

**FENOLOGÍA DEL CULTIVO DEL
MANGO (*Mangifera indica* L.)
EN EL ALTO Y BAJO
MAGDALENA**

Bases conceptuales para su manipulación

Jairo García Lozano I.A. MSc. cPh.D.

Centro de Investigación Nataima,
Espinal - Tolima
2010

García Lozano, Jairo / Fenología del cultivo de mango (*Mangifera indica* L.) en el Alto y Bajo Magdalena: bases conceptuales para su manipulación. Colombia. Corpoica. 2011. xx p.

Palabras clave: INICIACIÓN FLORAL, INDUCCIÓN FLORAL, FENOLOGÍA, REGULADORES DE CRECIMIENTO, FLORACIÓN, PODA.

Equipo de apoyo:

Gilberto de Jesús Gómez B. I.A. Responsable del proyecto Región Caribe. Corpoica E.E. Caribía
Jenny Paola Corredor. Joven Investigadora Corpoica-Colciencias
José Arboney Guzmán. A.I. Corpoica C.I. Nataima
Gentil García O. C. Corpoica C.I. Nataima
Luis E. Ortigón. A.I. Corpoica C.I. Nataima
Edinson Castro. A.I. Corpoica E.E. Caribía
Handry Betancourt. Estudiante en pasantía Corpoica C.I. Nataima
Daniel Augusto Prada Castaño. Estudiante en pasantía Corpoica C.I. Nataima
William Valcarcel. Estudiante de tesis Corpoica C.I. Nataima
Mauricio Gamboa. Estudiante en pasantía Corpoica C.I. Nataima
Fraide Atehortúa Hernández. Estudiante en pasantía Corpoica E.E. Caribía
Yhon Trujillo Velasco. Contratista Corpoica E.E. Caribía



© Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica
C.I. Nataima

ISBN: 978-958-740-073-1

CA: PR06100144

CUI: 1296

Primera edición: Diciembre de 2011

Tiraje: 500 ejemplares

Línea de atención al cliente: 018000121515

atencionalcliente@corpoica.org.co

www.corpoica.org.co

Producción editorial:

Diagramación, impresión y encuadernación



www.produmédios.org

Diseño gráfico:  Dannhite

Impreso en Colombia

Printed in Colombia

Agradecimientos

Los autores agradecen el financiamiento otorgado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) y los recursos asignados por el Fondo Nacional de Fomento Hortifrutícola administrados por la Asociación Hortifrutícola de Colombia (Asohofrucol) para el desarrollo de esta investigación en el marco del proyecto *“Estudio de la fenología e iniciación floral en cinco cultivares de mango (Mangifera indica), su relación con el estado hídrico de la planta y la estacionalidad de cosechas en el Alto Magdalena y el Caribe seco colombiano”*.

Además, un agradecimiento a la valiosa participación de la Unidad Técnica de la Secretaría de Agricultura de Anapoima, la Cooperativa de Fruticultores de Anapoima (Coofrutana), la empresa agrícola Caimital y al CPGA Corpijaos y muy especialmente a los productores Maribel Uribe Mape, Dolores Muñoz y Jaime Moreno, quienes permitieron el ingreso a sus fincas y facilitaron la captura de información en campo.

Para mayor información contactar al siguiente personal de Corpoica:

Jairo García Lozano
jgarcia@corpoica.org.co
C.I. Nataima



Contenido

RESUMEN	7
INTRODUCCIÓN	9
1. COMPORTAMIENTO VEGETATIVO Y REPRODUCTIVO DEL MANGO	11
1.1 INICIACIÓN E INDUCCIÓN FLORAL	13
2. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA FENOLOGÍA DEL MANGO	16
2.1 FACTORES AMBIENTALES	17
2.1.1 Temperatura	17
2.1.2 Los períodos de sequía	18
2.1.3 El papel de la luz	22
2.2 FACTORES INTERNOS DE LA PLANTA	22
2.2.1 Giberilinas (GAx)	22
2.2.2 Auxinas y citoquininas	23
2.2.3 Etileno	23
3. ESCALA FENOLÓGICA	24
3.1 ESTADIO 0: DESARROLLO DE LAS YEMAS	25
3.2 ESTADIO 1: DESARROLLO DE HOJAS EN BROTES VEGETATIVOS	27
3.3 ESTADIO 3: DESARROLLO DE LOS BROTES VEGETATIVOS	28
3.4 ESTADIO 5: APARICIÓN DEL ÓRGANO FLORAL	29
3.5 ESTADIO 6: FLORACIÓN	30
3.6 ESTADIO 7: DESARROLLO DEL FRUTO	31
4. DESCRIPCIÓN CLIMÁTICA DE LAS REGIONES PRODUCTORAS DE MANGO EN COLOMBIA	33
4.1 COMPORTAMIENTO CLIMÁTICO ANUAL	34
4.1.1 Temperatura	34
4.1.2 Precipitación	37

4.2 COMPORTAMIENTO CLIMÁTICO INTERANUAL	40
4.3 DISPONIBILIDAD HÍDRICA	42
5. CARTAS FENOLÓGICAS POR ZONA PRODUCTORA	46
5.1 TOLIMA	46
5.2 CUNDINAMARCA	49
5.2.1 Parte Baja (700 msnm)	49
5.2.2 Parte Alta (1.000 msnm)	50
5.3 REGIÓN CARIBE (MAGDALENA)	52
6. MODELOS DE FLORACIÓN EN MANGO	53
6.1 MODELOS FUNDAMENTADOS EN LA DISTRIBUCIÓN DE CARBOHIDRATOS	54
6.2 MODELOS FUNDAMENTADOS EN EL COMPORTAMIENTO HORMONAL	56
7. MANIPULACIÓN DE LA INDUCCIÓN FLORAL	60
7.1 USO DE LA PODA	61
7.2 USO DE RETARDANTES DE CRECIMIENTO	65
7.3 USO DE MADURANTES	68
7.4 USO DE INICIADORES DE CRECIMIENTO	69
7.5 USO DE REGULADORES DE CRECIMIENTO	70
8. CONCLUSIONES	71
9. BIBLIOGRAFÍA	73

Resumen

La oferta ambiental del territorio (temperatura, precipitación y radiación), así como el estado hídrico y nutricional del suelo, actúan de manera diferencial sobre los eventos de desarrollo y crecimiento del mango, especialmente sobre el proceso de floración. En Colombia la floración en este cultivo se presenta de manera importante en épocas diferenciadas, que le confieren la característica particular de ser una fruta de producción estacional asociada principalmente a la alternancia de períodos de lluvias y verano. En el presente documento se hace una revisión amplia sobre el evento de floración en el cultivo del mango, y según los resultados del proyecto *“Estudio de la fenología e iniciación floral en cinco cultivares de mango (Mangifera indica), su relación con el estado hídrico de la planta y la estacionalidad de cosechas en el Alto Magdalena y el Caribe seco colombiano”* se analiza el comportamiento fenológico en condiciones del trópico ecuatorial. Se plantea inicialmente la complejidad de la etapa reproductiva en los árboles y de manera paralela, el efecto dominante de las características del medio ambiente sobre la *alternancia de los estadios vegetativo/reproductivo* y su relación con la morfogénesis floral.

Así mismo, se presentan los resultados de los diferentes estadios fenológicos por los que atraviesa un árbol adulto en producción y del comportamiento fenológico en las zonas productoras de mango entre 0 y 960 msnm. A partir de diversos modelos conceptuales que explican el proceso de floración en este cultivo, se discute el papel que desempeñan las condiciones ambientales y endógenas del árbol para implementar un programa de manipulación de la floración. Con base en dichos modelos, en la experiencia de productores y en resultados pre-

liminares en el uso de productos químicos para promover la floración, se plantea la hipótesis de que en el trópico es posible obtener producciones fuera de época, eso sí, mediante la manipulación floral, evitando la cosecha en épocas de alta precipitación. Por otra parte, se enfatiza en la necesidad de manejar árboles de menor porte que faciliten su manejo agronómico y cosecha. Para el uso eficiente y correcto de los métodos físicos y químicos de estimulación floral se propone, como condición previa, la *sincronización del árbol*, la que consiste en *homogeneizar la fenología en toda la copa del árbol* mediante la poda suave de los terminales vegetativos y la eliminación de estructuras reproductivas; la fecha de la poda de sincronización definiría la época de producción y la necesidad de riego suplementario.

Introducción

Se le llama fenología a las manifestaciones visibles del desarrollo, crecimiento y reproducción, resultado de los diferentes procesos fisiológicos que tienen lugar en las plantas. La fenología está controlada en su mayor parte por las condiciones climatológicas (temperatura, precipitación, luz y humedad). Para la agricultura se considera de gran importancia, porque mediante observaciones fenológicas se puede llegar a conocer la '*adaptabilidad*' de los diferentes materiales genéticos a una región en particular. El conocimiento del comportamiento fenológico es importante para el manejo agronómico de las plantas, pues al identificar los diferentes estadios principales y secundarios se puede llegar a conocer su comportamiento reproductivo y productivo.

