

## DEFOLIACIÓN DE BROTES APICALES Y SU EFECTO EN LA DIFERENCIACIÓN FLORAL DEL MANGO 'TOMMY ATKINS'

### APICAL SHOOT DEFOLIATION AND ITS EFFECT ON FLORAL DIFFERENTIATION OF MANGO 'TOMMY ATKINS'

Maria Hilda Pérez Barraza\*, Víctor Vázquez Valdivia y Samuel Salazar García

Campo Experimental Santiago Ixcuintla, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Apdo. Postal 100. 63300, Santiago Ixcuintla, Nay. Tel. 01 (323) 235-2031.

\* Autor para correspondencia (perez.mariahilda@inifap.gob.mx)

#### RESUMEN

Se determinaron las características macroscópicas y microscópicas, así como la fecha en que ocurre la iniciación y diferenciación floral en el meristemo de brotes apicales del mango (*Mangifera indica* L.) 'Tommy Atkins', cultivado sin riego. Una muestra de 80 brotes terminales de 20 árboles de un huerto comercial de 15 años en Jalcocotán, Nayarit (21° 29' LN, 105° 04' LO) fueron defoliados manualmente cada 15 d entre el 30 de septiembre y el 31 de diciembre. Como testigos se utilizaron brotes no defoliados. En cada fecha se colectaron 40 yemas apicales para la caracterización macro- y microscópica. En el primer año, todos los brotes defoliados el 30 de septiembre y 15 de octubre produjeron crecimiento vegetativo, mientras que en el segundo 12.5 y 17 % produjeron inflorescencias. La producción de inflorescencias en brotes defoliados inició el 31 de octubre (20.8 %). En los dos años de estudio más de 85 % de las yemas apicales estuvieron diferenciadas para el 31 de diciembre, fecha en que los brotes defoliados produjeron inflorescencias y las yemas diferenciadas fueron clasificadas en Estadio 3, que se distinguieron macroscópicamente por presentar forma cónica con separación de escamas, y microscópicamente por mostrar elongación del eje primario, desarrollo inicial de ejes secundarios y presencia de meristemos de ejes terciarios de la inflorescencia. La fecha en que ocurrió la diferenciación floral se asoció con la acumulación de temperaturas  $\leq 20$  °C.

**Palabras clave:** *Mangifera indica*, defoliación, fisiología reproductiva, ecofisiología.

#### SUMMARY

Macroscopic and microscopic characteristics were determined, as well as the date of floral differentiation in the meristem of terminal shoots of mango (*Mangifera indica* L.) 'Tommy Atkins', grown under rainfed conditions. A sample of 80 terminal shoots from twenty mango trees were hand defoliated every other week from September 30 September though December 31 in a 15-year-old commercial orchard in Jalcocotán, Nayarit (21° 29' NL, 105° 04' WL). Control shoots were not defoliated. On each date, 40 apical buds were collected and their macro- and microscopic characteristics were recorded. On the first year, all shoots defoliated from September 30 to October 15 produced vegetative growth only, while on the second

year 12.5 and 17 % of shoots produced inflorescences. Production of inflorescences began on shoots treated on October 31 (20.8 %). In both years, more than 85 % of apical buds from defoliated shoots were already differentiated on December 31 and the differentiated buds were classified on Stage 3. Macroscopically these buds had a conical shape and obvious separation of bud scales, and microscopically they showed an elongated primary axis, initial development of secondary axis and presence of tertiary axes in the inflorescence. The date of floral differentiation was associated with the accumulation of temperatures  $\leq 20$  °C.

**Index words:** *Mangifera indica*, floral determination, reproductive physiology, ecophysiology.

#### INTRODUCCIÓN

A escala mundial, México es el cuarto país productor de mango (*Mangifera indica* L.), con casi 174 mil ha cosechadas que producen de 1.5 millones de toneladas de fruto, con un rendimiento promedio de 8.8 t ha<sup>-1</sup> (FAOSTAT, 2005). En el Estado de Nayarit, se cultivan casi 21 mil hectáreas con rendimiento promedio de 12 t ha<sup>-1</sup>. Los cultivares de mayor importancia son 'Ataulfo', 'Tommy Atkins', 'Haden', 'Kent' y 'Keitt' (SAGARPA, 2005). La cosecha de mango se concentra de junio a agosto, lo que causa sobreoferta y desplome del precio. Por ello, adelantar la floración y extender la época de cosecha podría ser una alternativa para solucionar este problema.

Desde 1992 el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ha investigado técnicas para estimular la floración y cosecha tempranas de diversos cultivares de mango en Nayarit. Así, con aplicaciones de nitrato de amonio (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>) y nitrato de potasio (KNO<sub>3</sub>) se pudo adelantar la cosecha en huertos

comerciales de mangos 'Ataulfo', 'Haden' y 'Manila', en 22, 30 y 45 d, respectivamente (Salazar *et al.*, 2000).

