowering (Salazar-García *et al.*, 1999).

Defoliation and bark girdling of sprouts are practices used under field conditions to determine moment in which DIF occurs. The effect consists on stimulating buds growth of treated sprouts, independently of development state in which they are (vegetative or reproductive) at moment of treatment. This practice also isolates sprout from the rest of tree and avoids that buds receive biochemical messages of other plant structures that could stimulate sprout flowering (Salazar-García *et al.*, 2006). Defoliation and girdling have been appropriate to determine the occurrence date of DIF in cv. Hass on climate semiwarm (Salazar-García *et al.*, 2006), as well as of cv. Choquette and Booth-8 in warm climate (Salazar-García *et al.*, 2006).

Occurrence date of DIF in avocado is presented in function of cultivar, climatic conditions and sprouts age. In serotropical climate (more temperate than subtropical) of south California, sprouts of vegetative spring flow of 'Hass' presented DIF between August 30 and October 15 (Salazar-García *et al.*, 1998). However, in semi-warm sub-humid climate of Nayarit, this same cultivar showed DIF starting from October 15, without showing difference among sprouts of vegetative winter and summer flow

este mismo cultivar presentó la DIF a partir del 15 de octubre, sin mostrar diferencia entre los brotes del flujo vegetativo de invierno y de verano (Salazar-García *et al.*, 2006). Resultados similares fueron observados en brotes de primavera y verano del aguacate 'Choquette' (Salazar-García *et al.*, 2008).

En el estado de Michoacán se cultivan más de 98 000 ha con aguacate en diversas condiciones de clima (SIIAP, 2008). La diversidad de climas ocasiona que los árboles produzcan hasta tres flujos vegetativos (invierno, primavera y verano) y hasta cuatro flujos de floración conocidos como: "loca, aventajada, normal y marceña" durante el año (Paz-Vega, 1997; Salazar-García *et al.*, 2005).

En un estudio sobre fenología de 'Hass' en Michoacán se reportó que el flujo vegetativo de invierno se presenta a finales de noviembre hasta finales de febrero, el flujo de primavera, desde finales de febrero hasta el inicio de junio y el flujo de verano entre el inicio de junio y el principio de septiembre (Rocha *et al.*, 2008). El flujo de invierno se presenta de manera generalizada y con mayor intensidad en todos los climas; sin embargo, los flujos de primavera y verano también son importantes, principalmente en zonas con clima cálido subhúmedo y en las regiones más secas del semicálido subhúmedo, donde los huertos requieren de riego.

La época de emergencia de los flujos vegetativos de 'Hass' en Michoacán, podría influir en la fecha que cada uno de los flujos alcanza la DIF. Lo anterior podría reflejarse en el periodo extendido de floración (agosto a abril), típico de esta región. Sin embargo, no se dispone de información al respecto, lo que dificulta el diseño de prácticas estratégicas para modificar el desarrollo vegetativo-reproductivo del árbol, de acuerdo con los intereses particulares del productor. El objetivo de este estudio fue determinar la fecha en que ocurre la determinación irreversible a la floración en brotes de los flujos vegetativos de invierno, primavera y verano del cv. Hass, cultivado con y sin riego en cuatro regiones climáticas del estado de Michoacán.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Selección de huertos y árboles

El estudio se realizó durante dos años (2006-2008) en seis huertos comerciales adultos del cv. Hass establecido sobre portainjertos provenientes de semilla de origen desconocido

(Salazar-García *et al.*, 2006). Similar results were observed in spring and summer sprouts of 'Choquette' avocado (Salazar-García *et al.*, 2008).

In State of Michoacán more than 98 000 ha are cultivated with avocado under diverse climate conditions (SIIAP, 2008). Diversity of climates causes that trees produce up to three vegetative flows (winter, spring and summer) and up to four flows of flowering known as: "crazy, outstanding, normal and march" during year (Paz-Vega, 1997; Salazar-García *et al.*, 2005).

In a phenology study on 'Hass' in Michoacán it was reported that the vegetative winter flow is shoed at end of November up to end of February, spring flow from end of February up to beginning of June and summer flow between beginning of June and beginning of September (Rocha *et al.*, 2008). Winter flow is showed in a widespread way and with more intensity in all climates; however, spring and summer flows are also important, mainly in areas with climate warm sub-humid and in driest regions in semi-warm sub-humid, where orchards require irrigation.

