

PUNTOS CRÍTICOS EN EL MANEJO INTEGRAL DE MANGO: FLORACIÓN, ANTRACNOSIS Y RESIDUOS INDUSTRIALES*

CRITICAL ASPECTS ON THE INTEGRAL MANAGEMENT OF MANGO: FLOWERING, ANTHRACNOSIS AND INDUSTRIAL WASTE

Sergio de los Santos-Villalobos¹, Stefan de-Folter¹, John Paul Délano-Frier¹, Miguel Ángel Gómez-Lim¹, Doralinda Asunción Guzmán-Ortiz¹, Prometeo Sánchez-García² y Juan José Peña-Cabriales^{1§}

¹Centro de Investigación y de Estudios Avanzados. Unidad Irapuato. IPN. Carretera Irapuato-León, km 9.6, libramiento norte. Irapuato, Guanajuato, México. C. P. 36821. Tel. 01 462 6239600. Ext. 642. (sdfolter@ira.cinvestav.mx), (jdelano@ira.cinvestav.mx), (mgomez@ira.cinvestav.mx), (dgusman@ira.cinvestav.mx). ²Colegio de Postgraduados. Carretera México-Texcoco, km 36.5. Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. C. P. 56230. Tel. 01 595 9520200. Ext. 1262. (promet@colpos.mx). [§]Autor para correspondencia: jpena@ira.cinvestav.mx.

RESUMEN

A nivel mundial, México se ubica como un participante importante en la producción y comercio de mango fresco, destacando como productor (2×10^6 t año⁻¹) y exportador (2×10^5 t año⁻¹) de dicho fruto e importador de cantidades mínimas con respecto a su producción y exportación. La actividad económica en torno al mango, está integrada por un conjunto de etapas que van desde la producción del fruto hasta su consumo, a la cual se le ha llamado cadena de valor de mango; con base en el conocimiento científico y empírico en relación a este cultivo, los puntos críticos de mayor impacto sobre esta cadena de valor en México que hemos detectado, con repercusiones negativas para la economía de los fruticultores, se ubican en las etapas de: producción (floración y antracnosis) e industrialización (aprovechamiento de los residuos vegetales generados en el proceso de industrialización del mango fresco). Esta revisión presenta un análisis global de las etapas que ponen en riesgo a esta cadena de valor en México, así como las causas y posibles soluciones a éstas, mediante alternativas que optimicen su manejo integral.

Palabras clave: *Colletotrichum gloeosporioides*, análisis proximal, genes, metabolitos, ruta floral.

ABSTRACT

At world level, Mexico is located as an important participant in fresh mango production and trade, standing out as producer (2×10^6 t year⁻¹) and exporter (2×10^5 t year⁻¹) of mango and importer of minimum quantities with regard to its production and export. The economic activity around mango, is integrated by a group of stages that goes from fruit production to its consumption, which has been called value chain of mango; with base in scientific and empiric knowledge in relation to this cultivation, the critical points of more impact on this value chain in Mexico that we have detected, with negative repercussions for the economy of fruit farmers, are located in stages: production (flowering and anthracnosis) and industrialization (use of vegetable residuals generated in fresh mango process of industrialization). This revision presents a global analysis of stages that put in risk to this value chain in Mexico, as well as the causes and possible solutions to these, by means of alternatives that optimize its integral handling.

Key words: *Colletotrichum gloeosporioides*, floral route, genes, metabolytes, proximal analysis.

* Recibido: junio de 2010
Aceptado: abril de 2011

INTRODUCCIÓN

El árbol de mango es uno de los principales miembros de la familia de Anacardiaceae, de acuerdo con Galán (1998) su clasificación taxonómica actual es: clase: Dicotyledoneae, subclase: Rosidae, orden: Sapindales, familia: Anacardiaceae, genero: *Mangifera*, especie: *indica*. Su punto exacto de origen es desconocido, pero se considera que probablemente es nativo de los bosques montañosos bajos del este de la India, Bangladesh y Myanmar en latitud norte comprendida entre los 16° y 28° (Bailey, 1941; Opeke, 1982; Bodner y Gereau, 1988).

Este frutal se introdujo en México y Brasil a finales del siglo XVII y de Brasil a las Indias occidentales durante el siglo XVIII de acuerdo con Bailey (1941), desde entonces, ha sido cultivado y naturalizado tan extensamente que su distribución se puede considerar como pantropical; dicha distribución ha propiciado que la producción mundial anual de mango sea aproximadamente de 30×10^6 t; ésta se encuentra integrada de la siguiente manera: India ocupa el primer lugar, al producir aproximadamente 11×10^6 t (36% del total de la producción), China con una aportación de 11%, Pakistán con 7% de la producción total y México con una aportación de más de 6%, lo que equivale aproximadamente a 2×10^6 t (FAO, 2006).

Para México el panorama cambia al considerar las exportaciones de mango fresco en el mercado internacional, debido que es el segundo exportador a nivel mundial con una participación de 21%, que representa cerca de 2×10^5 t, exportando a Estados Unidos de América, Canadá, Japón, Países Bajos, Francia y España (FAO, 2007); traduciéndose aproximadamente en USD \$ 86 millones. India es el principal exportador, con 24% y Brasil en tercero con 12%.

Dentro de los principales países importadores se encuentra Estados Unidos de América, quien realiza 35% de las importaciones totales de mango, generando poco más de USD \$ 180 millones, que representa una ventana de oportunidades y permite identificar hacia qué mercado se puede dirigir la comercialización de este fruto (fresco y procesado), para así desarrollar una estrategia competitiva en la producción de mango en México (IPD, 2008).

En México, la producción de mango oscila alrededor de 2×10^6 t (6^{to} lugar dentro de los principales cultivos perennes), producidas en una superficie de 18×10^4 ha, localizadas

INTRODUCTION

Mango tree is one of main members of Anacardiaceae family, according to Gallant (1998) its current taxonomical classification is: class: Dicotyledoneae; subclass: Rosidae; order: Sapindales; family: Anacardiaceae; genus: *Mangifera*; species: *indica*. Its exact center of origin is ignored, but it is considered that is probably native of lower mountainous forests of eastern India, Bangladesh and Myanmar in north latitude between 16° and 28° (Bailey, 1941; Opeke, 1982; Bodner and Gereau, 1988).

This fruit tree was introduced in Mexico and Brazil at the end of XVII century and from Brazil to western India during XVIII century according to Bailey (1941), from then, it has been cultivated and naturalized so widely that its distribution can be considered as pantropical; this distribution has propitiated that annual world production of mango is approximately of 30×10^6 t; this is integrated as follows: India occupies the first place, when producing approximately 11×10^6 t (36% of total production), China with a contribution of 11%, Pakistan with 7% of total production and Mexico with a contribution of more than 6%, what is equal approximately to 2×10^6 t (FAO, 2006).

Scenario changes for Mexico when considering fresh mango exports to international market, due that is second exporter at world level with a participation of 21% representing near 2×10^5 t, exporting to United States of America, Canada, Japan, Netherlands, France and Spain (FAO, 2007); representing approximately USD \$ 86 millions. India is the main exporter, with 24% and Brazil in third with 12%.

Within main importers countries United States of America takes 35% of total mango imports, generating little more than USD \$ 180 millions that represents a window of opportunities and allows to identify toward which market it can go of this fruit commercialization (fresh and processed), then to develop a competitive strategy in mango production in Mexico (IPD, 2008).

In Mexico, mango production oscillates around 2×10^6 t (6th place within main perennial cultivations), produced in a surface of 18×10^4 ha, located mainly in states of Pacific, from Sinaloa to Chiapas and Veracruz in Gulf of Mexico (SAGARPA, 2007).

principalmente en los estados del Pacífico, desde Sinaloa hasta Chiapas y Veracruz en el Golfo de México (SAGARPA, 2007).

De acuerdo con la FAO (2006), las variedades de mango de mayor producción en México, en orden decreciente, son: Manila, Ataulfo, Haden y Tommy Atkins. Cabe mencionar que el mayor precio medio rural (PMR) lo posee la variedad Ataulfo, el cual es aproximadamente de USD \$ 300 t⁻¹, traduciéndose de acuerdo a su volumen de producción nacional anual (308 544 t) en un monto por año aproximado de USD \$ 100 millones (SAGARPA, 2007).