Las aspersiones con nitrato de amonio también se han probado en 'Tommy Atkins', aunque sin éxito; en ocasiones, incluso la han retrasado 10 d (Salazar *et al.*, 2000). Con aplicaciones al suelo de paclobutrazol (PBZ) en dosis de 1 a 1.5 L ha<sup>-1</sup>, realizadas en julio adelantaron la cosecha 28 d (Salazar y Vázquez, 1997); sin embargo, la utilización de PBZ está restringida en algunos países (Davenport, 1993). Debido a que las aplicaciones de promotores de floración (nitrato de amonio) en 'Tommy Atkins' han dado resultados erráticos, se han investigado las posibles causas. Al respecto, Pérez *et al.* (2000) plantearon que las yemas se encontraban en estado vegetativo (iniciación floral tardía) al momento de las aplicaciones de nitrato de amonio a 2 y 4 % hechas en octubre y noviembre.

Se supone que la inducción floral en mango inicia con la percepción de un estímulo por las hojas maduras, al ser expuestas a condiciones inductivas. Dicho estímulo es trasladado vía floema (Kulkarni, 1991; Chacko, 1991; Nuñez y Davenport, 1992; Nuñez *et al.*, 1996), y transmitido por injerto (Kulkarni, 2004). La presencia de hojas maduras y la ocurrencia de temperaturas frescas (15-18 °C en el día/10 °C en la noche, durante un periodo de 21 a 35 d) juegan un papel importante en este proceso (Chaikiattiyos *et al.*, 1994; Nuñez y Davenport, 1995). Según Reece *et al.* (1946 y 1949) las hojas son indispensables para la iniciación floral en el mango 'Haden' y postularon que el estímulo floral es sintetizado en las hojas durante otoño e invierno. En mangos 'Tommy Atkins' y 'Keitt', Nuñez *et al.* (1996) encontraron que los brotes vegetativos defoliados y anillados al mismo tiempo solamente produjeron crecimiento vegetativo, mientras que el anillado 15 d después de la defoliación, produjo más de 90 % de inflorescencias en los brotes puesto que todas las ramas anilladas pero no defoliadas sólo produjeron inflorescencias, dedujo que la iniciación floral requiere de la presencia de hojas maduras. Los mismos autores mencionaron que las ramas defoliadas que no fueron anilladas presentaron crecimiento en transición vegetativo-floral (la base de la inflorescencia con hojas y el ápice con flores). En otras investigaciones se ha mostrado que las temperaturas arriba de 25 °C inhibieron la iniciación floral en 10 cultivares de mango, y favorecieron el crecimiento vegetativo (Whiley *et al.*, 1989).

Según unos reportes, los árboles de mango requieren de un periodo de estrés hídrico previo a la floración pero hay controversias al respecto. En Sudáfrica, para tener buena floración se recomienda someter los árboles a deficiencia de agua durante los cuatro meses previos a la floración (Moster y Hoffman, 1997); en Michoacán, Tapia y Vega (1994) reportaron que el mango 'Haden', necesitó de

15 a 30 d de sequía para promover floración. Por el contrario, Chaikiattiyos *et al.* (1994) demostraron experimentalmente que el mango no requiere de este estrés para promover la floración.

El conocer cuándo ocurre la diferenciación de la yema floral es básico para manipular la floración con propósitos comerciales. En mango 'Manila' se estableció una escala de siete estadios morfológicos, a partir de yemas vegetativas con el ápice en forma de domo y con protuberancias meristemáticas sólo en nudos basales, hasta yemas con iniciación floral que presentan un ligero alargamiento del eje principal y formación de protuberancias meristemáticas en las axilas de primordios florales basales y parte media de la yema (Osuna *et al.*, 2000). Se carece de este tipo de información para 'Tommy Atkins'.

El objetivo de esta investigación fue determinar las características macroscópicas y microscópicas, así como la fecha en que ocurre la iniciación y diferenciación floral en yemas apicales de árboles de mango 'Tommy Atkins', cultivados sin riego.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Manejo agronómico

El estudio se hizo durante los ciclos 1998-99 y 1999-2000, en un huerto comercial de mango 'Tommy Atkins' de 15 años injertado sobre portainjertos criollos de semilla y establecido en condiciones de temporal o secano en Jalcocotán (21° 29' LN y 105° 04' LO), Mpio. de San Blas, Nayarit, a 570 msnm. La temperatura media anual es de 21 °C, con precipitación anual de 1500 mm. Se utilizaron 20 árboles con vigor homogéneo, altura promedio de 6 m, sin entrecruzamiento de ramas y establecidos a 10 x 10 m en marco real.