Time of emergence of vegetative flows of 'Hass' in Michoacán could influence in date that each one of the flows reaches DIF. This could be reflected in the extended period of flowering (August to April), typical of this region. However, there is no information in this matter, which difficult design of practical strategic to modify tree vegetative-reproductive development, in accordance with producer interests. The aim of this study was to determine date when occur irreversible determination to flowering in sprouts of vegetative winter, spring and summer flows of cv. Hass, cultivated with and without irrigation in four climatic regions of State of Michoacán.

## MATERIALS AND METHODS

### Selection of orchards and trees

Study was held during two years (2006-2008) in six adult commercial orchards of cv. Hass set on rootstocks coming from seed of unknown origin of mexican breed. Orchards were located in six localities with four climate types and two humidity conditions (with irrigation and without irrigation). The considered climates represent more than 90% of established surface with avocado in Michoacán (SIAP, 2008; Anguiano-Contreras *et al.*, 2006). In each orchard 20 trees

de raza mexicana. Los huertos se ubicaron en seis localidades con cuatro climas y dos condiciones de humedad (con riego y sin riego). Los climas considerados representan más de 90% de la superficie establecida con aguacate en Michoacán (SIAP, 2008; Anguiano-Contreras *et al.*, 2006). En cada huerto se seleccionaron 20 árboles sin entrecruzamiento de copas y en cada árbol se etiquetaron 30 brotes de cada uno de los flujos vegetativos de invierno, primavera o verano, conforme emergieron (Cuadro 1).

were selected without touching treetops and in each tree 30 sprouts were labeled of each one of vegetative winter, spring or summer flows, as they emerged (Table 1).

### Sprouts girdling and defoliation

During two years of study, sprouts girdling and defoliation was carried out every 15 days, starting from April 30 for winter and spring sprouts and from July 15 for summer. In

**Cuadro 1. Características del sitio para la determinación irreversible a la floración. Michoacán, 2006-2008.**

**Table 1. Location characteristics for the irreversible determination to flowering. Michoacán, 2006-2008.**

Clima <sup>1</sup>	Superficie (% del total)	Lugar	Condición de humedad	Altitud (m)
Cálido subhúmedo Aw1(w)	0.12	Matangarán, Uruapan	Riego	1 450
Semicálido subhúmedo (A)C(w1)(w)+(A)C(w2)(w)	57.03	Araparícuaro, Tancítaro Tecario, Tacámbaro	Riego Riego	1 812 1 623
Semicálido húmedo (A)C(m)(w)	10.22	Cheranguerán, Uruapan	Riego	1 815
Templado subhúmedo C(w2)(w)	25.99	Peribán, Peribán Araparícuaro, Tancítaro	Temporal Temporal	2 053 1 990
Total	93.36			

<sup>1</sup>=INEGI (1985).

### Anillado y defoliado de brotes

Durante los dos años del estudio, el anillado y defoliado de los brotes se realizó cada 15 días, a partir del 30 de abril para los brotes de invierno y primavera y del 15 de julio para verano. En cada fecha de tratamiento se anilló y defolió un brote por árbol en cada flujo vegetativo. El anillado consistió en separar con navaja una franja de corteza de 2 cm de ancho alrededor del brote; al mismo tiempo, se eliminaron las hojas desde el sitio del anillado hasta el ápice del brote. Los brotes del control no fueron anillados ni defoliados.

Los tratamientos fueron suspendidos cuando las yemas apicales de los brotes alcanzaron el estado de desarrollo S-6, de acuerdo con la escala de Salazar-García *et al.* (1998), cuyas características macroscópicas son: yema redondeada que sólo las bases de las escamas exteriores permanecen con presencia de brácteas de la inflorescencia que la protegen. Microscópicamente, se observa el crecimiento de los meristemas de los ejes secundarios más jóvenes, los ejes secundarios más viejos están completamente formados, incluyendo la cima de flores. Las flores tienen perianto

each treatment date a sprout per tree in each vegetative flow was girdled and defoliated. Girdling consisted on separating with knife a 2 cm wide bark fringe around the sprout; at the same time, leaves were eliminated from the place of girdling to sprout apex. Control sprouts were not girdled neither defoliated.