La producción de mango en México, se destina principalmente al consumo en fresco y en menor medida pero con volúmenes crecientes desde la última década, para el consumo agroindustrial (jugos y néctares, licores, aceites esenciales, etc.). Por otra parte, el total de la exportación por México está compuesta como sigue: mangos frescos USD \$ 86 565 millones, conservas USD \$ 17 849 millones, jugo y néctar de mango USD \$ 21 223 millones y finalmente concentrado y jarabe de mango USD \$ 279 510 millones (IPD, 2008). Estos datos ilustran la importancia económica de este cultivo para México, lo que demanda la generación de conocimiento científico sobre los factores que impactan negativamente su aprovechamiento integral.

La cadena de valor del mango (Figura 1) es un conjunto de etapas interrelacionadas que integran acciones indispensables para el aprovechamiento óptimo e integral del mango, desde su producción hasta su consumo final. Dentro de esta cadena hemos identificado etapas frágiles, debido a la escasez de conocimiento científico en torno a ellas, lo que perjudica la estabilidad de la cadena entera. Proponemos, en base a la información científica y empírica disponible, que los puntos críticos que desestabilizan la cadena de valor de mango en México dentro de la etapa de producción son: floración y antracnosis; en industrialización, se refiere al aprovechamiento de los residuos de industrialización del mango fresco.

Producción

Inducción floral en *Arabidopsis thaliana*. Investigación sobre la floración en la planta modelo *A. thaliana*, ha generado conocimiento sobre la compleja red génica que controla cuantitativamente el tiempo de la transición floral (Figura 2); en esta figura las flechas en verde indican efecto promotor, mientras que los conectores en rojo indican efectos

According to FAO (2006), mango varieties of most production in Mexico, in falling order, are: Manila, Ataulfo, Haden and Tommy Atkins. It is necessary to mention that greater average rural price (PMR) is for variety Ataulfo, which is approximately of USD \$ 300 t⁻¹, translated according to their national volume of annual production (308 544 t) in an amount per year approximately of USD \$ 100 millions (SAGARPA, 2007).

Mango production in Mexico is mainly dedicated to consumption in fresh and in smaller measure but with growing volumes since last decade, for agroindustrial consumption (juices and nectars, liquors, essential oils, etc.). On the other hand, the total of export for Mexico is compound as follows: fresh mangos USD \$ 86 565 millions, preserves USD \$ 17 849 millions, juice and mango nectar USD \$ 21 223 millions and finally concentrated and mango syrup USD \$ 279 510 millions (IPD, 2008). These data illustrate the economic importance of this cultivation for Mexico, which demands generation of scientific knowledge about factors that negatively impact their integral use.

Value chain of mango (Figure 1) is a group of interrelated stages that they integrate indispensable actions for optimum and integral use of mango, from their production up to final consumption. Inside this chain we have identified fragile stages, due to shortage of scientific knowledge around them, being prejudicial for stability of whole chain. We propose, based on available scientific and empiric information, that critical points that destabilize value chain of mango in Mexico inside production stage are: flowering and anthracnosis; in industrialization, it refers to use of fresh mango industrialization residuals.

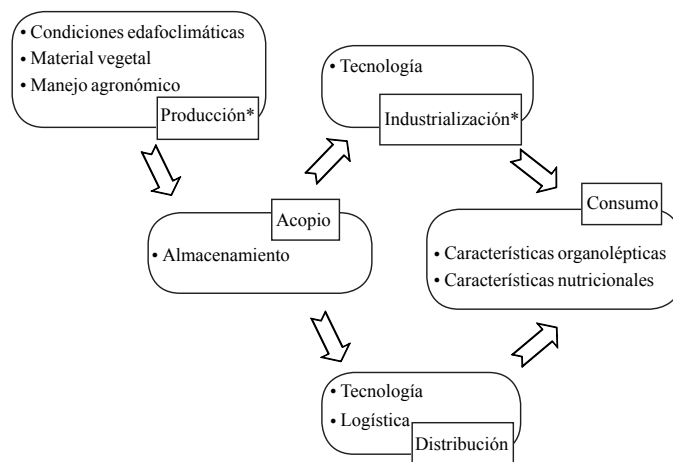


Figura 1. Cadena de valor del mango (IPD, 2008). * = etapa crítica para la estabilidad de la cadena en México.

Figure 1. Value chain of mango (IPD, 2008). * = critical stage for chain stability in Mexico.

represivos; dos elipses unidas indican interacción proteína-proteína; los asteriscos indican regulación transcripcional directa. AGL24, AGAMOUS-LIKE 24; AP1, APETALA1; CAL, CAULIFLOWER; FLC, FLOWERING LOCUS C; FM, meristemo floral; FT, FLOWERING LOCUS T; FUL, FRUITFULL; IM, meristemo inflorescente; LFY, LEAFY; SAM, meristemo apical del brote; SOC1, SUPPRESSOR OF OVEREXPRESSION OF CONSTANS 1; SVP, SHORT VEGETATIVE PHASE.

Los genes participan en diferentes rutas que integran señales ambientales y señales endógenas. Básicamente, cinco rutas que interactúan entre sí han sido descritas: ruta de respuesta a giberelinas, respuesta autónoma, respuesta a vernalización, respuesta termosensorial y respuesta a fotoperiodo (Liu *et al.*, 2009); estas rutas convergen en dos genes llamados “integradores de la ruta floral” que incluyen: *flowering locus t (ft)*, y *suppressor of overexpression of constans (soc1)* (Nilsson *et al.*, 1998; Kardailsky *et al.*, 1999; Kobayashi *et al.*, 1999; Blázquez y Weigel, 2000; Lee *et al.*, 2000; Samach *et al.*, 2000).

Los genes integradores de la ruta floral tienen como blanco a genes que confieren identidad floral a los nuevos primordios emergentes llamados “genes de identidad del meristemo floral”, los cuales activan a los llamados “genes de identidad de órganos florales” cuya expresión regionalizada, mediante interacciones de proteínas de identidad del meristemo floral, conduce a un arreglo adecuado de los órganos florales (Blázquez, 2000; Liu *et al.*, 2009). Algunos factores ambientales y su impacto sobre la floración, debido a su complejidad, aún no han sido ubicados en estas rutas. Por ejemplo, el efecto de la disponibilidad de nutrientes sobre la floración es incierto, aunque los niveles de carbohidratos, actividad y localización de las enzimas relacionadas con su biosíntesis tienen un efecto sobre ésta (Rolland *et al.*, 2006), pudiendo ser parte de algunas de las rutas descritas anteriormente o ser rutas completamente independientes.

Es posible que mecanismos similares a los descritos en *A. thaliana* se presenten en especies vegetales de interés agronómico como el árbol de mango, pero con dinámicas de expresión génica diferentes, como lo sugieren las distancia filogenética entre dichas especies, estrategias de inducción floral en campo, etc.

Inducción floral en *Mangifera indica*. En relación a la inducción floral en la especie *M. indica*, la iniciación del crecimiento de los ápices (tallos en dormancia), es

Production

Inducción floral en *Arabidopsis thaliana*. Investigation about flowering in model plant *A. thaliana* has generated knowledge on complex genic network that quantitatively controls time of floral transition (Figure 2); in this figure arrows in green indicate promoting effect, while connectors in red indicate repressive effects; two united ellipses indicate interaction protein-protein; asterisks indicate direct transcriptional regulation. AGL24, AGAMOUS-LIKE 24; AP1, APETALA1; CAL, CAULIFLOWER; FLC, FLOWERING LOCUS C; FM, floral meristem; FT, FLOWERING LOCUS T; FUL, FRUITFULL; IM, inflorescent meristem; LFY, LEAFY; SAM, bud apical meristem; SOC1, SUPPRESSOR OF OVEREXPRESSION OF CONSTANS 1; SVP, SHORT VEGETATIVE PHASE.