El proceso de floración es quizás el estadio más significativo de estos estudios fenológicos y se ha investigado a diversos niveles de complejidad, como son los aspectos morfológicos y estructurales en la planta, la regulación hormonal y en los últimos años mediante el uso de las técnicas moleculares, el estudio de los genes que regulan las diferentes etapas del proceso (modelo de regulación de la transición floral en *Arabidopsis*). Además de ello, se considera el estudio de los factores bajo los cuales se puede estimular la floración; dentro de ellos los más estudiados son: el fotoperíodo, el papel de las bajas temperaturas (vernalización), el déficit hídrico y las diversas interacciones que se puedan presentar (Verheul *et al.*, 2007). *La floración ha sido estudiada ampliamente en especies subtropicales, donde el efecto del fotoperíodo y la vernalización es muy marcado*; de hecho, todos los avances que se vienen presentando a nivel molecular se fundamentan en los requerimientos fotoperiódicos de las especies. A nivel hormonal se han estudiado las giberilinas, las auxinas, las citoquininas y el etileno, y en menor proporción el papel de las poliaminas y los carbohidratos. Sin lugar a dudas, a partir del avance en las técnicas de análisis molecular el estudio e identificación de los genes que regulan la floración en *Arabidopsis* y *Anthirium* han permitido avances notables para comprender la relación ambiente-fito-hormonas-genes, que explican el desarrollo vegetativo y reproductivo con el fin de aplicar sus resultados en plantas de interés para el hombre (Imaizumi y Kay, 2006; Izawa, 2007).

La fotoperiodicidad empezó a ser estudiada en los años 30. Muchos aspectos del comportamiento de las plantas muestran ritmos diarios, como el movimiento de las

hojas para optimizar su exposición a la luz solar o la apertura y cierre de los estomas para reducir la pérdida de agua durante el día. Esos comportamientos están controlados por el reloj circadiano, un reloj interno que completa su ciclo en 24 horas. Inicialmente se propuso que este podría también controlar la fotoperiodicidad y que un ritmo generado por dicho reloj controlaría la floración, siendo igualmente sensible a la luz para que ocurriera solo durante días largos y no cortos. Esta hipótesis se ha extendido últimamente gracias al aislamiento de los genes que controlan la floración. Actualmente se dispone del genoma completo de la planta *Arabidopsis thaliana*, con un catálogo de 25.000 genes que controlan la vida vegetal. Uno de estos genes, el *Constans*, está controlado por el reloj circadiano, de manera que la cantidad de ARN mensajero se eleva unas 12 horas después del amanecer y permanece alto durante la noche; este patrón de expresión causa que el gen se exprese cuando la planta está expuesta a la luz en días largos. Por ende, si la proteína *Constans* activa de alguna forma la floración solo cuando las plantas están expuestas a la luz, esto explicaría por qué la floración ocurre únicamente en días largos, dando un paso en la búsqueda de la sustancia promotora de la floración (Valverde *et al.*, 2004).

En mango los estudios de la floración se vienen realizando hace más de 40 años, siendo motivados por los desórdenes de la floración en la región subtropical y tropical, los que se le atribuyen a alteraciones en la inducción floral que llevan a la reducción del rendimiento del cultivo dada por el bajo número final de frutos. Los modelos propuestos se fundamentan en el patrón de crecimiento del árbol y en la regulación endógena de las fitohormonas como respuesta al ambiente circundante.

Para obtener buenas producciones en condiciones tropicales, es necesario balancear o equilibrar el proceso vegetativo y el reproductivo a partir del conocimiento claro de su fenología o patrón anual del crecimiento, en respuesta a las condiciones ambientales. Para ello, además del tipo de patrón utilizado, la variedad (copa), el manejo de la planta, el riego y la fertilización, se deben usar adicionalmente técnicas alternas que incrementen los procesos de floración y fructificación (Whiley, 1993 y FONAIAP, 1998).

A pesar de que la manipulación de la floración ha sido ampliamente estudiada en regiones subtropicales, en nuestro país en la práctica no se tienen recomendaciones precisas en cuanto al método, producto, dosificación y época de aplicación para tratar de inducir y concentrar la floración en las diferentes variedades de mango, debido principalmente a la presencia de diversas etapas fenológicas en un mismo árbol (Figura 1).

La respuesta errática obtenida en las diferentes experiencias realizadas para inducir la floración (Miranda, 1997) bajo estas circunstancias del árbol, indican que las condiciones ambientales y el estado fenológico de este afectan de manera fundamental la floración en mango (Davenport y Núñez-Elisea, 1991).

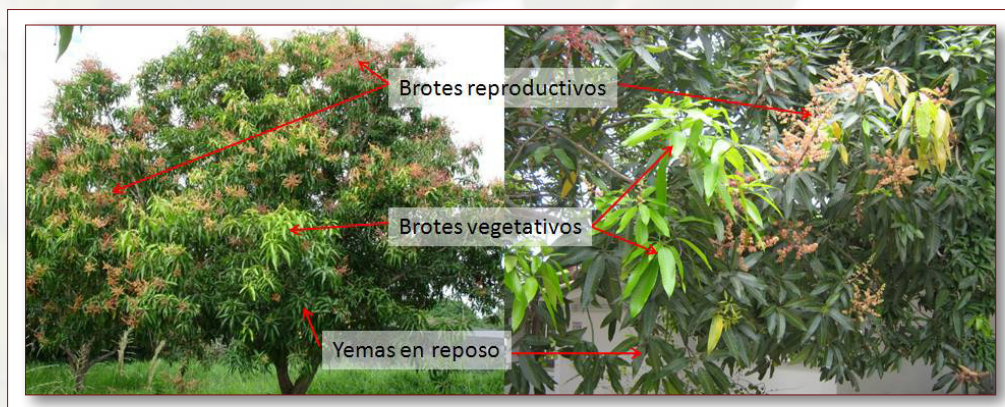


Figura 1. Floración errática en mango: presencia simultánea de diversos estados fenológicos (vegetativos, reproductivos y de reposo en un mismo árbol) (García, 2007)

1. Comportamiento vegetativo y reproductivo del mango

De acuerdo con lo expuesto por Borchert (1983), al trabajar con especies arbóreas en el trópico es necesario considerar que su comportamiento es más complejo, debido a la continua relación entre estructura del árbol, desarrollo vegetativo y floración. Son aspectos importantes la posición de las diferentes ramas en la copa del árbol, la repetición cíclica del crecimiento vegetativo y reproductivo, así como el control del desarrollo floral. Estos eventos son mucho más complejos que en las plantas herbáceas o anuales. Son de igual forma importantes los períodos de letargo o de crecimiento lento, que están a su vez controlados por factores endógenos en respuesta a cambios particulares en el ambiente. El frío y la sequía son condiciones naturales que disminuyen el crecimiento vegetativo del árbol en condiciones de clima subtropical y tropical, respectivamente. Los procesos naturales de floración en muchas especies de frutales leñosos casi siempre están asociados con la inhibición del crecimiento vegetativo en función de la edad (ontogenia) y del estado nutricional de la planta.

El mango pertenece a un grupo de plantas donde se observa un antagonismo entre el vigor vegetativo y la intensidad de la floración, de manera tal que todo factor que reduzca el vigor vegetativo sin alterar la actividad metabólica favore-

ce la floración (Avilán, 1990). Según lo expuesto por diversos autores, la iniciación floral del cultivo de mango es el resultado de una serie de interacciones complejas influenciadas por las condiciones ambientales que se presentan en la etapa de desarrollo de los brotes; para ello, diversos modelos fenológicos y fisiológicos se han propuesto con el fin de explicar el crecimiento vegetativo y reproductivo de esta especie (Chacko, 1991; Kulkarni, 2004; Davenport, 1993, 1997, & 2006).

De acuerdo con Issarakraisila *et al.* (1991) y Chacko (1991), el crecimiento del árbol de mango tiende a ser periódico debido a que el desarrollo de los brotes se da en etapas alternadas con períodos de reposo, cada una de las cuales se conoce como *flujo de crecimiento o unidad intercalar* (Figura 2). Así, cada flujo es el período de crecimiento y cada nudo el reposo.



Figura 2. Ilustración de los flujos de crecimiento que se presentan en las diversas ramas durante el desarrollo de un árbol de mango (Adaptado por García, 2007).

Entre las etapas de los diversos flujos intercalares de crecimiento, las yemas apicales (A) y axilares (B) del brote están dormantes. La rama resultante contendrá –además de los meristemos terminales– una serie de meristemos laterales preformados, no diferenciados (Figura 3). El crecimiento y diferenciación de estas yemas puede ser estimulado por la defoliación de las puntas de los brotes, por la poda y por la aplicación de compuestos nitrogenados, o por retardantes de crecimiento (Davenport y Núñez-Elisea, 1991).