Treatments were suspended when apical buds of sprouts reached development state S-6, in accordance with Salazar-García *et al.* (1998) scale whose macroscopic characteristic are: rounded bud that bases of external flakes only remain with presence of bracts of inflorescence that protect it. Microscopically, meristem growth of youngest secondary axes is observed, the oldest secondary axes are totally formed, including flowers cyma. Flowers have complete perianth and anthers are observed with having spore-producing tissue. Gynoecium is in the initial formation of locule.

Type of produced growth (reproductive or vegetative) for apical buds of all sprouts was quantified every two months until end of flowering of each vegetative flow.

completo y se observan anteras con tejido esporogéneo. El gineceo está en la formación inicial del lóculo. El tipo de crecimiento producido (reproductivo o vegetativo) por las yemas apicales de todos los brotes, fue cuantificado cada dos meses hasta el término de floración de cada flujo vegetativo.

### **Desarrollo floral**

Para determinar el estado del desarrollo floral al momento de cada tratamiento, se colectaron 10 yemas apicales por huerto (una por árbol) de cada flujo vegetativo estudiado. Las yemas fueron inmediatamente fijadas en FAA (formaldehído: ácido acético glacial: etanol, en solución 5:5:90, volumen). Posteriormente, fueron observadas bajo un microscopio Fisher Stereomaster Zoom Modelo FW99-25-1217 (Fisher Scientific, Springfield, NJ, USA) y clasificadas con la escala visual de Salazar-García *et al.* (1998).

### **Análisis de la información**

Los datos de los dos años, fueron concentrados por flujo vegetativo, fecha de tratamiento, clima y condición de humedad. El número de brotes tratados que presentó respuesta vegetativa o reproductiva fue transformado en porcentaje. Como inicio de la DIF fue considerada la fecha de tratamiento que se observó al menos un brote floral.

## **RESULTADOS**

### **Fecha de determinación irreversible a la floración por flujo vegetativo**

La fecha de anillado y defoliación de los brotes originados por los flujos vegetativos de invierno, primavera y verano influyó sobre el tipo de crecimiento producido por las yemas apicales. Lo anterior permitió determinar la fecha en que el tipo de crecimiento fue reproductivo, en contra del tratamiento aplicado para interrumpir el desarrollo floral.

El clima influyó sobre la fecha de la DIF en brotes de los tres flujos vegetativos. En general, la DIF ocurrió antes en los climas fríos y fue más tardía en los climas cálidos (Cuadro 2). En los brotes de invierno (emergidos entre el 20 de noviembre y el 28 de febrero), la DIF ocurrió entre el 30 de mayo (templado subhúmedo) y el 23 de julio (cálido subhúmedo). Los brotes de primavera (emergidos entre el 15 de febrero y el

### **Floral development**

To determine state from floral development to moment of each treatment, 10 apical buds were collected by orchard (one per tree) of each studied vegetative flow. The buds were immediately fixed in FAA (formaldehyde: glacial acetic acid: ethanol, in solution 5:5:90, volume). Later on, were observed under microscope Fisher Stereomaster Zoom Model FW99-25-1217 (Fisher Scientific, Springfield, NJ, USA) and classified with the visual scale from Salazar-García *et al.* (1998).

### **Information analysis**

Two year data were concentrated by vegetative flow, treatment date, climate and humidity condition. The number of treated sprouts that showed vegetative or reproductive response was transformed into percentage. As beginning of DIF it was considered treatment date that at least was observed a floral sprout.

## **RESULTS**

### **Date of irreversible determination to flowering for vegetative flow**

Date for girdling and defoliation of the sprouts originated by vegetative winter, spring and summer flows it influenced on growth type produced by apical buds. This allowed to determine date in that growth type was reproductive, against treatment applied to interrupt floral development.