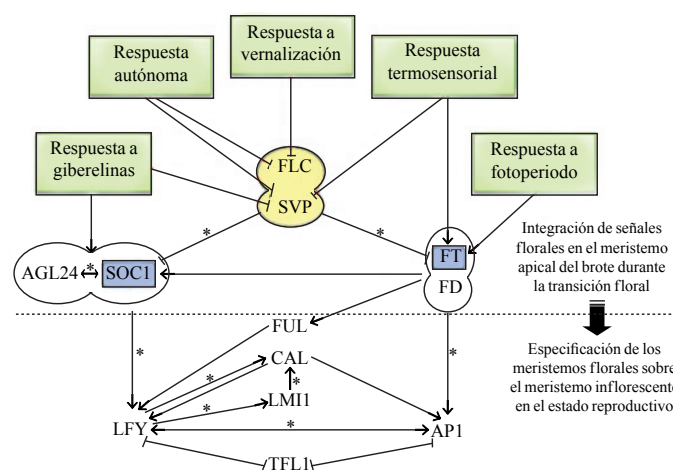


Figura 2. Ruta simplificada de señalización en la inducción floral en *A. thaliana*.

Figure 2. Simplified route of signaling in floral induction in *A. thaliana*.

Genes participate in different routes that integrate environmental signs and endogenous signs. Basically, five routes that interact to each other has been described: response to gibberellins route, autonomous response, response to vernalization, termosensorial response and photoperiod response (Liu *et al.*, 2009); these routes converge in two genes called “integrative of floral route” that include: *flowering locus t (ft)*, and *suppressor of overexpression of constans (soc1)* (Nilsson *et al.*, 1998; Kardailsky *et al.*, 1999; Kobayashi *et al.*, 1999; Blázquez and Weigel, 2000; Lee *et al.*, 2000; Samach *et al.*, 2000).

el primer evento que debe ocurrir para inducir dicho fenómeno (Figura 3), en donde las líneas continuas indican efecto promotor, mientras que, líneas punteadas indican efecto represor, líneas sin cabeza de flecha indican efecto sin ser determinado con certeza (Davenport y Núñez, 1997). Este involucra la división y elongación de células en dormancia del primordio de las hojas, meristemos axilares o ambos, y posteriormente del meristemo apical (Davenport, 2007).

Integrative genes of floral route have as target to genes that confer floral identity to new emergent primordiums called “genes of identity of floral meristem”, which activate to called “genes of identity of floral organs” whose regionalized expression, by means of interactions of proteins of identity of floral meristem, leads to an appropriate arrangement of floral organs (Blázquez, 2000; Liu *et al.*, 2009). Some environmental factors and their impact on the floracion, due to their complexity, have not

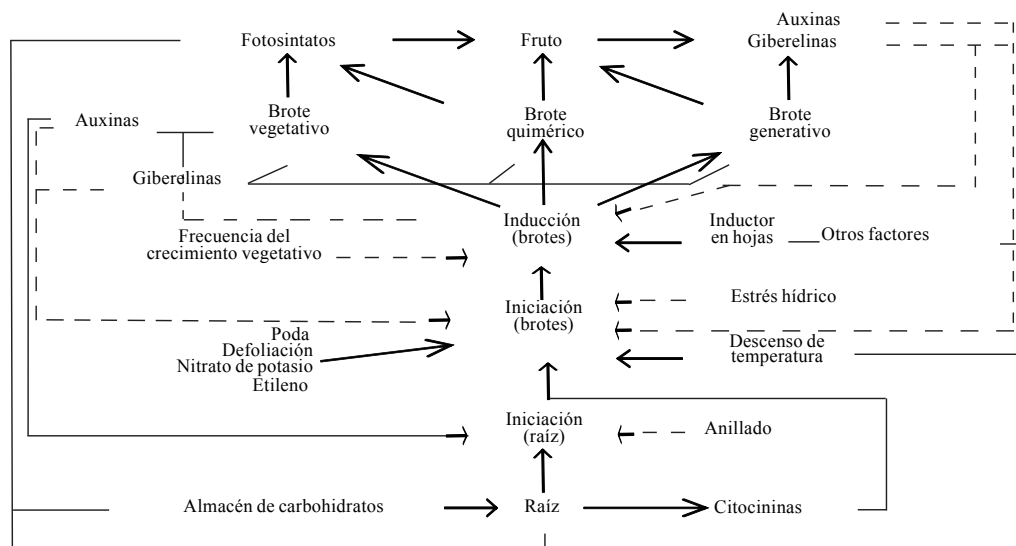


Figura 3. Modelo teórico de las etapas en el evento de floración en *M. indica* (Davenport, 2007).

Figure 3. Theoretical model of stages in flowering event in *M. indica* (Davenport, 2007).

Dicha iniciación es influenciada por la poda, defoliación, irrigación bajo condiciones de sequía, fertilizantes nitrogenados y otros factores como etileno o cambios de temperatura. Según Reece *et al.* (1949), el destino de las yemas no está determinado hasta que su crecimiento es iniciado y depende de los factores (no relacionados a la iniciación), que se encuentran presentes en el momento que ésta ocurre. El crecimiento vegetativo se ve incrementado en árboles jóvenes o en árboles maduros con altos niveles de nitrógeno y agua; lo cual lleva al siguiente evento que es la inducción (vegetativa y floral), que difiere del modelo de floración en plantas herbáceas (Bernier *et al.*, 1993), debido que la inducción en el mango puede ser reversible dependiendo de la temperatura a la cual es sometido el árbol en el desarrollo temprano del ápice (Núñez *et al.*, 1996).

Se piensa que la relación de citocininas y auxinas en las yemas, es lo que determina la iniciación del crecimiento de los ápices; a su vez, el evento de inducción parece estar gobernado, según Davenport y Núñez (1997), por la relación

still been located in these routes. For example, effect of nutrients availability on flowering is uncertain, although carbohydrates levels, activity and localization of enzymes related with its biosynthesis have an effect on this (Rolland *et al.*, 2006), and could be part of some of routes previously described or to be totally independent routes.

It is possible that similar mechanisms to those described in *A. thaliana* exist in vegetable species of agronomic interest as mango tree, but with different dynamic of genic expression, as is suggest by phylogenetic distance between these species, strategies of floral induction in field, etc.

Floral induction in *Mangifera indica*. In relation to floral induction in species *M. indica*, initiation of apexes growth (shafts in dormancy), it is the first event that should happen to induce this phenomenon (Figure 3) where continuous lines indicate promoting effect, while, dotted lines indicate repressor effect, lines without arrow head

de un promotor florigénico dependiente de temperatura (FP) (potenciado a bajas temperaturas) y un promotor vegetativo dependiente de la edad (VP) (potenciado a edades tempranas). Así, la inducción floral en el subtrópico es regulada principalmente por la intensidad y duración de las bajas temperaturas, pero la edad del crecimiento vegetativo anterior influye en la respuesta; mientras que en el trópico, la floración es dictada por la duración del crecimiento vegetativo previo y posiblemente modificada por las bajas temperaturas (Davenport, 2007).

La duración del crecimiento vegetativo así como el resto de los estadios fenológicos presentes en el árbol de mango, varían de acuerdo a su genotipo, nivel de fertilización, humedad, condiciones ambientales, entre otros factores (Avilán, 1971; Avilán *et al.*, 1995). De esta manera, la época de aplicación del fertilizante es necesario asociarla con los momentos de ocurrencia de los periodos de crecimiento vegetativos, floración y fructificación, ya que éstos son los periodos en los cuales existe una mayor demanda de nutrimentos, como ha sido evidenciado por un marcado descenso en las concentraciones de N, P, K durante las etapas de formación del fruto (N: 10.4, P: 0.9 y K: 5.3 g kg⁻¹ de materia seca) en relación a la etapa de dormancia (N: 12.4, P: 1.1 y K: 7.5 g kg⁻¹ de materia seca) (Avilán, 1971). La cantidad de fertilizantes que se va a emplear durante un ciclo de producción, se fracciona y aplica antes de la ocurrencia de los periodos críticos citados (Avilán *et al.*, 1993).