Para que la yema se active después de un período de reposo, ya sea para obtener un nuevo flujo vegetativo o para generar un brote reproductivo, se deben dar dos procesos: *iniciación* e *inducción*, que en el mango se presentan de manera secuencial.

El primero se refiere al *reinicio en la actividad celular de la yema*, y el segundo a la *condición temporal de la yema para generar un tipo particular del brote vía diferenciación y morfogénesis celular, de células en división celular*. La floración solo sucede si la yema receptora que está en estado dormante se vuelve activa, es decir, si se da el proceso de *iniciación* (Kulkarni, 2004). La *inducción* está regulada por diferentes señales, principalmente ambientales, que afectan la relación o balance entre sustancias inhibidoras (en hojas jóvenes) y sustancias promotoras (en hojas maduras) que pueden favorecer el desarrollo vegetativo o reproductivo del brote terminal, según predomine una de ellas. Una vez comprendidos y conocidos estos procesos de *iniciación* e *inducción* para cada región en particular, pueden ser manipulados por medios físicos o químicos, por ejemplo, la poda de flujos de crecimiento apicales o de ramas fisiológicamente maduras que pueden estimular el rompimiento del brote en ramas apicales y laterales, respectivamente (Davenport y Núñez-Elisea, 1997; Ramírez *et al.*, 2010b). Finalmente, el nivel de *estímulo floral* determina una respuesta. El destino último del brote será *vegetativo*, si predominan los niveles del *promotor vegetativo* (giberilinas); *reproductivo*, si por la edad y madurez los contenidos son menores y *mixto*, si las condiciones ambientales varían dentro del período de iniciación, afectando la *proporción* del promotor vegetativo y del promotor floral (Figura 4).

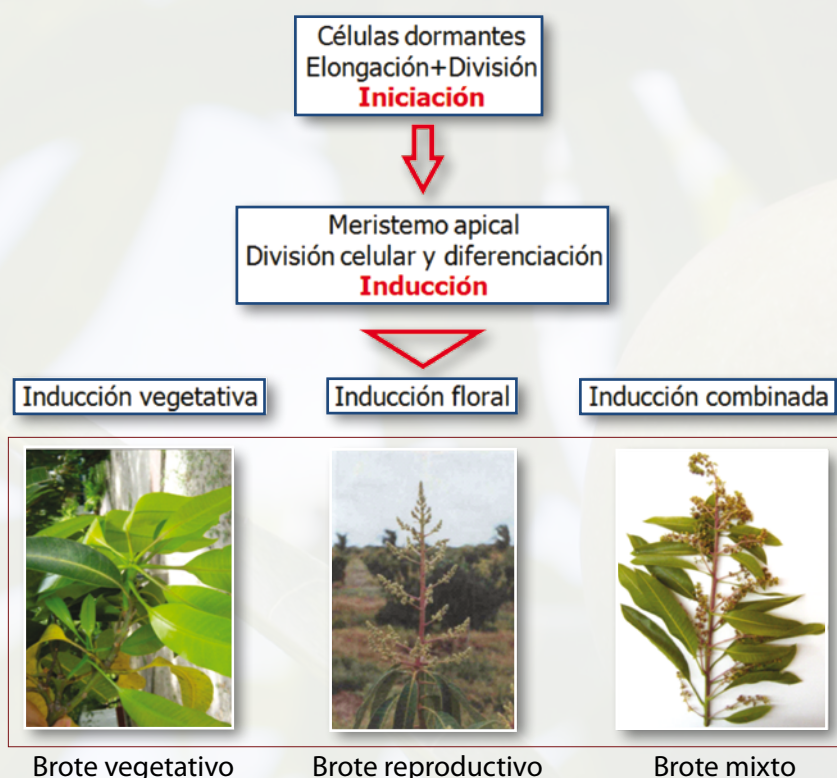


Figura 4. Ilustración de los procesos de iniciación e inducción que determina el destino final de una yema o brote terminal en mango (adaptado por García, 2007).

Osuna *et al.* (2000) reportan en condiciones de campo la presencia de un período de letargo de 2 meses, tiempo en el que se presenta la iniciación floral de yemas; dicho período coincide con la mayor frecuencia de días con temperaturas menores de 20 °C. Los autores estimaron el tiempo de diferenciación floral entre 30 y 45 días. Así mismo plantean, con base en estos resultados, que para cada variedad en un determinado clima se debería estudiar el desarrollo de las yemas mediante cortes o disección con la finalidad de ubicar la iniciación floral ante cambios de temperatura para mejorar las labores de manejo de huertos mediante el uso de compuestos químicos. Adicionalmente, según observaciones anatómicas, establecieron una escala morfológica para el desarrollo de las yemas vegetativas compuesta por siete estadios.

El primer síntoma de inducción corresponde a un aplanamiento del ápice meristemático, al cual le sigue una fase que se caracteriza por la aparición de los primordios de sépalos, período en el que el ápice adquiere una forma convexa. Las etapas posteriores del proceso morfogenético son la diferenciación de los últimos primordios de pétalos, estambres y por último el carpelo (Lobos y Yuri, 2005). En la Figura 5 se ilustran algunos de los cambios morfológicos en el ápice de un meristemo de mango.



Figura 5. Ilustración de la reactivación de una yema en reposo A) Iniciación B) Inducción C) Mango Keitt. Corpoica C.I. Nataima, 2009.

Las condiciones climáticas del trópico son poco favorables para la inducción floral del mango, ya que se requiere de la ocurrencia de un determinado número de días con temperaturas nocturnas entre 15 a 18 °C que ralentizan el crecimiento en el subtrópico y favorecen la producción de sustancias promotoras de la floración. En el trópico se requiere de la detención del crecimiento y esto principalmente es atribuido a la sequía; sin embargo, adicionalmente se requiere de condiciones particulares del estado ontogénico y nutricional del brote (madurez y edad). La inducción floral pareciera requerir de cierta madurez de la planta, madurez que está relacionada con el equilibrio endógeno que se presenta cuando el árbol alcanza un estadio en el cual hay un balance a favor entre promotores de crecimiento o inhibidores de la floración (auxinas y giberilinas) y promotores de la floración (citoquininas), además de un factor de floración desconocido (Núñez-Elisea, 1992; Davenport y

Núñez-Elisea, 1997). En esta etapa los productos de la fotosíntesis son acumulados como sustancias de reserva, necesarias para reanudar el crecimiento (*iniciación*) y formación de nuevas estructuras vegetativas o reproductivas (*inducción*).

Por estas razones, según Whiley (1993) se ha estudiado en diversas partes del mundo la utilización de productos químicos que puedan alterar los procesos de iniciación e inducción, encontrándose que es posible adelantar y concentrar la floración con productos como el nitrato de potasio (Mosqueda-Vásquez y De Los Santos, 1981; Núñez-Elisea, 1985; Guerrero, 1990 y Goguey, 1993), nitrato de calcio y el nitrato de amonio (Núñez-Elisea y Caldeira, 1992), etephon (Davenport y Núñez-Elisea, 1991) y paclobutrazol (Tongumpai *et al.*, 1997; Burondkar y Gunjate, 1993). La razón principal de su uso en cada caso es: interferir en la síntesis de giberilina, la cual es considerada como el promotor de crecimiento o inhibidor floral (Kulkarni, 2004; Davenport y Núñez-Elisea, 1997; Davenport, 2006), acelerar la maduración de brotes nuevos o promover la iniciación de brotes en reposo pero ya maduros.

2. Factores que influyen en la fenología del mango

La ley bioclimática (establecida en 1918 por Andrew Hopkins y ampliada en 1938) sugiere el uso de las observaciones fenológicas en lugar de las meteorológicas, ya que en ellas se integran los factores edáficos y los efectos del microclima durante el desarrollo de las plantas. Estos estudios del clima con base en la fenología de las plantas tienen grandes desarrollos en la región subtropical, quizás porque el ambiente climático del subtrópico es más marcado en cuanto a eventos estacionales donde la temperatura es el factor que condiciona la dinámica del crecimiento y desarrollo en las plantas. En la actualidad se dispone de avances importantes en el papel de los factores climáticos, edáficos y biológicos involucrados en la duración del ciclo biológico y producción de los cultivos anuales o de ciclo corto, donde los modelos basados en el *tiempo térmico* han logrado dilucidar los eventos fenológicos y la aparición de estadios de desarrollo o aparición de insectos plaga. En cultivos anuales se ha logrado demostrar que el ciclo biológico cambia con el genotipo y con los factores del clima, lo que puede afectar incluso el rendimiento; no obstante, para las especies frutales arbóreas en condiciones de trópico-ecuatorial el avance no es muy significativo. En el trópico, y más aún en la particular posición de Colombia en la zona ecuatorial, es necesario definir los ritmos fenológicos de los árboles frutales y las condiciones climáticas que los gobiernan.