Climate influenced on date of DIF in sprouts of three vegetative flows. In general, DIF occurred before in cold climates and it was later in warm climates (Table 2). In winter sprouts (emerged between November 20 and February 28), the DIF occurred between May 30 (temperate sub-humid) and July 23 (warm sub-humid). Spring sprouts (emerged between February 15 and June 15) reached DIF between May 28 (semi-warm sub-humid) and September 26 (warm sub-humid); however, a defined trend was not observed in connection with climate. In summer sprouts (emerged between June 10 and September 15), DIF occurred earlier (28 July) in coldest climate (temperate sub-humid) than in other three studied climates (Table 2).

15 de junio) alcanzaron la DIF entre el 28 de mayo (semicálido subhúmedo) y el 26 de septiembre (cálido subhúmedo); sin embargo, no se observó una tendencia definida en relación con el clima. En los brotes de verano (emergidos del 10 de junio al 15 de septiembre), la DIF ocurrió más temprano (28 julio) en el clima más frío (templado subhúmedo) que en los otros tres climas estudiados (Cuadro 2).

Sprouts age at moment to reach DIF was affected by vegetative flow. Winter sprouts required more time after emergence to reach DIF (135 to 195 days) than those of spring (45 to 165 days) and summer (15 to 75 days) (Table 2). Except for spring flow, variations in sprout age were associated to climate; when colder the climate, sprouts reached faster the DIF.

**Cuadro 2. Emergencia de los brotes vegetativos e inicio de la DIF del cv. Hass en Michoacán.**  
**Table 2. Emergence of vegetative sprouts and beginning of DIF for cv. Hass in Michoacán.**

Clima	Emergencia	DIF	Desarrollo floral*
Invierno			
Cálido subhúmedo	9 enero	23 julio (195)	3.6
Semicálido subhúmedo	15 enero	29 junio (165)	3.6
Semicálido húmedo	9 enero	23 junio (165)	3.5
Templado subhúmedo	15 enero	30 mayo (135)	3.6
Primavera			
Cálido subhúmedo	14 abril	26 septiembre (165)	5
Semicálido subhúmedo	13 abril	28 mayo (45)	2.9
Semicálido húmedo	24 abril	7 agosto (105)	4.6
Templado subhúmedo	12 abril	26 junio (75)	3.4
Verano			
Cálido subhúmedo	24 junio	7 septiembre (75)	4.1
Semicálido subhúmedo	26 julio	9 septiembre (45)	3
Semicálido húmedo	23 julio	6 septiembre (45)	2.3
Templado subhúmedo	13 julio	28 julio (15)	1.4

\*= escala visual de Salazar-García *et al.* (1998); DIF= determinación irreversible a la floración; ( )= edad promedio del brote (días al inicio de la DIF).

La edad de los brotes al llegar a la DIF fue afectada por el flujo vegetativo. Los brotes de invierno requirieron más tiempo después de la emergencia para alcanzar la DIF (135 a 195 días), que de primavera (45 a 165 días) y verano (15 a 75 días) (Cuadro 2). Con excepción del flujo de primavera, las variaciones en la edad del brote fueron asociadas al clima; entre más frío el clima, los brotes alcanzaron más rápido la DIF.

#### **Estado de desarrollo de las yemas determinadas irreversible a la floración**

Sólo en los brotes de verano, se observó un claro efecto del clima sobre el estado de desarrollo de las yemas apicales que habían alcanzado la DIF. El clima más

#### **Development state of determined irreversible to flowering buds**

Only in summer sprouts, a noticeable effect of climate was observed on state of development of apical buds that had reached DIF. In warmest climate (warm sub-humid) buds showed a development 4.1 in scale from Salazar-García *et al.* (1998), which diminished progressively with less warm climates, until showing a state of 1.4 in coldest climate (temperate sub-humid) (Table 2). In winter sprouts the development state of buds to moment of DIF was very similar between climates (3.5 to 3.6). In case of the spring sprouts a defined trend associated to climate was not observed (Table 2).

cálido (cálido subhúmedo) las yemas mostraron un desarrollo 4.1 de acuerdo con la escala de Salazar-García *et al.* (1998), el cual disminuyó progresivamente con los climas menos cálidos, hasta mostrar un estado 1.4 en el clima más frío (templado subhúmedo) (Cuadro 2). En los brotes de invierno el estado de desarrollo de las yemas al momento de la DIF fue muy similar entre climas (3.5 a 3.6). En el caso de los brotes de primavera no se observó una tendencia definida asociada al clima (Cuadro 2).