El manejo del huerto estuvo a cargo del productor y consistió en la aplicación al suelo de 3 kg por árbol de la fórmula 17 N - 17 P - 17 K, la mitad aplicada al inicio de las lluvias (junio) y la otra mitad después de la cosecha (agosto). El control de maleza se hizo con rastra por las calles y una aplicación de herbicida (Glifosato®, 1.5 L ha<sup>-1</sup>) al inicio de lluvias; para el control de moscas de la fruta (*Anastrepha obliqua* Macquart) se siguieron las indicaciones del Comité Estatal de Sanidad Vegetal y para el control de antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz) y cenicilla (*Oidium mangiferae* Berthet) se hicieron tres aplicaciones de Benomil 50 %® en dosis de 2 mL L<sup>-1</sup> durante floración y primeras etapas del desarrollo del fruto. No se aplicaron promotores de floración, pero hubo estrés hídrico porque los árboles no disponían de riego y no hubo presencia de lluvias en prefloración.

### Tratamientos de defoliación

Al inicio de septiembre de ambos años de estudio, en la periferia y parte media de cada árbol seleccionado se etiquetaron 50 brotes vegetativos terminales (1000 en total) de cinco a seis meses de edad, que emergieron durante el flujo vegetativo de primavera (fin de marzo y primera quincena de abril). Esta cantidad permitió asegurar un número suficiente de brotes del mismo flujo al momento de aplicar los tratamientos. No hubo otro flujo vegetativo en esos brotes, como ocurre en unos brotes de primavera que emiten un flujo de crecimiento en otoño. La defoliación de los brotes se hizo durante dos años en los mismos árboles, pero en cada año se emplearon brotes diferentes.

La defoliación de los brotes seleccionados consistió en la eliminación manual de sus hojas, desde el ápice hasta la marca formada por las cicatrices que dejó el penúltimo flujo de crecimiento vegetativo, por lo que la defoliación se aplicó a los dos últimos flujos de crecimiento. La sección defoliada osciló entre 0.8 y 1.0 m. Tales defoliaciones fueron realizadas cada 15 d desde el 30 de septiembre hasta el 31 de diciembre, periodo en el que podría ocurrir diferenciación floral de las yemas apicales. Resultaron siete fechas de defoliación (30 sep., 15 oct., 31 oct., 15 nov., 30 nov., 15 dic. y 31 dic.) más un testigo (sin defoliar). En cada fecha se defolió un brote por cada punto cardinal del árbol, para así tener cuatro brotes/árbol en cada fecha, y un total de 80 brotes por tratamiento; las siete fechas sumaron 560 brotes defoliados. En la primera fecha se seleccionaron cuatro brotes por árbol que no se defoliaron (de los 50 etiquetados), de los cuales se utilizaron 80 brotes como testigo; el resto de brotes (360) no se utilizó.

### Variables de respuesta

La respuesta a la defoliación de los brotes fue evaluada cada 15 d a partir de cada fecha de defoliación, mediante la identificación del tipo de crecimiento producido por las yemas apicales de los brotes: inflorescencia, brote vegetativo, o yema inactiva (sin crecimiento). De esta cuantificación se calculó el porcentaje de cada tipo de crecimiento.

Además, en cada fecha de defoliación se colectaron dos yemas apicales por árbol, para un total de 40 yemas por fecha. Las yemas fueron fijadas en FAA (formaldehído: ácido acético: alcohol; 5:5:90, v/v) y se describió su apariencia externa con una escala arbitraria visual basada en cuatro estadios de desarrollo: Estadio 1, yema cerrada; Estadio 2, inicio de la separación de escamas en el ápice de la yema; Estadio 3, yema con escamas separadas, aspecto abultado (incremento de tamaño en la base de la yema) y puntiaguda; Estadio 4, yema de forma redonda (incremento en longitud y diámetro).

Posterior a esta clasificación, las 40 yemas muestreadas en cada estadio de desarrollo fueron infiltradas en parafina según la técnica propuesta por Sass (1958) para poder hacer cortes anatómicos en un micrótopo rotatorio (8 a 10  $\mu\text{m}$ ) Leica®, Mod. 820-II (Leica Instrument GmbH, Nossioch, Germany). La caracterización del estado anatómico de las yemas se hizo con una escala arbitraria del 1 al 4: Estadio 1 (yema vegetativa); Estadio 2 (iniciación floral); Estadio 3 (desarrollo de meristemos secundarios de la inflorescencia); Estadio 4 (meristemos de partes florales).

### Temperatura ambiental

Las temperaturas máximas y mínimas diarias se obtuvieron de la estación climatológica de la Secretaría de Agricultura, Ganadería Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) del mes de julio a diciembre de 1998, y con ello se contó el número de días con temperaturas  $\leq$  15, 16, 17, 18, 19 y 20 °C.