2.1 FACTORES AMBIENTALES

Samson (1991) manifiesta que el ambiente ideal para el mango va del subhúmedo ecuatorial al subárido subtropical, siempre y cuando exista una marcada estación seca; igualmente considera que la región ecuatorial no es muy apropiada para el mango, porque los períodos de sequía son muy cortos y si se presenta la floración esta podría ser afectada por la lluvia. *En áreas secas la floración debe darse en época seca y el amarre de los frutos antes de las lluvias.* Este mismo autor opina que en las regiones tropicales un período seco de tres meses o más tiene el mismo efecto que tiene el período de reposo en otoño e invierno de las zonas subtropicales, puesto que las yemas apicales requieren al menos de 2 meses de latencia antes de que puedan diferenciarse en yemas florales. De la misma manera plantea que la inducción floral y la floración en el subtrópico son estacionales, y en los trópicos se puede presentar en cualquier momento del año. *Esto aparentemente, puede hacer más confuso el verdadero papel de la temperatura y la sequía en condiciones tropicales.*

Se plantea así en este documento que el comportamiento fenológico del mango en las zonas productoras de nuestro país estará influenciado por el manejo dado a los árboles en los huertos, por la variedad y por la variabilidad en el clima. *El conocer la modulación de los estadios fenológicos frente al clima será una herramienta que en el futuro podría determinar la programación de épocas de cosecha para cada zona.*

2.1.1 Temperatura

Muchos trabajos han demostrado el efecto de la temperatura en la floración del mango. Shu y Sheen (1987), citados por Albuquerque *et al.* (2000), observaron que las yemas axilares de la variedad Haden, bajo temperaturas de 19 °C día/13 °C noche y 25 °C día/19 °C noche, tuvieron un desarrollo floral del 87 y 60% respectivamente; a su vez, cuando la relación temperatura diurna/nocturna fue 31 °C/25 °C se obtuvo de las yemas solamente brotes vegetativos. Los autores observaron además un aumento de 18 a 100% de yemas florales cuando las plantas fueron transferidas de temperaturas de 31 °C/25 °C, seguidas de una a tres semanas a 19 °C/13 °C.

En condiciones tropicales de baja latitud, con temperaturas por encima de 25 °C y alta humedad atmosférica, otros factores como edad de la rama y época de brotación se convierten en componentes importantes en la definición de un brote vegetativo o floral (Albuquerque, 2000). Si una planta es expuesta a temperaturas altas (30 °C día/25 °C noche) en la época de iniciación del brote, el crecimiento da origen a brotes vegetativos; de otra parte, si las condiciones climáticas presentan temperaturas diurnas de 18 °C y nocturnas de 10 °C, los brotes producidos son generativos. Cuando la temperatura del aire presenta valores dentro de este intervalo y no se realizan podas, la floración puede llevar varios meses para que se presente. Los brotes vegetativos o generativos se presentan de acuerdo con

las condiciones climáticas presentes en el momento de la iniciación (Davenport y Núñez-Elisea, 1997).

Las evidencias indican que la inducción está orientada por la interacción de un estímulo floral de baja temperatura y un inhibidor floral (posiblemente una giberilina) regulado por la edad de las hojas y brotes en el momento de iniciación. Este estímulo parece estar ubicado en las hojas y es transportado a los brotes, probablemente por medio del floema (Núñez-Elisea, Davenport, 1989; Núñez-Elisea *et al.*, 1995). La floración de mango en las zonas tropicales que no tienen temperaturas nocturnas frías solo ocurre cuando los brotes alcanzan determinada edad. En cuanto a la floración en ramas jóvenes que contienen mayores niveles de inhibidores florales, esta solo es posible si en el período de iniciación del brote se presentan las temperaturas bajas necesarias para la inducción floral (Núñez-Elisea y Davenport, 1995).

Considerando que la señal inductiva en mango puede estar presente antes de la iniciación de la yema, esta señal deberá estar todavía presente en la época de inducción de la misma, cuando se presenta la floración. Sumado a esto, la señal inductiva puede ser cambiada de reproductiva (R) a vegetativa (V) o viceversa por la alteración de las temperaturas en el subtrópico, en el momento en que las plantas están expuestas al inicio del desarrollo del brote. Si la señal es débil (temperaturas nocturnas mayores de 20 °C) se producen brotes de transición reproductiva a vegetativa (R-V) y si la señal se torna más fuertemente inductora (temperaturas nocturnas menores de 12 °C) se producen brotes de transición vegetativa a reproductiva (V-R); es decir, la transferencia de plantas de una condición de temperatura a otra, durante el inicio de rompimiento de las yemas, resulta en la formación de una alta proporción de brotes de transición V-R o R-V, dependiendo de la secuencia de cambio de temperatura.

Avilán *et al.* (2003) encontraron, al evaluar diversos métodos de podas con el uso de reguladores de crecimiento en los cultivares Haden, Tommy Atkins, Springfield y Edward estudiados durante cuatro ciclos de producción, que el inicio de la floración está asociado al incremento del número de días con temperaturas nocturnas iguales e inferiores a 20 °C así como al cultivar, cada cual presentó requerimientos variables con relación al número acumulado de días con esta condición. El efecto de la poda independiente de la intensidad y del cultivar retardó el inicio de floración. La ausencia de lluvia o período seco, previa al inicio de floración, tuvo un mayor efecto, y de hecho detuvo el crecimiento vegetativo permitiendo la maduración de las hojas.

2.1.2 Los períodos de sequía

En el punto anterior se expuso el papel de las bajas temperaturas (< 15 -18 °C) en la inducción floral del mango en el subtrópico; mientras en el trópico, debido a la ausencia de temperaturas frías, el mango depende menos de la baja temperatura para que se dé la inducción floral (Davenport y Núñez-Elisea, 1997).

En estas condiciones es normal que el mango pueda florecer en respuesta al riego o lluvias después de un estrés hídrico de 6 a 12 semanas o más, donde el efecto de las condiciones de sequía sobre el cultivo se hace sentir con mayor intensidad en los períodos de floración y de fructificación. *Por esta razón se considera que el mango es una planta esencialmente adecuada para cultivarse en regiones con una estación seca acentuada en cualquier latitud.*

Es una aseveración común que el estrés hídrico proporciona *el estímulo* para la floración; sin embargo, dichos estudios no sustentan correctamente *su papel de agente inductor* de la floración en mango. Según Davenport y Núñez-Elisea (1997), los reportes sobre aspectos positivos al incremento de floración por efecto del estrés presentan problemas de consistencia de datos por no considerar el efecto de la temperatura y el seguimiento a los flujos de crecimiento (madurez).

Los trabajos adelantados por Núñez-Elisea y Davenport (1994b), en los cuales compararon el estrés hídrico bajo temperaturas inductivas (<15 °C noche), no mostraron aumento en el número de brotes reproductivos sobre el control (solamente temperaturas inductoras). Al contrario, conforme con los resultados de Chaikiattiyos *et al.* (1994), mangos monoembriónicos estresados a temperaturas inductivas 18 °C/15 °C presentaron retraso en la floración, y los mismos árboles estresados y sometidos a temperaturas no inductivas (29 °C/25 °C) no desarrollaron flores pero aumentaron los brotes vegetativos.

Lo que sí está claro es que *en regiones lluviosas y cálidas la planta tiene un desarrollo vegetativo más vigoroso a costa de la fructificación*. De acuerdo con lo expuesto por Chen (1987), Kulkarni (2004), Davenport y Núñez-Elisea (1997), el estímulo para la floración se produce en las hojas maduras, y por otra parte, las hojas inmaduras tienen grandes cantidades de inhibidores de floración o promotores de crecimiento vegetativo. Es posible que la baja concentración del estímulo floral en cada hoja madura sea compensada parcialmente por el aumento proporcional en el número de hojas en este estado, producto de un mayor número de flujos de crecimiento vegetativo, antes de que el brote esté apto para entrar a la fase reproductiva, lo que resulta en *un árbol de mayor tamaño*.

Definitivamente el efecto principal de los períodos de estrés hídrico en mango es *evitar el crecimiento continuo de los flujos vegetativos*, generando una paralización del crecimiento. Añadido a esto, la edad acumulada de los brotes es mayor en árboles estresados que en árboles mantenidos bajo buenas condiciones de irrigación; en este caso, se puede apreciar mayor duración en el crecimiento continuo de los flujos vegetativos, lo que significa que el árbol tiene una mayor condición de juvenilidad en suelos con alta disponibilidad de agua.