### Efecto del riego sobre la fecha de la determinación irreversible a la floración

En los tres flujos vegetativos estudiados la fecha de la DIF ocurrió 29 a 42 días antes, en huertos sin riego (temporal o humedad residual) comparados con los de riego (Cuadro 3). El estado de desarrollo de las yemas apicales de los brotes de invierno y primavera, la fecha que alcanzaron la DIF fue muy similar entre los huertos con riego y sin riego. El flujo de verano mostró la más alta variación, las yemas presentaron un estado de desarrollo de 1.4 en huertos sin riego y de 3.1 en huertos con riego, de acuerdo con la escala de Salazar-García *et al.* (1998).

### Effect of irrigation on date of irreversible determination to flowering

In the three studied vegetative flows the date of DIF occurred 29 to 42 days earlier, in orchards without irrigation (seasonal or residual humidity) compared to those with irrigation (Table 3). Development state of apical buds of winter and spring sprouts date that reached DIF was very similar between orchards with irrigation and without irrigation. Summer flow showed highest variation, buds had a development state of 1.4 in orchards without irrigation and of 3.1 in orchards with irrigation, according to scale of Salazar-García *et al.* (1998).

### DISCUSSION

In the three vegetative flows, the earliest presence in the DIF in the temperate climate (Table 2) could be attributed that requirement of cold of buds to change to reproductive state was completed before in the warm climates, similar to reported by Salazar-García *et al.* (1999).

**Cuadro 3. Emergencia de los brotes vegetativos e inicio de la DIF del aguacate 'Hass' en huertos con y sin riego.**  
**Table 3. Emergency of vegetative sprouts and beginning of DIF for 'Hass' avocado in orchards with and without irrigation.**

Condición de humedad	Emergencia	DIF	Desarrollo floral*
		Invierno	
Con riego	20 enero	8 julio (169)	3.6
Sin riego	15 enero	30 mayo (135)	3.6
		Primavera	
Con riego	26 abril	25 julio (90)	3.9
Sin riego	12 abril	26 junio (75)	3.4
		Verano	
Con riego	14 julio	8 septiembre (56)	3.1
Sin riego	13 julio	28 julio (15)	1.4

\*= escala visual de Salazar-García *et al.* (1998); DIF= determinación irreversible a la floración; ( )= edad promedio del brote (días al inicio de la DIF).

### DISCUSIÓN

En los tres flujos vegetativos, la presencia más temprana de la DIF en el clima templado (Cuadro 2), podría atribuirse que el requerimiento de frío de las yemas para cambiar al

Response variability in spring flow sprouts to defoliation and bark girdling treatments in different climates could be due that in climate semi-warm sub-humid were treated some sprouts dedicated to produce "crazy" flowering, which at moment of treatment were not possible to distinguish them of those that later produced "normal" flowering.

estado reproductivo se cumplieron antes que en los climas cálidos, similar a lo reportado por Salazar-García *et al.* (1999). La variabilidad en la respuesta de los brotes del flujo de primavera a los tratamientos de defoliación y anillado en los distintos climas, podría deberse que el clima semicálido subhúmedo se trataron algunos brotes destinados a producir floración “loca”, los cuales al momento del tratamiento no fue posible distinguirlos de aquellos que más tarde produjeron floración “normal”.

Aunque las diferencias en el tiempo requerido para alcanzarse la DIF en brotes de los tres flujos vegetativos, se debieron principalmente a la fecha de emergencia, las bajas temperaturas nocturnas (factor importante en la determinación irreversible a la floración) fueron captadas más eficientemente por los brotes de verano (más jóvenes) que por los de invierno y primavera. Esto coincide con lo observado para el cv. Hass por Thorp *et al.* (1993) y Salazar-García *et al.* (1999).