### Análisis estadístico

Para la variable tipo de crecimiento se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con ocho tratamientos (siete fechas de defoliación más el testigo) y 10 repeticiones, cuya unidad experimental estuvo constituida por ocho brotes. El análisis de varianza se hizo con el programa SAS (SAS Institute, 1998). Previo a los análisis de varianza, los valores de las variables expresadas en porcentaje fueron transformados mediante el arcoseno de la raíz cuadrada (Steel y Torrie, 1985).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Tipo de crecimiento producido por los brotes defoliados

En el primer año de evaluación (1998-1999), todos los brotes defoliados el 30 de septiembre y el 15 de octubre presentaron crecimiento vegetativo apical a los 15 d después del tratamiento. Cuando la defoliación se hizo en fechas posteriores, el porcentaje de brotes con crecimiento vegetativo disminuyó desde 79.2 % (31 oct.) hasta cero (31 dic.). La formación de inflorescencias fue de 20.8 % en brotes defoliados a partir del 31 de octubre, y llegó a 100 % en los brotes defoliados el 31 de diciembre. Los brotes no defoliados (testigo) produjeron 95.8 % de inflorescencias (Figura 1A).

En el segundo año de evaluación (1999-2000) la respuesta a la defoliación fue diferente a la del primer año, porque en todas las fechas evaluadas se detectó que en 12.5 a 20.8 % de los brotes defoliados las yemas permanecieron inactivas. Los brotes defoliados el 30 de septiembre

y 15 de octubre produjeron 17 y 12.5 % de inflorescencias, respectivamente, mientras que los defoliados el 15 y 31 de diciembre no superaron el 90 % (Figura 1B). En el testigo, 58.3 % de los brotes produjeron inflorescencias y 33.4 % permanecieron inactivos (Figura 1B).

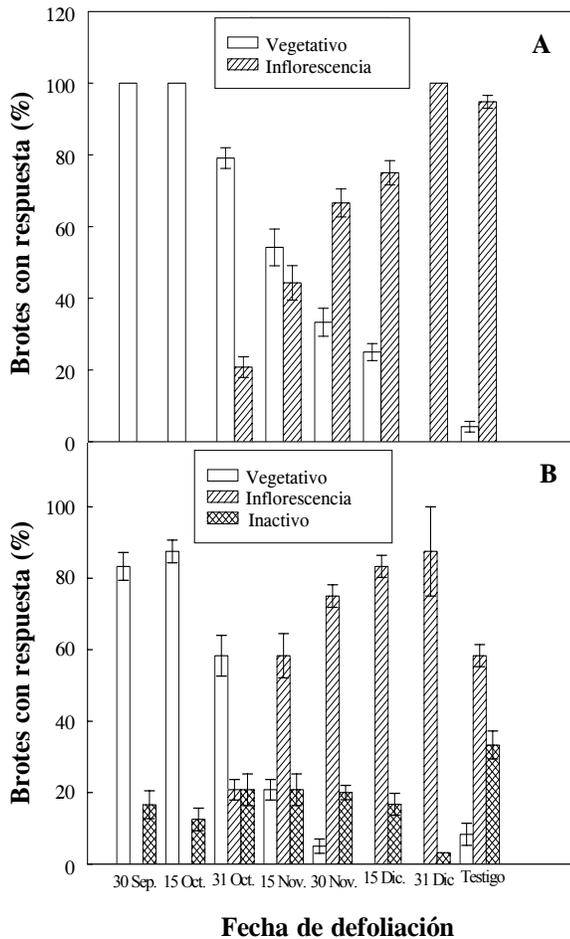


Figura 1. Efecto de la fecha de defoliación en el tipo de crecimiento producido por las yemas apicales de mango 'Tommy Atkins' durante 1998-1999 (A) y 1999-2000 (B). Cada barra representa el promedio de 80 brotes ± error estándar. La edad de los brotes al momento de la defoliación varió de seis (septiembre) a nueve meses (diciembre).

La defoliación de brotes entre el 30 de septiembre y 31 de octubre inhibió la producción de inflorescencias en el primer año. Es probable que al momento de la defoliación aún no se hubiera sintetizado el estímulo floral y acumulado suficientemente en hojas y yemas, tal vez debido a que aún prevalecían temperaturas relativamente altas y había suficiente humedad en el suelo, ya que el periodo de lluvias terminó al final de septiembre, factores que afectan el proceso de floración, según lo planteado por Reece *et al.* (1946), Nuñez y Davenport (1992) y Nuñez *et al.* (1996).

Los resultados del primer año demostraron que a partir del 31 de octubre, 20.8 % de los brotes defoliados presentaron inflorescencias y continuó la formación de éstas en lugar de brotes vegetativos conforme se defoliaron más tarde. Esto confirmó la importancia de la presencia de hojas maduras en el proceso de iniciación floral, tal como mencionan Nuñez *et al.* (1996). Otro aspecto a considerar en la creciente formación de inflorescencias al retrasar la fecha de defoliación, presumiblemente por la presencia de condiciones favorables para la floración, como temperaturas relativamente bajas.