La disminución en el crecimiento puede favorecer por más tiempo la acumulación del estímulo floral sugerido y/o la reducción en el nivel del promotor vege-

tativo, pues a medida que la rama se envejece, disminuye el nivel de giberilinas (Davenport y Núñez-Elisea, 1991 - 1997). Estos conceptos se amplían más adelante, en el numeral 6 “Modelos de Floración en Mango”.

Como los períodos de sequía en los trópicos reducen el transporte de enzimas, igual que las condiciones de invierno (frío) en el subtrópico, es de esperarse que se pueda manipular la floración mediante el estrés hídrico, en donde exista un período de sequía amplio y definido con posibilidades de riego y un adecuado manejo del estado nutricional de la planta. El estrés nunca debe ser severo, evitando llegar a la deshidratación y muerte de los tejidos, ya que *lo que se persigue es disminuir el crecimiento del árbol y favorecer la maduración de las hojas* (Albuquerque *et al.*, 1999a). El riego entonces debe reiniciarse gradualmente hasta alcanzar su punto máximo, hasta cuando el 60% de las yemas presenten síntomas de brotación. El inconveniente de este método es que se restringe la producción a un determinado período del año, pues solo puede ser practicado en los meses que no llueve.

Las posibilidades de que árboles de mango adulto y de gran tamaño puedan ser estresados disminuyen debido a la capacidad de la planta para regular su condición hídrica. Estudios adelantados en mango Tommy y Yulima en el C.I. Nataima en el año 2009 indican claramente la capacidad de mantener altos contenidos hídricos en la lámina foliar en plantas adultas de mango. Ante aumentos de temperatura en épocas cálidas y secas la planta responde inmediatamente disminuyendo su potencial hídrico foliar, de forma tal que los contenidos internos de agua no se ven muy afectados, es decir, la planta mantiene una condición de hidratación en sus tejidos que no compromete de manera importante su metabolismo (Figura 6). Los árboles de gran porte necesitarán de períodos más intensos de sequía para poder variar los contenidos hídricos internos, por lo que pueden florecer durante la época seca sin necesidad de riego adicional.

Aún no está claro el verdadero papel de la sequía como reemplazo directo del estímulo floral que se obtiene en temperaturas menores a 15 °C. El efecto directo de la sequía en la reducción de los contenidos de sustancias promotoras del crecimiento vegetativo en brotes ontogénicamente maduros (edad) parece ser la condición fundamental para la floración del mango en el trópico ecuatorial. En épocas de sequía se presenta la deshidratación del meristemo apical, lo que puede hacerlo más sensible a bajos niveles del estímulo floral, por lo que el aumento de la sensibilidad para la inducción floral –al igual que el aumento del área foliar madura– pueden compensar la falta de temperaturas bajas en las regiones tropicales (Schaffer, 1994 citado por Albuquerque, 2000). Esta aseveración es fácilmente evidenciable porque en época de verano se pueden apreciar emisiones de brotes vegetativos o reproductivos simultáneamente en una misma rama. Se considera que la sensibilidad de yemas sometidas a estrés hídrico es genética, o sea hay variedades más sensibles y variedades donde se dificulta más la floración bajo estas circunstancias climáticas.

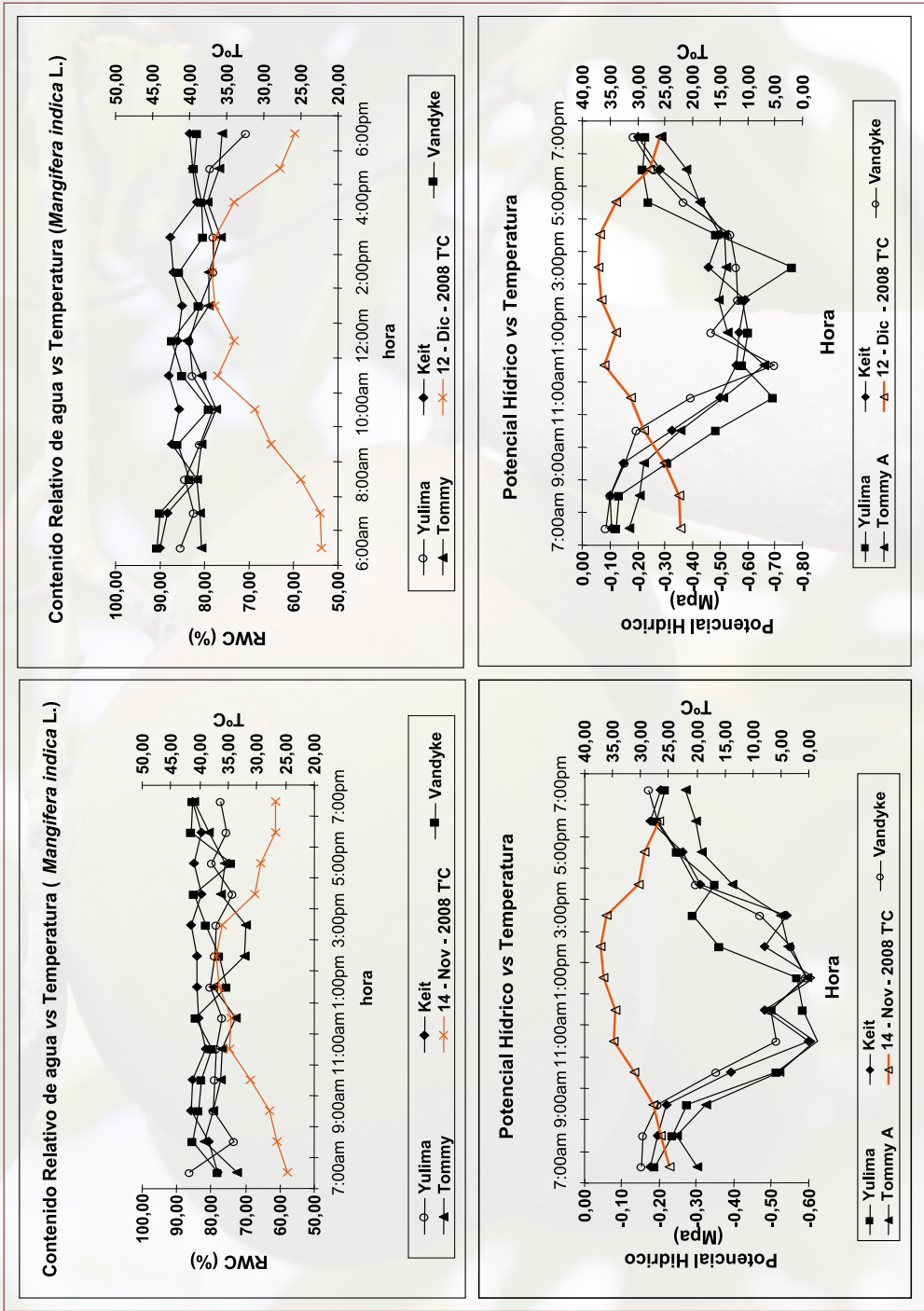


Figura 6. Comportamiento del contenido relativo de agua (CRA) y el potencial hídrico Ψ de la hoja en cuatro variedades de mango (*Mangifera indica* L.). C.I. Nataima, 2008.

El papel de los períodos de sequía en la maduración más rápida y uniforme de las ramas y en la disminución de nuevos flujos vegetativos refuerza esta teoría, y a la vez crea la posibilidad de manipular la floración en ambientes secos, junto a prácticas físicas (podas, riego) y químicas adicionales (Ver numeral 7. Manipulación de la inducción floral).

2.1.3 El papel de la luz

La duración del día y la noche (o fotoperíodo) no tiene efecto alguno sobre el destino vegetativo o floral de las yemas, así como el efecto de la temperatura baja como inductor de la floración es independiente de la luz (Núñez-Elisea y Davenport, 1995). Estos autores en sus experimentos con yemas axilares de brotes despuntados bajo condiciones de fotoperíodo de 11, 12 o 13 horas, no encontraron diferencias en las respuestas (cuando adicionalmente se combinan con temperaturas de 18 °C día/10 °C noche se aprecia iniciación floral a los 40 días después del tratamiento en casi todas las yemas). La exposición a luz continua (24 horas de fotoperíodo) con 12 horas de termoperíodo de 18 °C y 10 °C provocan floración en casi todas las yemas axilares dentro de los primeros 35 días de impuestos los tratamientos; en fotoperíodo de 11 o 13 horas a 30 °C día/25 °C noche resultaron en crecimiento vegetativo, exclusivamente; y con temperaturas cálidas las yemas axilares se desarrollaron en brotes vegetativos dentro de los primeros 17 días de iniciados los tratamientos. Estos resultados indican que la inducción floral de Tommy Atkins fue causada por temperaturas frías y no por fotoperíodos cortos, y la floración fue inhibida por temperaturas cálidas y no por fotoperíodos largos. De manera general, en función de este hecho el mango puede ser considerado como una planta neutra con relación al fotoperíodo; no obstante, observaciones de campo indican un papel benéfico de la calidad de luz en el dosel sobre el aumento significativo de flores perfectas (hermafroditas) en los lados de la planta que más reciben la luz directa. En las regiones productoras de Cundinamarca y Tolima las podas en árboles de edad avanzada y gran desarrollo tienen la función de proporcionar mejores condiciones de luminosidad al interior del dosel con el fin de facilitar una mayor floración en la parte interna y baja del árbol, dar mejor coloración de los frutos y disminuir la humedad relativa en el huerto (Navarrete A., comunicación personal; Espinal, 2007).