No obstante, los tres flujos vegetativos de la DIF se presentó más temprano en el clima templado (Cuadro 2), es posible que el descenso de las temperaturas nocturnas y diurnas, fueron determinantes para la transición del estado vegetativo al reproductivo y se hayan presentado al mismo tiempo en los cuatro climas a partir de junio (inicio del periodo de lluvias). Sin embargo, hubo variación en el estado de desarrollo floral de las yemas en los brotes de verano cuando estos alcanzaron la DIF, podría deberse que desde la emergencia de los brotes, se registraron temperaturas de 11.9 a 28 °C que favorecieron la transición de las yemas a la fase reproductiva, comparadas con los 11.2 a 32.6 °C registrados durante el desarrollo inicial de los flujos de invierno y primavera. En brotes del flujo de verano este efecto fue más notorio en los climas templado subhúmedo y semicálido húmedo (Cuadro 2), en los que la DIF se presentó antes del estado 3 del desarrollo floral, sin importar la edad de los brotes, como ha sido mencionado por Thorp *et al.* (1993) y Salazar-García *et al.* (1999).

La variación en la fecha de emergencia de los tres flujos vegetativos estudiados no fue muy amplia; sin embargo, fue notorio el retraso de 29 a 42 días en la ocurrencia de la DIF en las yemas de huertos con riego (Cuadro 3). Esto se debió a la prolongación del estado vegetativo de las yemas por el efecto del agua aplicada (Salazar-García *et al.*, 1998) y alta temperatura ambiental, ya que los huertos con riego se localizan en climas más cálidos. Para ambas condiciones de humedad, la DIF en yemas de los brotes en invierno y primavera inició después del estado 3 del desarrollo floral

Although differences in time required reaching DIF in sprouts of three vegetative flows, were mainly due to emergence date, to cold night temperatures (important factor in the irreversible determination to flowering) that were captured more efficiently by summer sprouts (younger) than for those of winter and spring. This coincides with observed for cv. Hass by Thorp *et al.* (1993) and Salazar-García *et al.* (1999).

Nevertheless, three vegetative flows of DIF were presented earlier in temperate climate (Table 2), it is possible that lower night and day temperatures were decisive for transition of vegetative state to the reproductive one and have showed at same time in four climates starting from June (start of rain season). However, there was variation in state of buds floral development in summer sprouts when these reached the DIF, which could be due that from sprouts emergence, they recorded temperatures from 11.9 to 28 °C that favored buds transition from to reproductive phase, compared with the 11.2 to 32.6 °C recorded during initial development of winter and spring flows. In summer flow sprouts this effect was more notorious in tempered sub-humid and humid semi-warm climates (Table 2), in those that DIF was showed before state 3 of floral development, without caring sprouts age, as it has been mentioned by Thorp *et al.* (1993) and Salazar-García *et al.* (1999).

Variation in emergence date of three studied vegetative flows was not very wide; however, it was notorious delay of 29 to 42 days in the occurrence of DIF in buds from orchards with irrigation (Table 3). This was due to continuation of vegetative state of buds by effect of applied water (Salazar-García *et al.*, 1998) and high environmental temperature, since orchards with irrigation are located in warmer climates. For both conditions of humidity, DIF in buds of winter and spring sprouts began after state 3 of floral development (Table 3), coinciding with that reported by Salazar-García *et al.* (1998) and Salazar-García *et al.* (2006) for orchards without irrigation. DIF in summer sprouts was different, since in orchards without irrigation had smaller state of floral development (1.4).

## CONCLUSIONS

In Michoacán, occurrence date of irreversible determination to flowering in sprouts of winter, spring and summer vegetative flows, in avocado cv. Hass is presented earlier in temperate climate than in warm.



(Cuadro 3), coincidiendo con lo reportado por Salazar-García *et al.* (1998) y Salazar-García *et al.* (2006) para huertos sin riego. La DIF en brotes de verano fue diferente, ya que en huertos sin riego hubo menor estado de desarrollo floral (1.4).

## CONCLUSIONES

En Michoacán, la fecha de ocurrencia de la determinación irreversible a la floración en brotes de flujos vegetativos de invierno, primavera y verano en aguacate cv. Hass, se presenta más temprano en clima templado que en cálido.

Después de la emergencia, los brotes del flujo vegetativo de invierno requieren más tiempo para alcanzar la determinación irreversible a la floración que los brotes de primavera y verano.