En los dos años de estudio, los brotes defoliados entre el 15 de noviembre y el 31 de diciembre desarrollaron dos tipos de inflorescencias: a) normal, formada por ejes secundarios y terciarios de la inflorescencia, o panículas axilares; y b) mixta, con hojas distribuidas a lo largo del eje primario de la inflorescencia y de cuya axila emergieron los ejes secundarios y terciarios. La proporción de inflorescencias mixtas en los brotes defoliados durante ese periodo fue de 4 a 20 %. Nuñez *et al.* (1996) mostraron que el estímulo para floración puede producir cambios en el proceso de formación de la inflorescencia cuando las plantas son expuestas a condiciones que favorecen o no la floración (presencia o ausencia de hojas y temperaturas altas o bajas durante el día y la noche).

Los resultados de la presente investigación mostraron que para el mes de octubre sólo una pequeña proporción de yemas apicales de mango 'Tommy Atkins' había alcanzado la diferenciación floral. En consecuencia, la aplicación de promotores de floración en esa época estimularía la brotación de yemas apicales que todavía no están diferenciadas para dar lugar a brotes vegetativos.

La mayoría (80 y 100 %) de las yemas apicales del mango 'Tommy Atkins' alcanzaron la diferenciación floral a partir del 15 de diciembre, lo que muestra que este cultivar presenta iniciación floral tardía, como fue reportado por Pérez *et al.* (2000). Esta es la primera vez que se determina esta etapa del desarrollo reproductivo en mango 'Tommy Atkins', lo que permite derivar aplicaciones prácticas para la zona de estudio.

El hecho de que la diferenciación floral en el mango 'Tommy Atkins' sea alcanzada tardíamente (diciembre) plantea un reto para investigar y modificar este comportamiento, ya que los promotores de floración aplicados en diciembre no resultarían en adelantos significativos de la floración o cosecha. Por tanto, deberán de ser estudiadas otro tipo de estrategias, como incrementar la intensidad del flujo vegetativo de verano y reducir la intensidad del flujo de otoño.

### Características externas e internas de las yemas apicales

La caracterización externa de las yemas apicales se hizo mediante la definición de cuatro estadios de desarrollo: Estadio 1, yema completamente cerrada, de forma puntiaguda y rodeada por escamas (Figura 2A); Estadio 2, inicio de la separación de escamas de las yemas y senescencia parcial de las mismas (Figura 2B); Estadio 3, apariencia abultada por el incremento en el tamaño (diámetro y longitud) de la yema con separación de las escamas que cubren los meristemos (Figura 2C); Estadio 4, incremento en el tamaño de la yema que presenta forma redonda y con escamas separadas (Figura 2D).

Desde el punto de vista anatómico, estos cuatro estadios de desarrollo de las yemas corresponden a las siguientes descripciones: Estadio 1 (yema vegetativa), ápice en forma de cúpula con primordios foliares en su base (Figura 2A); Estadio 2, elongación del meristemo primario y presencia de meristemos de ejes secundarios (protuberancias) en las axilas de las brácteas (Figura 2B); Estadio 3, alargamiento de los meristemos de ejes secundarios en las axilas de las brácteas, con aspecto multilobulado por el desarrollo de los ejes secundarios y presencia de meristemos de los ejes terciarios (Figura 2C); Estadio 4, iniciación de

meristemos de partes florales en el ápice de ejes terciarios (Figura 2D).

Mediante la escala de desarrollo de las yemas, se calculó la frecuencia de cada estadio de desarrollo en cada una de las fechas de defoliación, durante el primer año (1998-99). El 30 de septiembre y 15 de octubre sólo se encontraron yemas en Estadios 1 (20 y 17 %, respectivamente) y 2 (80 y 83 %, respectivamente) (Cuadro 1); los brotes defoliados en estas fechas en el primer año presentaron crecimiento vegetativo. En el Estadio 2 se detectó el proceso de iniciación floral mencionado por Mustard y Lynch (1946), así como Ravishankar *et al.* (1979) y Osuna *et al.* (2000), aunque estos últimos lo definen como Estadio 3. Según Nuñez *et al.* (1996), este estadio puede ser redirigido, según la presencia o ausencia de condiciones ambientales que favorezcan la floración; sin embargo, ningún brote defoliado con yemas en Estadio 2 produjo inflorescencias.