2.2 FACTORES INTERNOS DE LA PLANTA

2.2.1 Giberilinas (GAx)

Parecen ser las hormonas más activas en la regulación de la floración de mango. Estudios del papel de estas hormonas han sido realizados por muchos investigadores en el mundo, y los resultados parecen confirmar que suprimen la floración en mango (Davenport y Núñez-Elisea, 1997). Altos niveles de giberilinas inhiben la floración y aumentan el crecimiento vegetativo. La respuesta más común observada en mango –cuando se aplica AG₃ antes del rompimiento de la dormancia de

las yemas– es el retraso de la floración, y aunque no está claro si se moviliza hacia las yemas, sí se observa su desarrollo vegetativo aun así estén sometidas a condiciones de inducción floral. Se considera que la disminución de las giberilinas en mango puede aumentar la floración, lo que es ampliamente corroborado porque justamente el papel principal de los inhibidores químicos de crecimiento vegetal es la disminución de la biosíntesis de las giberilinas en la planta (Davenport y Núñez-Elisea, 1997). En el numeral 1.1 “Iniciación e Inducción Floral” y 7.2 “Uso de Retardantes de Crecimiento” se encuentra mayor información al respecto.

2.2.2 Auxinas y citoquininas

La iniciación cíclica de brotes en ramas dormantes, tanto vegetativas como reproductivas, es común en todos los cultivares de mango y en muchos frutales tropicales y subtropicales. Las ramas vegetativas en crecimiento al igual que los frutos en desarrollo son fuente de auxinas y giberilinas, y están involucradas en el proceso de regular el tiempo entre las brotaciones (Davenport, 2003, 2005, 2006).

El crecimiento alterno de raíces, después de la emisión de brotes vegetativos, es explicado por la presencia de altas concentraciones de auxinas (en los brotes) que son transportadas posteriormente hacia las raíces (movimiento basipétalo); paralelamente las raíces nuevas que se desarrollan principalmente en condiciones de sequía, son fuente de citoquininas (Davenport y Núñez-Elisea, 1997). Las citoquininas son transportadas pasivamente hacia los brotes vegetativos por medio del xilema y son las encargadas de activar la división celular en los brotes. La auxina, entretanto, es un inhibidor de la iniciación del brote, refuerza la dominancia apical e inhibe las brotaciones axilares. Estas observaciones sugieren que las auxinas, al igual que las giberilinas, son *‘inhibidoras de la floración’* y las citoquininas son *‘promotoras de la floración’*. El balance de ambas hormonas vegetales puede, de forma interactiva, estar involucrado en el proceso de rompimiento de la dormancia de los brotes; entretanto, la iniciación de los brotes puede estar regulada por un balance crítico entre estas y una tercera fitohormona (giberilina AG₃). Durante los períodos de dormancia la disponibilidad de auxina foliar disminuye con la edad de la rama y los niveles de citoquinina se incrementan con el tiempo (Chen, 1987). Para mayor información consultar “modelos de floración fundamentados en el comportamiento hormonal”, que se encuentra en el numeral 6.2.

2.2.3 Etileno

Esta fitohormona es considerada como la hormona vegetal de la senescencia de los tejidos vegetales, afectando el crecimiento, desarrollo, maduración y envejecimiento en todas las plantas. Aunque se produce en cualquier órgano de la planta, está presente en mayor proporción en los momentos de maduración cronológica de los tejidos y principalmente de frutos (Norambuena, 2008). Entre las varias funciones del etileno está la promoción de floración en plantas leñosas y la aceleración

y maduración de órganos de las plantas (Albuquerque *et al.*, 2000); a pesar de ello, son contradictorias las apreciaciones sobre su papel como sustancia *inductora* de la floración en mango, de hecho las investigaciones generan resultados inciertos.

El producto químico más utilizado en los vegetales para liberar etileno es el ethephon (ácido 2-cloroetil-fosfónico). La liberación de etileno en plantas a partir de ethephon no involucra ninguna actividad enzimática de la planta tratada, y puede ser trasladado por toda la planta. El ethephon es aplicado vía foliar por medio de aspersiones, con una dosis eficiente que está alrededor de 200 ppm, ya que dosis elevadas pueden causar abscisión de las hojas. Mendonça *et al.* (2001) no encontraron efectos directos en la floración pero sí en el peso final de los frutos, con dosis de 3 mL⁻¹ de ethephon. Por su parte, en las experiencias con ethrel adelantadas por García (2009) (datos no publicados) no se encontraron resultados en incremento de floración a nivel de las dosis evaluadas de 100, 200 y 300 ppm de i.a. en cuatro variedades de mango. De las experiencias adelantadas en mango se deduce que los productos comerciales a base de ethephon, como precursor de la formación de etileno en la planta, no tienen un efecto individual comprobado en la inducción floral en mango, *su uso combinado con el estrés hídrico moderado o con paclobutrazol conduce al efecto deseado de provocar la maduración temprana de las hojas más que en el proceso inductivo* (mayor información en numeral 7.3, uso de madurantes en la manipulación de la inducción floral).

3. Escala fenológica

En el transcurso de la historia el hombre ha utilizado su conocimiento sobre los eventos fenológicos en la agricultura. Aún hoy es común encontrar que las prácticas de manejo agronómico son específicas para estados fenológicos determinados, por ejemplo en riego, fertilización, control de plagas o de enfermedades, etc. Para el caso de cultivos perennes en estado adulto, los eventos comúnmente observados están ligados a la dinámica del crecimiento en las yemas, como son: reposo, desarrollo vegetativo (brotes), desarrollo reproductivo (floración), formación de fruto y cosecha. Los climas subtropicales de estaciones definidas se caracterizan por la marcada diferenciación entre fases, debido a la incidencia de factores reguladores de la fenología, entre ellos la temperatura y la longitud del día. Estos dos factores en climas tropicales y más aún ecuatorial como en nuestro país, no presentan contrastes importantes durante el año (excepción hecha del efecto de la altitud sobre la temperatura), por lo que se puede presentar simultaneidad en las diferentes fases fenológicas. El principal factor a considerar es la alternancia de períodos secos y lluviosos, *por lo que el contenido de agua en el suelo y la capacidad de retención de los mismos, al igual que la distribución de las lluvias, son de suma importancia en la fenología del cultivo de mango.*

Estos eventos en el trópico están limitados por la capacidad de las especies para utilizar el agua disponible, no solo producto de las lluvias, sino también por el agua presente en el suelo de acuerdo con sus características y su hidrología (Jiménez y Ramírez, 2002). Además, dependen del genotipo, manejo agronómico y de los factores del clima, esto quiere decir que las plantas del mismo genotipo sembradas bajo diferentes condiciones climáticas y sometidas a prácticas agronómicas específicas pueden presentar una alta variabilidad en la ocurrencia de los diferentes estados de desarrollo después de transcurrido el mismo tiempo cronológico. Por ello es necesario el uso de escalas fenológicas que permiten referirse a las observaciones y prácticas de manejo del cultivo en una etapa de desarrollo determinado.

Para generar una escala fenológica general se hizo un seguimiento a brotes en reposo a partir de la cosecha de fin de año de 2008 en 5 árboles de mango criollo y Tommy Atkins de 15 años. A estos brotes se les realizó un seguimiento detallado cada tres días *in situ*, observando los cambios morfológicos de la yema terminal (Corredor y García 2009). El seguimiento y registro de estas observaciones permitió hacer una primera aproximación de la escala fenológica para el cultivo de mango bajo condiciones del trópico ecuatorial. Los estadios inician una vez la yema en reposo reactiva su crecimiento, pudiendo seguir dos vías, reproductiva o vegetativa, según sean las condiciones exógenas y/o endógenas del árbol que favorezcan el tipo de inducción final. Estos cambios fueron similares para todas las variedades estudiadas, con la principal diferencia del número de días requeridos para pasar de un estadio a otro. La escala aquí expuesta corresponde a la escala general BBCH compuesta por un código de dos dígitos, cada uno con valores de 0 a 9, donde el primero corresponde al estadio principal y está previamente asignado para la mayoría de especies vegetales, y el segundo corresponde a los cambios progresivos del estadio secundario.