Zhang *et al.* (2005); Davenport *et al.* (2006) aislaron un gen nombrado *MiCOL* (*CONSTANS-like*) de la hoja del árbol de mango. *CONSTANS* es un gen de expresión circadiana en la ruta de fotoperiodo en *A. thaliana* (Putterill *et al.*, 2004). Debido que el mango no es sensible al fotoperiodo, el papel de este gen permanece incierto; así mismo, se han realizado esfuerzos »sin éxito« para aislar el gen *FT* u ortólogos responsable de la síntesis de la proteína FP (Davenport, 2007). Por otra parte, se ha concluido que la proteína FP, la cual posee un tiempo de vida corto *in situ* (6 a 10 días) se transporta hasta una distancia de 100 cm, siendo acarreado por fotosintatos en el floema desde las hojas donadoras a las yemas receptoras; dicho transporte del FP mediado por los fotosintatos, es apoyado por experimentos de sombreado (90% y 100% de hojas sombreadas), en los cuales se detuvo la producción fotosintética completamente, observando sólo crecimiento vegetativo (aún en condiciones de inducción floral) (Davenport, 2007).

indicate effect without being determined with certainty (Davenport and Núñez, 1997). This involves division and elongation of cells in dormancy of leaves primordium, axillary meristems or both, and later from apical meristem (Davenport, 2007).

This initiation is influenced by the pruning, defoliation, irrigation under drought conditions, nitrogenized fertilizers and other factors as ethylene or temperature changes. According to Reece *et al.* (1949), the destination of buds is not determined until its growth is initiated and depends on factors (not related to initiation) that exist at the moment that this happens. The vegetative growth is increased in young trees or in mature trees with high nitrogen and water levels; which takes to following event that is induction (vegetative and floral) that differs of flowering pattern in herbaceous plants (Bernier *et al.*, 1993), due induction in mango can be reversible depending on temperature at which is subjected the tree in early development of apex (Núñez *et al.*, 1996).

It is thought that cytokinins and auxins relationship in buds, is what determines apexes growth initiation; in turn, induction event seems to be governed, according to Davenport and Núñez (1997), by relationship of a temperature dependent florigen promoter (FP) (potentiated at low temperatures) and an age dependent vegetative promoter (VP) (potentiated at early ages). This way, floral induction in subtropic is regulated mainly by intensity and duration of low temperatures, but age of previous vegetative growth influences in response; while in tropic, flowering is dictated by duration of previous vegetative growth and possibly modified by low temperatures (Davenport, 2007).

Duration of vegetative growth as well as rest of phenological stages that exist in mango tree, vary according to their genotype, fertilization level, humidity, environmental conditions, among other factors (Avilán, 1971; Avilán *et al.*, 1995). This way, time of application of fertilizer is necessary to associate it with the moments of occurrence of vegetative periods of growth, flowering and fructification, since these are periods in which a greater demand of nutrimentos exist, as it has been evidenced by a marked decrease in concentrations of N, P, K during stages of fruit formation (N: 10.4, P: 0.9 and K: 5.3 g kg⁻¹ of dry matter) in relation to dormancy stage (N: 12.4, P: 1.1 and K: 7.5 g kg⁻¹ of dry matter) (Avilán, 1971). Quantity of fertilizers that will be used during a production cycle, is fractioned and applied before the occurrence of mentioned critical periods (Avilán *et al.*, 1993).

De igual manera, el proceso llamado anillado o constricción parece apoyar esta idea, el cual es usado para el control del flujo vascular basipetal, con la finalidad de interferir en la circulación de los compuestos que se desplazan a través del árbol mediante los haces vasculares. Éste se efectúa mediante un corte o bien aplicando una fuerte presión sobre éstos, que forza la floración del árbol de mango y por consiguiente, estimula la generación de frutos (Avilán *et al.*, 1995).

Davenport (2007) sugiere que la proteína VP está cercanamente ligada a la ruta de biosíntesis de giberelinas, debido a que inhibidores (*v. gr.* triazoles) de esta ruta retrasan el crecimiento vegetativo induciendo floración temprana en el árbol de mango.

El estudio detallado a nivel molecular del evento de floración en el árbol de mango, es una herramienta que ayudará a desarrollar alternativas biotecnológicas, que permitan adelantar o retrasar dicho evento, evitando la estacionalidad de la cosecha, la cual se genera al concentrarse la producción de mango en un periodo relativamente corto (en México de junio a julio), lo que conlleva que el exceso de oferta sature el mercado y como consecuencia desplome los precios del fruto, generando grandes pérdidas económicas a los productores (Vázquez y Pérez, 2006).

Estudios enfocados en adelantar o retrasar la floración de mango en México, se han centrado en el uso de sales de nitrato, inhibidores de la síntesis de giberelinas, aplicación de fitohormonas, en algunos casos con buenos resultados, como ha sido reportado por Salazar *et al.* (2000) logrando adelantar la cosecha en las variedades de mango “Manila” y “Ataulfo”, con la aplicación 2% de nitrato de amonio en 45 y 22 días respectivamente y en la variedad “Haden” con la aplicación 4% de nitrato de amonio en 30 días. No obstante, Davenport y Nuñez-Elisea (1991) encontraron que el nitrato de potasio es efectivo para promover la floración del mango, cuando éste es cultivado en condiciones tropicales, no así en condiciones subtropicales.

En relación a los inhibidores de la síntesis de giberelinas, se ha reportado el efecto positivo de triazoles como es el caso del (RS, 3RS)-1-(4-chlorophenyl)-4, 4-dimethyl-2-(1H-1, 2, 4-triazol-1-yl)pentan-3-ol conocido como Paclobutrazol sobre la inducción floral, como ha sido evidenciado por Ferrari y Sargent (1996), que adelantaron cuatro meses la floración en árboles tratados con 10 g de compuesto activo de Paclobutrazol en relación al tratamiento testigo. De manera similar, se ha observado el efecto inductor de la floración

Zhang *et al.* (2005); Davenport *et al.* (2006) isolated a gene called *MiCOL* (*CONSTANS-like*) from leaf of mango tree. *CONSTANS* is a gene of circadian expression in photoperiod route in *A. thaliana* (Putterill *et al.*, 2004). Due mango is not sensitive to photoperiod, role of this gene remains uncertain; likewise, there have been carried out efforts »without success« to isolate gene *FT* or orthologous responsible for synthesis of protein FP (Davenport, 2007). On the other hand, it has been concluded that protein FP, which possesses a short time of life *in situ* (6 to 10 days) is transported until a distance of 100 cm, being carried by photosynthates in phloem from donor leaves to receiving buds; this transport of FP mediated by photosynthates is supported by experiments of shading (90% and 100% of shading leaves), in which photosynthetic production stopped completely, only observing vegetative growth (even under conditions of floral induction) (Davenport, 2007).

In a same way, process called ringed or constriction seems to support this idea, which is used for control of basipetal vascular flow, with purpose of interfering in circulation of compounds that move through the tree by vascular sheaves. This is made by a cut or applying strong pressure on these, that forces flowering of mango tree and consequently, stimulates fruits generation (Avilán *et al.*, 1995).

Davenport (2007) suggests that VP protein is closely linked to route of gibberellins biosynthesis, because inhibitors (*v. gr.* triazoles) of this route delay vegetative growth inducing early flowering in mango tree.

The detailed study at molecular level of flowering event in mango tree, is a tool that will help to develop alternative biotechnologies, that allow to advance or to delay this event, avoiding crop seasonality, which is generated when concentrating mango production on a relatively short period (in Mexico from June to July), what bears that offer excess saturates the market and as consequence dropping down fruit price, generating big economic losses to producers (Vázquez and Pérez, 2006).

Studies focused in advancing or delaying mango flowering in Mexico have been focused in the use of nitrate salts, inhibitors of gibberellins synthesis, phytohormones application, in some cases with good results, as it has been reported by Salazar *et al.* (2000) being able to advance crop in mango varieties “Manila”

por la aplicación de fitohormonas, como fue reportado por Vázquez y Pérez (2006), quienes lograron un retraso en la floración (90 días) y cosecha (42 días) con dos aplicaciones de 50 mg L⁻¹ de ácido giberélico 3.