El número de brotes de las yemas al presentarse la determinación irreversible a la floración varía en la escala de desarrollo de 3 a 4 en brotes de invierno, de 3 a 5 en brotes de primavera y de 1 a 4 en brotes de verano.

En los climas templados y cálidos de Michoacán, la determinación irreversible a la floración se presenta de 29 a 42 días más temprano en los huertos de temporal que con riego.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece el financiamiento otorgado al CONOACYT, Fundación Produce Michoacán, Asociación de Productores y Empacadores Exportadores de Aguacate de Michoacán, Comisión Michoacana del Aguacate y Consejo Nacional de Productores de Aguacate. Asimismo, a los productores: José Oregel, José S. Villegas, Fernando Torres, Florencio Cruzaley, José Estrada y Marcos Ávalos, por facilitar sus huertos para la investigación.

## LITERATURA CITADA

Anguiano-Contreras, J.; Alcántar-Rocillo, J. J.; Toledo-Bustos, R.; Tapia-Vargas, L. M.; Ruiz-Corral, J. A. y Rodríguez-Cardoso, Y. 2006. Caracterización edafo-climática del área productora de aguacate de Michoacán. Prometeo Editores S. A. de C. V. Libro técnico. Núm. 4. 214 p.

After emergence, sprouts of winter vegetative flow require more time to reach irreversible determination to flowering than spring and summer sprouts.

The number of sprouts of buds when showing irreversible determination to flowering varies in development scale from 3 to 4 in winter sprouts, from 3 to 5 in spring sprouts and from 1 to 4 in summer sprouts.

In temperate and warm climates of Michoacán, the irreversible determination to flowering is showed from 29 to 42 days earlier in orchards without irrigation (seasonal rain or residual humidity) than with irrigation in general.

*End of the English version*



- Bernier, G.; Havelange, A.; Houssa, C.; Petitjean, A. and Lejeune, P. 1993. Physiological signals that induce flowering. *Plant Cell*. 5:1147-1155.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 1985. Síntesis Geográfica del Estado de Michoacán. Secretaría de Programación y Presupuesto (SPP). México. 314 p.
- Paz-Vega, S. 1997. Alternate bearing in the avocado (*Persea americana* Mill.). *Calif. Avoc. Soc. Yrbk.* 81:117-148.
- Rocha-Arroyo, J. L.; Salazar-García, S. y González-Durán, I. J. L. 2008. Flujos de crecimiento vegetativo y reproductivo del aguacate 'Hass' en diversos climas de Michoacán. *Proceedings of the Caribbean Food Crops Society*. 44(2):425-431.
- Salazar-García, S.; Zamora-Cuevas, L. y Vega-López, R. J. 2005. Actualización sobre la industria del aguacate en Michoacán, México. *Calif. Avoc. Soc. Yrbk.* 87:45-54.
- Salazar-García, S.; Lord, E. M. and 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-García, S.; Lord, E. M. and Lovatt, C. J. 1999. Inflorescence development of the 'Hass' avocado: commitment to flowering. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 124:478-482.

- Salazar-García, S.; Cossio-Vargas, L. E.; Lovatt, C. J.; González-Durán, I. J. L. and Pérez-Barraza, M. H. 2006. Crop load affects vegetative growth flushes and shoot age influences irreversible commitment to flowering of 'Hass' avocado. *HortScience*. 41:1541-1546.
- Salazar-García, S.; Cossio-Vargas, L. E. y González-Durán, I. J. L. 2008. Desarrollo floral de aguacates 'Choquette' y 'Booth-08' en clima cálido. Parte II. Determinación irreversible a floración. *Agric. Téc. Méx.* 34:51-56.
- Sistema Integral de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIIAP). 2008. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. SAGARPA, México. URL: [http://www.oeidrus-portal.gob.mx/agricola\\_siap/icultivo/index.jsp](http://www.oeidrus-portal.gob.mx/agricola_siap/icultivo/index.jsp).
- Thorp, T. G.; Aspinall, D. and Sedgley, M. 1993. Influence of shoot age on floral development and early fruit set in avocado (*Persea americana* Mill.) cv. Hass. *J. Hort. Sci.* 68:645-651.