3.1 ESTADIO 0: DESARROLLO DE LAS YEMAS

En cuanto a los cambios morfológicos, se establecieron 4 estadios durante el desarrollo de las yemas, como se muestra a continuación:

Estadio 00: Yema en reposo

Las yemas vegetativas y de inflorescencias están indiferenciadas, cerradas y totalmente cubiertas por escamas, las cuales se encuentran entrecruzadas o en punta.



Estadio 01: Comienzo del hinchamiento de las yemas

Empiezan a hincharse las yemas. Se inicia la separación de escamas que cubren la yema hasta quedar ligeramente separadas.



Estadio 07: Abultamiento de las yemas

De apariencia abultada por el incremento en el tamaño (diámetro y longitud) de las yemas con separación de las escamas que cubren los meristemas.



Estadio 09: Ápices visibles

Hay un incremento en el tamaño de la yema, que presenta forma redonda y con escamas separadas. Primeros ápices verdes visibles.



Para las diferentes variedades estudiadas no se logró determinar el tiempo de cada uno de los estadios secundarios de desarrollo a partir de la yema (estadio 0). En algunos casos se encontraron yemas en reposo que no presentaron cambios morfológicos durante todo el estudio, permaneciendo en el mismo estado. En otros casos se activaron a estadios más avanzados 01 o 07, permaneciendo nuevamente en letargo hasta por 7 meses; en otros, en menos de tres días la yema había pasado por todos los estadios secundarios, para luego desarrollarse en brote vegetativo o en reproductivo.

Es claro entonces que, cuando se presentan las condiciones ambientales que influyen en la activación de las yemas, estas no lo hacen de la misma manera en todas

las yemas del árbol latentes en ese momento. El tamaño del árbol y la ubicación de la yema en los diferentes estratos de la copa están relacionados con su capacidad de desarrollo. Según Osuna-Enciso *et al.* (2000), estudios de este tipo, relacionados con la anatomía y morfología de la diferenciación floral en mango, son muy escasos.

3.2 ESTADIO 1: DESARROLLO DE HOJAS EN BROTES VEGETATIVOS

Estadio 10:

La yema se torna alargada, con una punta más definida. Se logra distinguir la diferenciación del brote vegetativo.



Estadio 11:

Las escamas verdes empiezan a abrir y las hojas están emergiendo. Las primeras hojas aparecen muy juntas, sin lograr hacer el conteo de las mismas.



Estadio 15:

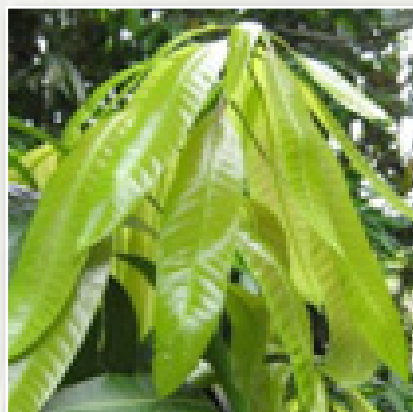
Hay elongación y separación de las hojas. Se logra hacer el conteo del total de las hojas del brote. Aún no alcanzan su tamaño final.



3.3 ESTADIO 3: DESARROLLO DE LOS BROTES VEGETATIVOS

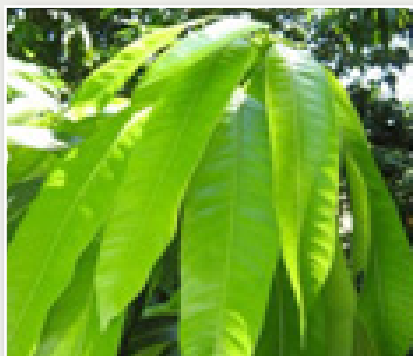
Estadio 31:

El brote empieza a crecer. Las hojas se desarrollan y alcanzan un 30% de su tamaño final, son tiernas y de color verde claro o cobrizo brillante, según la variedad.



Estadio 35:

El brote alcanza el 50% del tamaño final. Las hojas toman un color verde claro, pierden el brillo y alcanzan un tamaño aproximado del 60% de su tamaño final; son menos tiernas que en el estadio anterior.



Estadio 39:

El brote alcanza el 90% del tamaño final así como las hojas, las cuales toman un color verde oscuro y son de textura acartonada. Las yemas entran en un estado de reposo.



La longitud del flujo de crecimiento y el tamaño de las hojas pueden ser muy variables dependiendo de la variedad, el grado de desarrollo del árbol y la densidad de árboles en el huerto. Para el caso de la variedad Hilacha, en el C.I. Nataima la longitud del brote puede llegar a ser de 39 cm, y para la variedad Tommy Atkins de 28 cm. El brote vegetativo alcanza su tamaño final y entra a una fase de reposo; mien-

tras, las hojas alcanzan un color verde oscuro muy intenso y adquieren una textura coriácea que facilita que se quiebren (se escucha un crujido al presionarlas en la mano). Si el árbol tiene un excesivo crecimiento, las yemas que se encuentran en ramas bajas generalmente permanecen por mucho tiempo en estado de reposo; si el árbol es de menor altura esta situación puede variar, dependiendo de las circunstancias del ambiente, siendo siempre menor el número de yemas dormantes durante el año. A pesar de presentar rangos diferentes para cada variedad, la longitud final del brote vegetativo depende de su ubicación en el árbol, al igual que la duración desde el momento en que se visualiza la diferenciación de la yema y se forma en el brote vegetativo, el cual puede durar entre 5 y 13 días aproximadamente.

3.4 ESTADIO 5: APARICIÓN DEL ÓRGANO FLORAL

Estadio 51:

Órganos florales visibles. Las escamas se separan y se hacen manifiestos los primordios florales.



Estadio 55:

Inicia la elongación del eje de la inflorescencia con las flores que se hacen visibles, pero están todavía cerradas (botón verde). Se distribuyen en racimos con o sin hojas.



3.5 ESTADIO 6: FLORACIÓN

Estadio 60:

Apertura de las primeras flores individuales y ramificación de la inflorescencia. Aún continúa la elongación de la inflorescencia



Estadio 65:

Total desarrollo de la inflorescencia. Termina la elongación. Inflorescencia con la mayoría de sus flores abiertas.



El comportamiento de la floración obedece a la misma situación de los brotes vegetativos y su ubicación en la copa del árbol incide en la activación de la yema, en este caso en un evento reproductivo. Las inflorescencias que crecieron a partir de las yemas marcadas tuvieron una longitud de 24 a 34 cm para la variedad Hilacha y de 16 a 32 cm para Tommy Atkins. El desarrollo total de las inflorescencias se da en un tiempo casi igual para las dos variedades, entre los 12 a 28 días (Tabla 1). Las yemas que se diferenciaron en brotes reproductivos presentaron en su flujo vegetativo inmediatamente anterior un número promedio de 16 hojas para la variedad Hilacha y de 13 para la variedad Tommy Atkins.

3.6 ESTADIO 7: DESARROLLO DEL FRUTO

Estadio 71:

La inflorescencia tiene sus flores abiertas y algunas de ellas ya han sido fecundadas. Se encuentran los primeros frutos visibles, apenas del tamaño de una cabeza de alfiler (cuajado de frutos). Las flores comienzan a marchitar y caer.



Estadio 72:

El diámetro del fruto alcanza hasta los 10 mm de largo. Las flores están marchitas y la mayoría ya ha caído.



Estadio 73:

El diámetro del fruto alcanza hasta los 20 mm, y todas las flores ya han caído. Son visibles algunos frutos que empiezan a cambiar de color amarillo y se inicia la caída fisiológica de estos.



Estadio 79:

Se da un aumento de peso y dimensiones en los frutos. Alcanzan el 90% del tamaño final.



El crecimiento del fruto fue medido desde el momento en que estos presentaron un diámetro de 2 cm. Para la variedad Hilacha se dio entre los días 33 al 79, alcanzando un largo de 6,2 a 10,2 cm en el momento de su maduración; en la variedad Tommy Atkins el largo alcanzado fue mayor, entre 7,8 a 13,7 cm. Estos árboles necesitaron más días para llegar a su maduración, entre los días 40 a 111 (Tabla 1). El desarrollo de los frutos en términos generales fue muy pequeño en comparación con su talla normal, situación que puede atribuirse a las condiciones de verano y sequía fuerte presentadas durante el año 2009.

Tabla 1. Duración de los estadios fenológicos principales de las variedades de mango Hilacha y Tommy Atkins. Corpoica C.I. Nataima, 2009.