Las alternativas utilizadas actualmente para adelantar o retrasar la floración en mango, presentan inconvenientes como inconsistencia en su efecto positivo, elevados costo de producción por la adopción de estas tecnologías, problemas de contaminación ambiental y residualidad de los mismos, como ha sido evidenciado por la detección en cantidades mínimas de Paclobutrazol en el fruto, cuando se aplicó a huertas de mango en años consecutivos (Davenport y Nuñez-Elisea, 1991; Osuna-García *et al.*, 2001).

Con base a lo mencionado anteriormente, es necesario conducir estudios sobre la floración en mango a nivel molecular, que permiten entender cuáles son los mecanismos que regulan dicho evento, lo cual conlleve a generar alternativas con mayor probabilidad de éxito, evitando los problemas mencionados anteriormente de las prácticas actuales. Cabe mencionar que en México la investigación del evento de floración en mango a nivel molecular es nula.

Antracnosis

El mango como cualquier otra planta, es susceptible a enfermedades, dentro de las cuales la antracnosis, causada por el hongo *Colletotrichum gloeosporioides* Penz., es la de mayor impacto en la productividad y calidad del fruto, esta enfermedad se ha distribuido en todas las zonas productoras de mango en el mundo (Litz, 2000).

La clasificación taxonómica actual de este hongo fitopatógeno es clase: Sordariomycetes, subclase: Hypocreomycetidae, orden: Hypocreomycetidae, incertae sedis, familia: Glomerellaceae, género: Glomerella, especie: *cingulata* (NCBI, 2010).

Las especies de *Colletotrichum* sp. causantes de la antracnosis en diversos cultivos, presentan dos fases principales de nutrición durante la colonización de la planta (Figura 4): la fase inicial biotrófica, en la cual obtienen nutrientes de las células vivas del hospedero, y la segunda fase tardía, necrotrófica, donde los nutrientes se obtienen de células hospederas muertas a causa del ataque del patógeno (Bailey *et al.*, 1992).

and “Ataulfo”, with application 2% of ammonium nitrate in 45 and 22 days respectively and in the variety “Haden” with the application 4% of ammonium nitrate in 30 days. Nevertheless, Davenport and Nuñez-Elisea (1991) found that potassium nitrate is effective to promote the flowering in mango, when is cultivated under tropical conditions, but not under subtropical conditions.

In relation to inhibitors of gibberellins synthesis, positive effect of triazoles has been reported as it is the case of (RS, 3RS)-1-(4-chlorophenyl)-4, 4-dimethyl-2-(1H-1, 2, 4-triazol-1-yl) pentan-3-ol known as Paclobutrazol on floral induction, as it has been evidenced by Ferrari and Sergent (1996) that advanced flowering four months in trees treated with 10 g of active compound of Paclobutrazol in relation to control treatment. In a similar way, inductor effect of flowering has been observed by phytohormones application, as it was reported by Vázquez and Pérez (2006) who achieved a delay in flowering (90 days) and harvest (42 days) with two applications of 50 mg L⁻¹ of giberellic acid 3.

The alternatives currently used to advance or to delay flowering in mango, have inconveniences as inconsistency in their positive effect, high production cost by adopting these technologies, problems of environmental contamination and residuals of the same ones, as it has been evidenced by detection in minimum quantities of Paclobutrazol in fruit, when it was applied to mango gardens in consecutive years (Davenport and Nuñez-Elisea, 1991; Osuna-García *et al.*, 2001).

With base to that previously mentioned, is necessary to make studies on flowering in mango at molecular level that allow to understand which are the mechanisms that regulate this event, which involve to generate alternative with more probability of success, avoiding problems previously mentioned for current practices. In Mexico research about flowering event in mango at molecular level is null.

Anthrachnosis

Mango, as any other plant, is susceptible to illnesses, within which anthracnosis is found, caused by the fungi *Colletotrichum gloeosporioides* Penz., it is one with most impact in fruit productivity and quality, this illness has been distributed in all mango producing areas in the world (Litz, 2000).

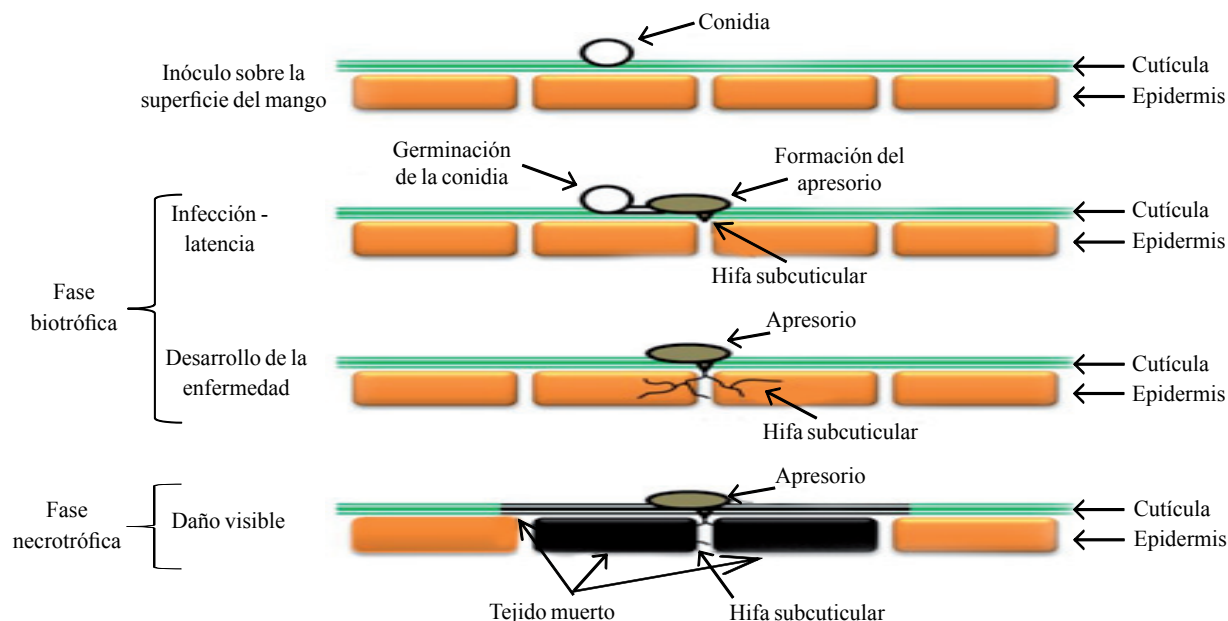


Figura 4. Fases de colonización de *C. gloeosporioides* en el fruto del árbol de mango (Bailey *et al.*, 1992).

Figure 4. Colonization phases of *C. gloeosporioides* in fruit of mango tree (Bailey *et al.*, 1992).

La fase biótrofa es de corta duración y en ésta se asegura el establecimiento del patógeno, sin daños severos en el tejido vegetal. La actividad enzimática requerida para degradar la pared vegetal está estrictamente limitada durante esta fase y la planta hospedera parece no reconocer al patógeno, en consecuencia, no se desencadenan respuestas de defensa por la planta (Perfect *et al.*, 1999). La fase necrotrófica se asocia la aparición de los síntomas de la antracnosis, ya que existe una estrecha relación entre su aparición, el incremento en la expresión enzimática para degradar la pared celular vegetal y la virulencia del patógeno (Centis *et al.*, 1997).

Esta enfermedad se presenta en todas las etapas fenológicas del cultivo y causa pérdidas considerables en la producción, tanto en precosecha como en poscosecha (Cook, 1975). Se ha reportado que la mayor concentración de esporas de *C. gloeosporioides* coincide con la mayor humedad relativa, que concuerda con la fase fenológica del crecimiento vegetativo del mango (Mena *et al.*, 1999). Las enfermedades causadas por hongos del género *Colletotrichum*, han sido encontradas en casi todos los países del mundo, ocasionando daños en varias especies de frutales y especies vegetales (Bailey *et al.*, 1992), afectando en todos los estados de desarrollo a las hojas, ramas y frutos, siendo estos últimos donde se presentan los daños más notorios, lo cual impacta negativamente la calidad del mismo (Saldarriaga *et al.*, 1997). Los síntomas

Current taxonomic classification of this fungal phytopathogen is class: Sordariomycetes, subclass: Hypocreomycetidae, order: Hypocreomycetidae, family: Glomerellaceae, gender: *Glomerella*, species: *cingulata* (NCBI, 2010).