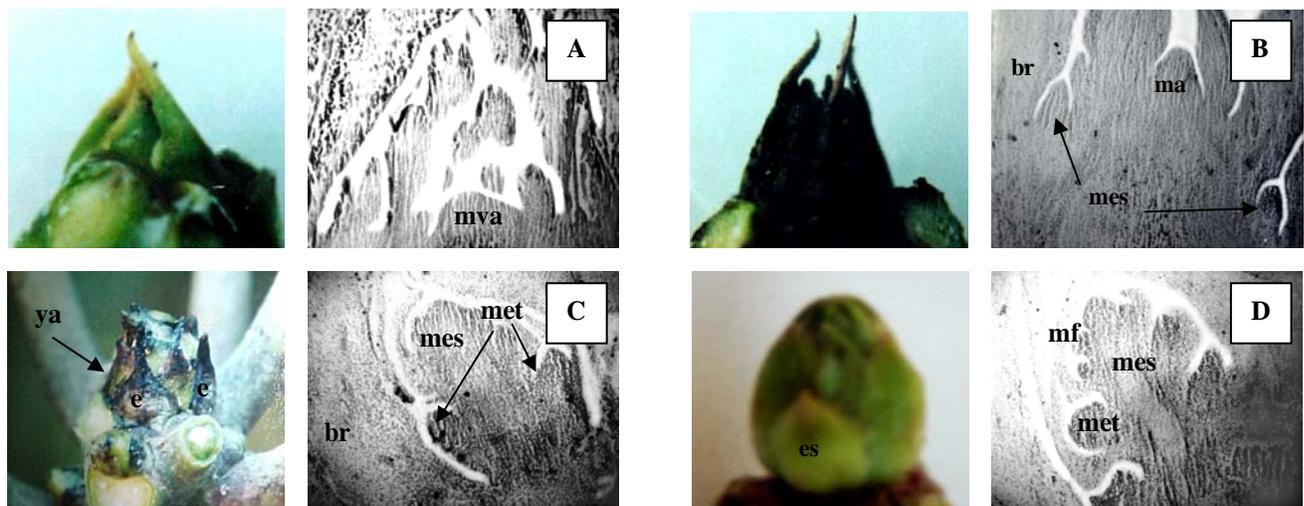


Figura 2. Yema apical en Estadio 1 (30 sep., 15 y 31 oct. y 15 nov.), características macroscópicas y microscópicas que muestran un meristemo vegetativo apical (mva) en forma de domo (A). Yema apical en Estadio 2 (30 sep., 15 y 30 oct., 15 y 30 nov., 15 y 31 dic.), que muestra alargamiento del meristemo apical (ma) y presencia de meristemos de ejes secundarios (mes) en las axilas de las brácteas (br) (B). Yema apical (ya) en Estadio 3 (31 oct., 15 y 30 nov., 15 y 31 dic.), donde se aprecia alargamiento del meristemo de ejes secundarios (mes) y presencia de meristemos de ejes terciarios (met); es, escama; br, bráctea (C). Yema apical en Estadio 4 (15 y 31 dic.), donde se observa alargamiento de los meristemos de ejes secundarios (mes) y terciarios (met) y formación de meristemos florales (mf) (D).

Cuadro 1. Estadio morfológico en yemas apicales de mango 'Tommy Atkins' examinadas en cada fecha de defoliación durante el ciclo (1998-1999).

| Fecha de defoliación         | Estadios de desarrollo de las yemas <sup>†</sup> |         |         |         | Media ponderada de estadios |
|------------------------------|--|---------|---------|---------|-----------------------------|
|                              | E-1  | E-2     | E-3     | E-4     |                             |
| Número y porcentaje de yemas |  |         |         |         |                             |
| 30 septiembre                | 8 (20)   | 32 (80) | 0       | 0       | 1.8                         |
| 15 octubre                   | 7 (17)   | 33 (83) | 0       | 0       | 1.8                         |
| 31 octubre                   | 4 (10)   | 28 (70) | 8 (20)  | 0       | 2.1                         |
| 15 noviembre                 | 4 (10)   | 24 (60) | 12 (30) | 0       | 2.2                         |
| 30 noviembre                 | 0  | 20 (50) | 20 (50) | 0       | 2.5                         |
| 15 diciembre                 | 0  | 11 (27) | 22 (55) | 7 (18)  | 2.9                         |
| 31 diciembre                 | 0  | 4 (10)  | 22 (55) | 14 (35) | 3.3                         |

<sup>†</sup> E-1 = Estadio 1 (yema vegetativa); E-2 = Estadio 2 (inicio del proceso); E-3 = Estadio 3 (desarrollo de meristemos secundarios); E-4 = Estadio 4 (desarrollo de meristemos de partes florales).

Para el 31 de octubre, 20 % de las yemas estaban en Estadio 3 (Cuadro 1), valor que coincidió con el porcentaje de brotes defoliados que produjeron inflorescencias (Figura 1A). A partir de esta fecha se incrementó el desarrollo de yemas, de tal manera que para el 15 y 31 de diciembre, 73 y 90 % de las yemas estaban en los Estadios 3 y 4, que dieron lugar a una elevada producción de inflorescencias (Figura 1A; Cuadro 1). Esta respuesta evidencia que las yemas apicales alcanzaron diferenciación floral en el Estadio 3, estado que se considera importante para manipular la floración del mango 'Tommy Atkins' con fines hortícolas. Macroscópicamente, las yemas en Estadio 3 presentaron apariencia abultada y puntiaguda, separación de las escamas que cubrían el meristemo apical y notorio incremento en tamaño. Anatómicamente, los meristemos en las axilas de las brácteas tenían forma multilobulada, debido al desarrollo de los ejes secundarios y de meristemos de ejes terciarios (Figura 2C).