Species of *Colletotrichum* sp. causing anthracnosis in diverse cultivations, have two main phases of nutrition during plant colonization (Figure 4): biotrophic initial phase, in which obtain nutriment from host's live cells, and second late phase, necrotrophic, where nutriment are obtained from host's cells dead due to pathogen attack (Bailey *et al.*, 1992).

Biotrophic phase is of short duration and in it is assured establishment of pathogen, without severe damages in vegetable tissue. Enzymatic activity required to degrade vegetable wall is strictly limited during this phase and host plant seems to not recognize to pathogen, in consequence, defense responses are not triggered by plant (Perfect *et al.*, 1999). Necrotrophic phase is associated to appearance of symptoms of anthracnosis, since a narrow relationship exists between its appearance, increment in enzymatic expression to degrade vegetable cellular wall and virulence of pathogen (Centis *et al.*, 1997).

This illness is presented in all phenological stages of cultivation and cause considerable losses in production, as much in preharvest as in postharvest (Cook, 1975). It has

se manifiestan con mayor frecuencia en el ápice o en los puntos en que varios frutos de una misma inflorescencia quedan en contacto, debido que allí se presenta acumulación de agua por un intervalo de tiempo mayor, favoreciendo el desarrollo inicial del hongo (Girard, 1980; Pérez, 1993).

Los síntomas de ésta enfermedad sobre hojas jóvenes se manifiestan como pequeñas manchas café-oscura, rodeadas de un halo clorótico que pueden coalescer para formar lesiones irregulares de 0.3 a 1 cm de diámetro; en muchas ocasiones, estas lesiones tienen como consecuencia el desprendimiento del tejido. En la floración los síntomas se inician como pequeñas manchas negras sobre las flores, pedúnculos, pedicelos y raquis de la inflorescencia, ocasionando la caída de flores (Espinosa *et al.*, 2004) y pudiendo afectar el porcentaje de retención de los frutos (Mendoza, 1977).

En frutos en desarrollo puede ocasionar la caída de más de 90%, cuando la enfermedad se presenta en intensidades superiores a 80%; incluso cuando alcanza niveles de daño de 40% la caída de fruto puede alcanzar magnitudes superiores al 50% ó 60% (Espinosa *et al.*, 2004).

La antracnosis impacta negativamente a la cadena de valor de mango en México, debido que el daño puede manifestarse en todas los estadios fenológicos del árbol, disminuyendo así la productividad hasta 90%, teniendo como consecuencias pérdidas económicas fuertes de los productores (Espinosa *et al.*, 2004); además en la actualidad, el uso excesivo de fungicidas químicos para el control de la antracnosis, ha conducido a fuertes problemas, tales como: contaminación ambiental, resistencia de los patógenos, residuos tóxicos en los frutos, etc. (Siddiqui, 2005; Wu *et al.*, 2009). Por lo cual, el uso de agentes de control biológico es una alternativa prometedora para la sustitución del uso de los fungicidas actuales (Michel *et al.*, 2001; Guigón y González, 2004; Verma *et al.*, 2007).

Industrialización

Aprovechamiento de los residuos de la industrialización. Según Ordoñez (2002), el valle del Cauca, Colombia, genera en el despulpado de mango entre 50% y 55% de residuos (cáscara, semilla, resto de pulpa y fibra), los cuales pueden ser utilizados como materia prima en procesos que le confieran valor agregado. El análisis proximal de éstos, de acuerdo con Mejía *et al.*, (2007) presenta las siguientes

been reported that greatest concentration in spores of *C. gloeosporioides* coincides with greatest relative humidity which is in accordance to phenological phase of vegetative growth of mango (Mena *et al.*, 1999). Illnesses caused by fungi from genus *Colletotrichum*, have been found in almost all countries of the world, causing damages in several fruit-bearing species and vegetable species (Bailey *et al.*, 1992), affecting in all development stages to leaves, branches and fruits, being these last ones where most notorious damages are presented, which impacts negatively its quality (Saldarriaga *et al.*, 1997). Symptoms are manifested with more frequency in apex or in points in which several fruits of same inflorescence are in contact, due that there is water accumulation by a greater interval of time, favoring initial development of fungus (Girard, 1980; Pérez, 1993).

Symptoms of this illness on young leaves are manifested as brown-dark small stains, surrounded of chlorotic halo that can coalesce to form irregular lesions from 0.3 to 1 cm in diameter; in many occasions, these lesions have as consequence tissue detachment. In flowering symptoms begin as small black stains on flowers, peduncles, pedicels and inflorescence rachis, causing the fall of flowers (Espinosa *et al.*, 2004) and being able to affect percentage of fruits retention (Mendoza, 1977).

In fruits in development can cause the fall of more than 90%, when illness is presented with intensities greater than 80%; even when it reaches damage levels of 40% fruit fall can reach values superior to 50% or 60% (Espinosa *et al.*, 2004).

Anthrachnosis negatively impacts to value chain of mango in Mexico, due that damage can arise in all phenological states of tree, diminishing this way productivity up to 90%, having as consequence strong economic losses for producers (Espinosa *et al.*, 2004); also actually, the excessive use chemical fungicides for anthrachnosis control, has lead to strong problems, such as: environmental contamination, pathogens resistance, toxic residuals in fruits, etc. (Siddiqui, 2005; Wu *et al.*, 2009). By this reason, use of agents of biological control is a promising alternative for substitution of use of current fungicides (Michel *et al.*, 2001; Guigón and González, 2004; Verma *et al.*, 2007).

Industrialization

Use of industrialization residuals. According to Ordoñez (2002), valley of Cauca, Colombia, generates in pulp removal of mango between 50% and 55% of

características: humedad 68.55% y materia seca 31.45%, proteína 7.03%, extracto etéreo 5.5%, cenizas 3.48%, carbohidratos 15.44% y el pH se mantiene alrededor de 4.2.

Los residuos del despulpado del mango, son una alternativa potencial para la aplicación de diversas estrategias para su aprovechamiento, como la producción de biocombustibles (bioetanol, biodiesel, etil ter-butil éter, metil ter-butil éter, biogás, etc.), que son combustibles obtenidos de una fuente biológica, de manera renovable, a partir de restos orgánicos, así como de metabolitos o microorganismos de interés agrícola, industrial, etc., mediante sistemas de cultivo convenientes para este fin (Liimatainen *et al.*, 2004; Bai *et al.*, 2008; Kaparaju *et al.*, 2009).

Couto y Sanromán (2006) sugieren que el cultivo en estado sólido, es un sistema costo-efectivo para la utilización de residuos agroindustriales, como los desechos de uva y vinería. Otro uso potencial de los residuos de industrialización del mango es la biosorción de Hg^{2+} y Cr^{3+} en la biomasa muerta de mango (*M. indica*), la cual se detectó mediante una evaluación a microescala, en relación a las concentraciones del trazador a partir de soluciones acuosas empleando la técnica de radiotrazadores (Tiwari *et al.*, 1999).

En el caso de México, no se ha reportado el porcentaje de residuos que genera la industrialización de mango fresco, probablemente sea muy similar a lo reportado en otros países; como es el caso de Colombia, aproximadamente 50% de dichos residuos presentan problemas graves de contaminación en su disposición final, debido a su alto contenido de azúcares y elevados volúmenes de generación. Actualmente, se han realizado esfuerzos en el aprovechamiento de estos residuos como alimento para ganado, preparación de pectina y fibra dietética, extracción de grasa vegetal de la semilla del mango (Fundación Produce Sinaloa, 2010) y posibles usos en procesos de elaboración de jugos, como intensificador de color y aumentar el rendimiento del proceso en la producción de harinas (Trejo-Márquez, 2010).

CONCLUSIONES

La cadena de valor de mango presenta etapas que demandan investigación científica, apoyada en conocimientos generados a través de varias generaciones por los fruticultores; dichos conocimientos además de proponer

residuals (shell, seed, remaining pulp and fiber), which can be used as raw material in adding value processes. Their proximal analysis, according to Mejía *et al.*, (2007) has following characteristics: humidity 68.55% and dry matter 31.45%, protein 7.03%, ethereal extract 5.5%, ashes 3.48%, carbohydrates 15.44% and the pH is around 4.2.

Mango pulp removal residuals are a potential alternative for application of several strategies for their use, as biofuels production (bioethanol, biodiesel, ethyl tert-butyl ether, methyl tert-butyl ether, biogas, etc.) that are fuels obtained from biological source, in a renewable way, from organic scraps, as well as of metabolites or microorganisms of agricultural, industrial interest, etc., by means of convenient cultivation systems for this purpose (Liimatainen *et al.*, 2004; Bai *et al.*, 2008; Kaparaju *et al.*, 2009).

Couto and Sanromán (2006) suggest that cultivation in solid state, is a cost-effective system for use of agroindustrial residuals, as grape waste and winery. Another potential use of industrialization residuals of mango is biosorption of Hg^{2+} and Cr^{3+} in dead biomass of mango (*M. indica*), which was detected by evaluation at microscale, in relation to concentrations of tracer starting from aqueous solutions using radiotracers technique (Tiwari *et al.*, 1999).

In case of Mexico, percentage of residuals that generates fresh mango industrialization has not been reported, being probably very similar to that reported in other countries; such as Colombia, approximately 50% of these residuals have serious problems of contamination in their final disposition, due to their high content of sugars and high generation volumes. At the moment, there have been carried out efforts in the use of these residuals as livestock food, pectin preparation and dietary fiber, extraction of vegetable fat from mango seed (Fundación Produce Sinaloa, 2010) and possible uses in juices elaboration processes as color intensifier and to increase yield of flours production process (Trejo-Márquez, 2010).

CONCLUSIONS

Value chain for mango has stages that demand scientific investigation, supported in knowledge generated through several generations by fruit farmers; this knowledge besides proposing solutions with short term application,

soluciones con aplicación a corto plazo, permitirán dilucidar los mecanismos básicos de su acción, traduciendo en soluciones cada vez más eficientes e integrales.

La floración es un punto crítico en la cadena de valor de mango en México, debido que las alternativas utilizadas actualmente para adelantar o retrasar la floración, presentan inconvenientes desde su inconsistente eficiencia en campo hasta problemas económicos y ambientales por su uso; por lo cual estudios a nivel molecular de los mecanismos que controlan el evento de floración en la especie *Mangifera indica* aunque aún permanecen inciertos, presentan una alternativa para incrementar la posibilidad de éxito de las alternativas actuales.

La antracnosis impacta fuertemente a la cadena de valor de mango, debido a las grandes pérdidas que genera en la cosecha, hasta 90%; por lo cual es indispensable el desarrollo y optimización de alternativas, que minimicen el impacto tanto de dicha enfermedad sobre la producción de mango, como el generado a la economía del productor y al ambiente, por el abuso de los fungicidas químicos utilizados actualmente.

will allow to elucidate basic mechanisms for their action, translated to more and more efficient and integral solutions.

Flowering is a critical point in value chain of mango in Mexico, due that the alternatives used at the moment to advance or to retard flowering, have inconveniences from its irregular efficiency in field up to economic and environmental problems for its use; reason why studies at molecular level of the mechanisms that control flowering event in species *Mangifera indica* although still remain uncertain, they represent an alternative to increase possibility of success of current alternatives.

Anthrachnosis strongly impacts to value chain of mango, due to big losses that generates in crop, up to 90%; reason why it is indispensable the development and optimization of alternatives that minimize impact as well of illness on mango production, as the one generated to producer's economy and environment, due to abuse of chemical fungicides currently used.

End of the English version

LITERATURA CITADA

- Avilán, R. L. 1971. Variación de los niveles de nitrógeno, fósforo, potasio y calcio en las hojas del mango (*Mangifera indica* L.) a través de un ciclo de producción. *Agronomía Tropical*. 21(1):3-10.
- Avilán, R. L.; Rengifo, C. A.; Dorantes, I. y Rodríguez, M. 1993. El cultivo del manguero en Venezuela. Manejo agronómico del mango. FONAIAP Divulga. 44 p.
- Avilán, R. L.; Rodríguez, M.; Ruiz, J. R. y Rengifo, A. C. 1995. El manguero en Venezuela. VIII Manejo de las plantas de mango. FONAIAP Divulga. 47 p.
- Bai, Z.; Jin, B.; Li, Y.; Chen, J. and Li, Z. 2008. Utilization of winery wastes for *Trichoderma viride* biocontrol agent production by solid state fermentation. *J. Environ. Sci.* 20:353-358.
- Bailey, J. A.; O'connell, R. J.; Pring, R. J. and Nash, C. 1992. *Colletotrichum*: biology, pathology and control. CAB International Wallingford.
- Bailey, L. 1941. The standard cyclopedia of horticulture. NY: McMillan and Company, 3. 11:1774-1775.
- Bernier, G.; Havelange, A.; Houssa, C.; Petitjean, A. and Lejeune, P. 1993. Physiological signals that induce flowering. *Plant cell*. 5:1147-1155.
- Blázquez, A. M. 2000. Flower development pathways. *Cell science at a glance*. 3547-3548 pp.
- Blázquez, M. A. and Weigel, D. 2000. Integration of floral inductive signals in *Arabidopsis*. *Nature*. 404:889-892.
- Bodner, C. C. and Gereau, R. E. 1988. A contribution to Bontoc ethnobotany. *Economic Botany*. 42(3):307-369.
- Centis, S. I.; Guillas, N.; Séjalón, M. T. and Esquerré, T. 1997. Endopolygalacturonase genes from *Colletotrichum*: cloning of *CLPG2* and comparison of its expression to that of *CLPG1* during saprophytic and parasitic growth of the fungus. *Molecular Plant Microbe Interactions*. 10:769-775.
- Cook, A. A. 1975. Disease of tropical and subtropical fruits and nuts. 1st Edition. Hafner Press. New York, USA. 231 p.
- Couto, S. R. and Sanromán, M. A. 2006. Application of solid-state fermentation to food industry-A review. *J. Food Eng.* 76:291-302.
- Davenport, T. and Núñez-Elisea, R. 1991. Is endogenous ethylene involved in mango floral induction. Third International Mango Symposium. *Acta Hort.* 291:85-94.