#### Efecto de la temperatura en el desarrollo de la yema

Las primeras yemas apicales que alcanzaron el Estadio 3 (aprox. 20 % del total de yemas muestreadas), se presentaron el 31 de octubre. Para esa fecha se habían acumulado 13 d con temperaturas  $\leq 20$  °C. La acumulación de temperaturas  $\leq 19$  °C no fue significativa, ya que sólo se acumularon 5 d con temperaturas  $\leq 19$  °C y 1 d con temperaturas  $\leq 18$  °C.

Después del 31 de octubre, diariamente hubo temperaturas  $\leq 20$  °C. Para el 30 de noviembre se habían acumulado 43 d y para esta fecha 50 % de las yemas muestreadas estaban en Estadio 3 (Cuadro 1) y cerca de 70 % de los brotes defoliados en esta fecha produjeron inflorescencias (Figura 1). Esto permite proponer a las temperaturas  $\leq 20$  °C como las promotoras de la floración en el mango 'Tommy Atkins', en las condiciones climáticas del Estado de Nayarit. Estos resultados no mostraron una relación clara entre la iniciación floral y la acumulación de temperaturas inferiores a 19 °C, sino con las inferiores a 20 °C, aunque este nuevo umbral aún debe verificarse.

Chaikiattiyos *et al.* (1994) y Nuñez y Davenport (1995) asociaron la iniciación floral del mango a la presencia de temperaturas entre 15 a 18 °C en el día y 10 °C en la noche, durante un periodo de 21 a 35 d resultados que sólo mostraron similitud con la presente investigación en la duración del tiempo de exposición a las temperaturas frescas, pero no con el intervalo de temperaturas ( $\leq 18$  °C). Lo anterior se explica porque en las condiciones climáticas donde se cultiva el mango en Nayarit es poco probable la ocurrencia temprana de temperaturas  $\leq 18$  °C. Estos resultados demuestran la necesidad de obtener información específica para cada región productora de mango y para cada cultivar. Los presentes resultados permitirán planear la realización de diversas prácticas de manejo en los huertos de mango 'Tommy Atkins' de Nayarit, como podas, aplicación de estimulantes de la floración y reguladores del crecimiento.

#### CONCLUSIONES

La diferenciación floral de yemas apicales del flujo vegetativo de primavera en mango 'Tommy Atkins' ocurrió del 31 de octubre al 31 de diciembre, y la mayor proporción de yemas que alcanzó este estadio fue a partir del 30 de noviembre. Las yemas diferenciadas fueron clasificadas en Estadio 3, cuyas características macroscópicas fueron: apariencia abultada y puntiaguda, las escamas que cubrieron el meristemo estuvieron separadas y éste comenzó a incrementarse en tamaño; anatómicamente, los meristemos en las axilas de las brácteas se observaron multilobulados por el desarrollo de ejes secundarios y primordios de ejes terciarios de la inflorescencia.

Cuadro 2. Promedio de temperaturas máximas y mínimas mensuales del periodo julio a diciembre de 1998 (año 1) y acumulación de días con presencia de temperaturas  $\leq 15, 16, 17, 18, 19$  y  $20$  °C, en el Estado de Nayarit.

| Fecha de defoliación | Estadio de desarrollo | Días con temperaturas (°C) |           |           |           |           |           | Media de temperaturas (°C) |         |
|----------------------|-----------------------|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------------------------|---------|
|                      |                       | $\leq 15$                  | $\leq 16$ | $\leq 17$ | $\leq 18$ | $\leq 19$ | $\leq 20$ | Máximas                    | Mínimas |
| 30 septiembre        | 1.8                   | 0                          | 0         | 0         | 0         | 0         | 1         | 31.1                       | 21.1    |
| 15 octubre           | 1.8                   | 0                          | 0         | 0         | 0         | 2         | 5         | 30.9                       | 20.6    |
| 31 octubre           | 2.1                   | 0                          | 0         | 0         | 1         | 5         | 13        | 30.9                       | 20.6    |
| 15 noviembre         | 2.2                   | 0                          | 5         | 6         | 10        | 16        | 28        | 30.7                       | 16.3    |
| 30 noviembre         | 2.5                   | 6                          | 16        | 20        | 25        | 31        | 43        | 30.7                       | 16.3    |
| 15 diciembre         | 2.9                   | 8                          | 26        | 33        | 40        | 46        | 58        | 28.0                       | 14.6    |
| 31 diciembre         | 3.3                   | 20                         | 41        | 48        | 56        | 62        | 74        | 29.0                       | 14.6    |

La diferenciación floral de las yemas apicales del mango 'Tommy Atkins' en Nayarit se asoció con la acumulación de temperaturas  $\leq 20$  °C. La falta de respuesta del mango 'Tommy Atkins' a los tratamientos que aceleran el rompimiento de yemas se explica por la iniciación floral tardía de las yemas apicales. En este cultivar la defoliación de brotes puede afectar la diferenciación floral, ya que las defoliaciones tempranas (septiembre) la inhiben y las tardías (diciembre) no afectan el proceso.

### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el financiamiento otorgado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Proyecto No. K331-A9702), la Fundación Produce Nayarit, A. C. y el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Se agradece también al M. C. Servando López Torres por el apoyo técnico y en especial al Sr. Miguel Escobedo Armejo por facilitar el huerto de mango para realizar este estudio.

### BIBLIOGRAFÍA

- Chacko E K (1991)** Mango flowering-still an enigma. *Acta Hort.* 291:12-21.
- Chaikiattiyos S, C M Menzel, T S Rasmussen (1994)** Floral induction in tropical fruit trees: Effects of temperature and water-supply. *J. Hort. Sci.* 69:397-415.
- Davenport T (1993)** Floral manipulation in mango. *In: Proc. Mango Conference in Hawaii.* L E Chia, D O Evans (eds). Coop. Extension Service. University of Hawaii, Honolulu. pp:54-60.
- FAOSTAT (2005).** FAO Statistical Databases, Actualized to 14 Julio 2005. (<http://faostat.fao.org/>).
- Kulkarni V J (1991)** Physiology of flowering in mango studies by grafting. *Acta Hort.* 291:95-104.
- Kulkarni V J (2004)** The tri-factor hypothesis of flowering in mango. *Acta Hort.* 645:61-70.
- Moster P G, J E Hoffman (1997)** Water Requirements and Irrigation of Mature Mango Trees. Institute of Tropical and Subtropical Crops. South Africa. pp:331-338.
- Mustard J M, S J Lynch (1946)** Flower-bud formation and development in *Mangifera indica*. *Bot. Gazette* 108:136-140.
- Nuñez R, T L Davenport (1992)** Requirement for mature leaves during floral induction and floral transition in developing shoots of mango. *Acta Hort.* 296:33-37.
- Nuñez R, T L Davenport (1995)** Effect of leaf age, duration of cool temperature treatment, and photoperiod on bud dormancy release and floral initiation in mango. *Sci. Hort.* 62:63-73.
- Nuñez R, T L Davenport, M L Caldeira (1996)** Control of bud morphogenesis in mango (*Mangifera indica* L.) by girdling, defoliation and temperature modification. *J. Hort. Sci.* 71:25-40.
- Osuna T, E M Engleman, A E Becerril, R Mosqueda, M Soto, A Castillo (2000)** Iniciación y diferenciación floral en mango 'Manila'. *Agrociencia* 34:573-581.
- Pérez M H, S Salazar, V Vázquez (2000)** Delayed inflorescence bud initiation, a clue for the lack of response of the 'Tommy Atkins' mango to promoter of flowering. *Acta Hort.* 509(2):567-572.
- Ravishankar H, M M Rao, K M Bojappa (1979)** Fruit bud differentiation in mango 'Alphonso' and 'Totapuri' under mild tropical rainy conditions. *Sci. Hort.* 10:95-99.
- Reece P C, J R Furr, W C Cooper (1946)** The inhibiting effect of the terminal bud on flower formation in the axillary buds of the 'Haden' mango. *Amer. J. Bot.* 33:209-210.
- Reece P C, J R Furr, W C Cooper (1949)** Further studies of floral induction in the 'Haden' mango (*Mangifera indica* L.). *Amer. J. Bot.* 36:734-740.
- SAGARPA (2005)** Superficie de Mango, Volumen de Producción y Rendimiento Promedio por Municipio y Variedad. Subdelegación Agropecuaria. Programa de Fomento Agrícola y Programa de Sanidad Vegetal. Delegación Estatal en Nayarit. 10 p.
- Salazar S, V Vázquez (1997)** Physiological persistence of paclobutrazol on the 'Tommy Atkins' mango (*Mangifera indica* L.) under rain-fed conditions. *J. Hort. Sci.* 72:339-345.
- Salazar S, M H Pérez, V Vázquez (2000)** Effect of ammonium nitrate sprays on flowering and harvest time of 'Manila', 'Ataulfo', and 'Tommy Atkins' mango in Nayarit, México. *Acta Hort.* 509:573-580.
- SAS Institute (1998)** SAS User's Guide: Statistics. Version 6.12. SAS Institute, Cary, N.C.
- Sass J E (1958)** Botanical Microtechnique. 3rd ed. The Iowa State University Press. Ames Iowa. 228 p.
- Steel R G D, J H Torrie (1985)** Bioestadística: Principios y Procedimientos. Mcgraw-Hill, Latinoamérica, S. A. 622 p.
- Tapia M, A Vega (1994)** Adelanto de la cosecha en mango cv. Haden mediante manejo del agua en el Valle de Apatzingán. *Terra* 12:304-310.
- Whiley A W, T S Rassmussen, J B Saranah, B N Wolstenholme (1989)** Effect of temperature on growth, dry matter production and starch accumulation in ten mango (*Mangifera indica* L.) cultivars. *J. Hort. Sci.* 64:753-765.