- Davenport, T. L. 2007. Reproductive physiology of mango. *Plant physiology*. 19:363-376.
- Davenport, T. L. and Núñez, R. 1997. Reproductive physiology: the mango, botany, production and uses. CAB International. 69-146 pp.
- Davenport, T. L.; Zhang, T. and Ying, Z. 2006. Isolation of potentially regulating mango flowering. Proceedings of the 33rd annual meeting of the plant growth regulation Society of America. 109-110 pp.
- Espinosa, A. J.; Arias, S. J.; Rico, P. H.; Miranda, S. M. y Chávez, C. X. 2004. Dinámica del daño y control de la antracnosis *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) en mango de Michoacán. INIFAP. Folleto técnico. Núm. 5. 1-28 pp.
- Ferrari, D. y Sargent, E. 1996. Promoción de la floración y fructificación en mango (*Mangifera indica* L.) cv. Haden, con Paclobutrazol. *Revista de la Facultad de Agronomía Maracay*. 22:9-17.
- Fundación Produce Sinaloa. 2010. Recuperado el 18 de Octubre de 2010. URL: http://www.fps.org.mx/divulgacion/index.php?option=com_content&view=article&id=413:aumente-ganancias-con-procesamiento-de-hueso-de-mango&catid=37:sinaloa-produce&Itemid=373.
- Galán, S. V. 1998. El cultivo del mango. Mundi Prensa. Madrid. 380 p.
- Girard, E. 1980. El tomate de árbol: las plagas más comunes. ICA-Informa, programa de frutales. Medellín, Colombia. 14(15):84-87.
- Guigón, C. y González, P. A. 2004. Selección de cepas nativas de *Trichoderma* spp. con actividad antagonista sobre *Phytophthora capsici* Leoniani y promotoras de crecimiento en el cultivo de Chile (*Capsicum annum* L.). *Rev. Mex. Fitopatol.* 22(1):117-124.
- IPD, A. C. 2008. Estrategia competitiva para el mango. Institución Científico-Tecnológica. 123 p.
- Kaparaju, P.; Serrano, M.; Thomsen, A. B.; Kongjan, P. and Angelidaki, I. 2009. Bioethanol, biohydrogen and biogas production from wheat straw in a biorefinery concept. *Bioresource Technology*. 100:2562-2568.
- Kardailsky, I.; Shukla, V. K.; Ahn, J. H.; Dagenais, N.; Christensen, S. K.; Nguyen, J. T.; Chory, J.; Harrison, M. J. and Weigel, D. 1999. Activation tagging of the floral inducer *FT*. *Science*. 286:1962-1965.
- Kobayashi, Y.; Kaya, H.; Goto, K. and Iwabuchi, M. A. 1999. A pair of related genes with antagonistic roles in mediating flowering signals. *Science*. 286:1960-1962.
- Lee, H.; Suh, S. S.; Park, E.; Cho, E.; Ahn, J.; Kim, S. G.; Kwon, Y. M. and Lee, I. 2000. The AGAMOUS-LIKE 20 MADS domain protein integrates floral inductive pathways in *Arabidopsis*. *Genes and Development*. 14:2366-2376.
- Liimatainen, H.; Kuokkanen, T. and Kääriäinen, J. 2004. Development of Bio-ethanol production from waste potatoes. In: Pongrácz, E. (ed.). Proceedings of the waste minimization and resources use optimization conference, June 10th 2004, University of Oulu, Finland. Oulu University Press: Oulu. 123-129 p.
- Litz, R. E. 2000. World mango breeding problems and perspectives: a biotechnology overview. Symposium mango. 1-7 p.
- Liu, C.; Thong, Z. and Yu, H. 2009. Coming into bloom: the specification of floral meristems. *Development*. 136:3379-3391.
- Mejía, G. L.; Martínez, C. H.; Betancourt, G. J. y Castrillón, C. C. 2007. Aprovechamiento del residuo agroindustrial del mango común (*Mangifera indica* L.) en la obtención de azúcares fermentables. *Ingeniería y Ciencia*. 41-62 pp.
- Mena, N. G.; Nieto, A. D.; Noriega, C. D.; Mora, A. D. y Cárdenas, S. E. 1999. Epidemiología y control de la antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz) en mango. Colegio de Postgraduados.
- Mendoza, W. S. 1977. Preharvest anthracnose control in mango. *Philippine Phytopathology*. 13:50-53.
- Michel, A. A.; Rebolledo, O.; Lezama, R.; Ochoa, M.; Mesina, J. C. y Samuels, G. J. 2001. Especies de *Trichoderma* en suelos cultivados con mango afectado por "escoba de bruja" y su potencial inhibitorio sobre *Fusarium oxysporum* y *F. subglutinans*. *Rev. Mex. Fitopatol.* 19(2):154-160.
- National Center for Biotechnology Information (NCBI) 2010. Recuperado el 18 de Octubre de 2010. URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/Taxonomy/Browser/wwwtax.cgi?id=474922>.
- Nilsson, O.; Lee, I. and Blazquez, M. A. 1998. Flowering-time genes modulate the response to *LEAFY* activity. *Genetics*. 150:403-410.
- Núñez, R.; Davenport, T. L. and Caldeira, M. L. 1996. Control of bud morphogenesis in mango by girdling, defoliation and temperature modification. *J. Hortic. Sci.* 71:25-40.
- Opeke, L. K. 1982. Tropical tree crops. John Wiley and Sons. Chichester, UK. 312 p.

- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 2006. Recuperado el 11 de 06 de 2008. FAOSTAT. URL: <http://faostat.fao.org/>.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 2007. Recuperado el 11 de 06 de 2008. FAOSTAT URL: <http://faostat.fao.org/>.
- Osuna-García, J. A.; Báez-Sañudo, R.; Medina-Urrutia, V. M. y Chávez-Contreras, X. 2001. Residualidad de paclobutrazol en frutos de mango (*Mangifera indica* L.) 'tommy atkins'. Revista Chapingo. Serie Horticultura. 7(2):275-282.
- Pérez, L. 1993. Enfermedades de las plantas. Medellín: Lealon. 46-51 pp.
- Perfect, S. E.; Hughes, H. B.; O'connell, R. J. and Green, J. R. 1999. Colletotrichum: a model genus for studies on pathology and fungal-plant interactions. Fungal Genetics and Biology. 27:186-198.
- Putterill, J.; Laurie, R. and Macknight, R. 2004. It's time to flower the genetic control of flowering time. Bioassays. 26:363-373.
- Reece, P. C.; Furr, J. R. and Cooper, W. C. 1949. Further studies of floral induction in the Haden mango (*Mangifera indica* L.). Am. J. Botany. 36:734-740.
- Rolland, F.; Baena, E. and Sheen, J. 2006. Sugar sensing and signaling in plants: conserved and novel mechanisms. The Annual Review of Plant Biology. 675-709 pp.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) 2007. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Recuperado el 11 de 06 de 2008. URL: <http://www.siap.gob.mx/>.
- Salazar, S.; Pérez, M. H. y Vázquez, V. 2000. Effect of ammonium nitrate spray on flowering and harvest time of "Manila", "Ataulfo" and "Tommy Atkins" mango in Nayarit Mexico. Acta Hort. 509:573-580.
- Saldarriaga, A.; Bernal, J. y Tamayo, P. 1997. Enfermedades del cultivo del tomate de árbol en Antioquia: guía de reconocimiento y control. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica) C. I. La Selva, Rionegro (Antioquia). Boletín técnico. 8-10 pp.
- Samach, A.; Onouchi, H.; Gold, S.; Ditta, G.; Schwarz, Z.; Yanofsky, M. F. and Coupland, G. 2000. Distinct role of *CONSTANS* target genes in reproductive development of *Arabidopsis*. Science. 288:1613-1616.
- Siddiqui, Z. A. 2005. PGPR: biocontrol and biofertilization. Springer. 111-142 pp.
- Tiwari, D.; Shuddhodan, P. M.; Manisha, M. and Dubey, R. S. 1999. Biosorptive behaviour of mango (*Mangifera indica*) and Neem (*Azadirachta indica*) bark for Hg^{2+} , Cr^{3+} and Cd^{2+} toxic ions from aqueous solutions: a radiotracer study. Applied Radiation and Isotopes. 50(4):631-642.
- Trejo-Márquez, M. A. 2010. Piel de mango, hueso de chocolate. Hypatia. Revista de Divulgación Científico-Tecnológica del Estado de Morelos. 1-2 pp.
- Vázquez, V. y Pérez, M. 2006. Dosis y épocas de aplicación de ácido giberélico en la floración y cosecha del mango "Ataulfo". Rev. Fitotéc. Mex. 29(3):197-202.
- Verma, M.; Satinder, K. B.; Tyagi, R. D.; Surampalli, R. Y. and Valéro, J. R. 2007. Antagonistic fungi, *Trichoderma* spp. panoply of biological control. Biochem. Eng. J. 37:1-20.
- Wu, C. H.; Bernard, S. M.; Andersen, G. L. and Chen, W. 2009. Developing microbe-plant interactions for applications in plant-growth promotion and disease control, production of useful compounds, remediation and carbon sequestration. Microbial Biotechnology. 1-13 pp.
- Zhang, T.; Ying, Z. and Davenport, T. L. 2005. Isolation and characterization of a *CONSTANS-like* gene in mango. Biol. Plant. 151-158 pp.