Estado fenológico	Días de desarrollo	
	Variedad Hilacha	Variedad Tommy Atkins
Desarrollo de brote vegetativo	5-13	5-12
Desarrollo del órgano floral	12-25	12-28
Desarrollo del fruto (inicio de 2 cm de diámetro)	33-79	40-111

El porcentaje del cuajado del fruto –en relación al número de flores hermafroditas por inflorescencia– fue muy bajo, generalmente con 1 o 2 frutos para las dos variedades (0,23% - 0,46% en Hilacha y 0,15% - 0,3% en Tommy Atkins). Esto puede deberse a varios factores: al daño producido por antracnosis, a efectos de competencia entre el número de frutos en desarrollo, a una polinización limitada, insuficiente polen, caída de flores por vientos, uso inadecuado de pesticidas, etc. (Santamaría, 2004). No obstante, en algunos casos en la variedad Hilacha se observó el desarrollo de hasta 5 y 6 frutos por inflorescencia (1,4%), posiblemente al menor tamaño que estos presentan con relación a los frutos de la variedad Tommy, lo que facilita el amarre de más frutos por inflorescencia. El ciclo fenológico completo se aprecia en la Figura 7.



Figura 7. Resumen general de los estadios por los cuales debe pasar una yema de un árbol de mango una vez reactiva su crecimiento después de la etapa de reposo. Corpoica C.I. Nataima, 2007 – 2009.

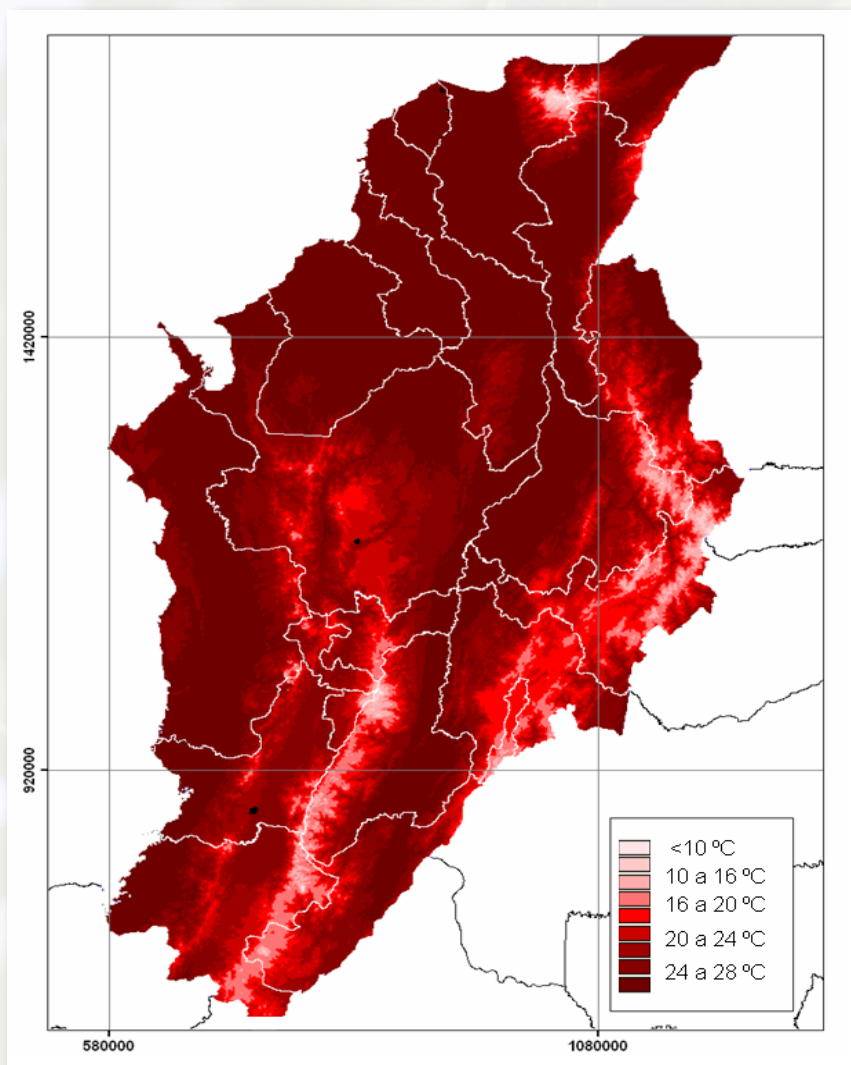
4. Descripción climática de las regiones productoras de mango en Colombia

Con información secundaria para los años 2007 a 2009 se realizó un análisis descriptivo y gráfico para toda la región del valle del río Magdalena, donde se encuentran ubicadas las principales zonas productoras de mango del país: Valle del Alto Magdalena (Huila, Tolima y Cundinamarca) y Bajo Magdalena (Magdalena). De la misma manera, con la información del índice ONI (oceanic niño index), se analizaron las evidencias de cambios en el patrón de clima para cada año durante el tiempo de la experimentación.

4.1 COMPORTAMIENTO CLIMÁTICO ANUAL

4.1.1 Temperatura

Las principales zonas productoras de mango en Colombia son la región Caribe y la parte alta del valle del río Magdalena, aunque existe un nicho muy particular de mango criollo en el departamento de Antioquia. Teniendo en cuenta la altura sobre el nivel del mar (msnm) se pueden separar estas tres zonas: <500, 500 a 1.100 msnm y 1.100 a 1.600 msnm. En el Mapa 1 se aprecia la distribución de la temperatura promedio anual durante un año “normal o neutro”.



Mapa 1. Distribución espacial de la temperatura media anual en la región productora de mango en Colombia. Fuente: SIG Corpoica C.I. Nataima, 2007.

La región con altitudes menores de 500 msnm comprende rangos de variación de temperatura de 24 a 28 °C, siendo muy estable durante todo el año. Las fluctuaciones de temperatura promedio no son apreciables, aunque se encuentran diferencias importantes entre máximas y mínimas para las épocas más secas. Para alturas entre 500 a 1.000 msnm en los flancos de la cordillera central y oriental (provincia del Tequendama en Cundinamarca), la temperatura disminuye a rangos entre 22 a 24 °C.

Un monitoreo detallado del comportamiento de la temperatura diaria en cinco zonas productoras de mango: Ciénaga (20 msnm), El Guamo (370 msnm), El Espinal (420 msnm), Anapoima parte baja (670 msnm) y Anapoima parte alta (960 msnm), demuestran las diferencias entre zonas productoras (< de 500 y > de 500 msnm), mas no dentro de cada zona productora (figuras 8 a 10).

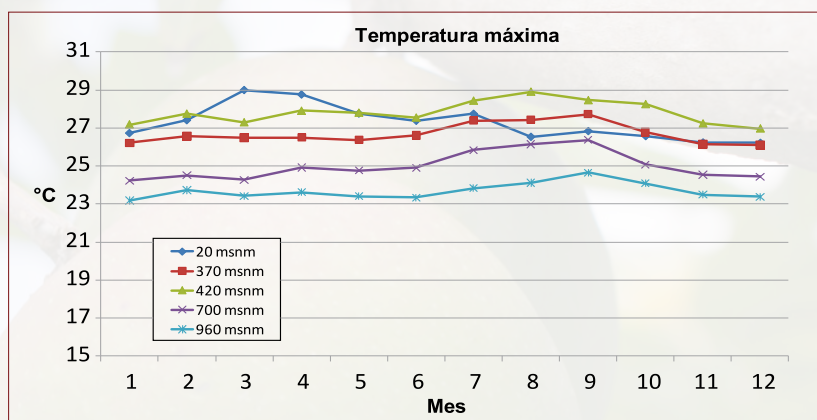


Figura 8. Comportamiento de la temperatura máxima promedio mensual en cinco regiones productoras de mango en Colombia. Corpoica C.I. Nataima, 2007 a 2009.

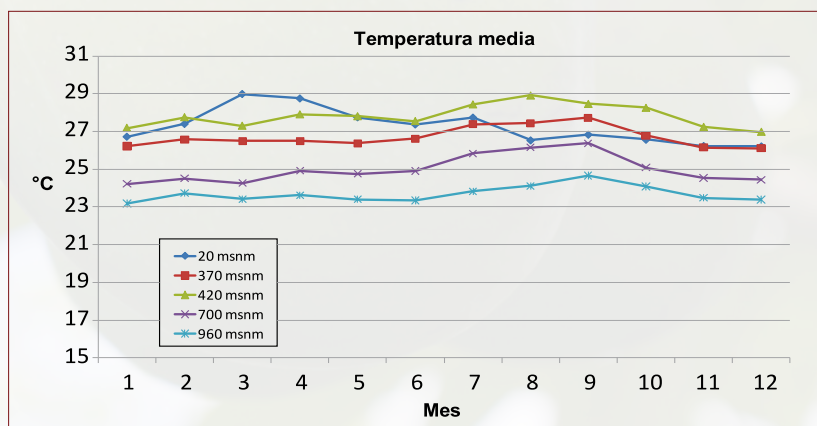


Figura 9. Comportamiento de la temperatura media promedio mensual en cinco regiones productoras de mango en Colombia. Corpoica C.I. Nataima, 2007 a 2009.

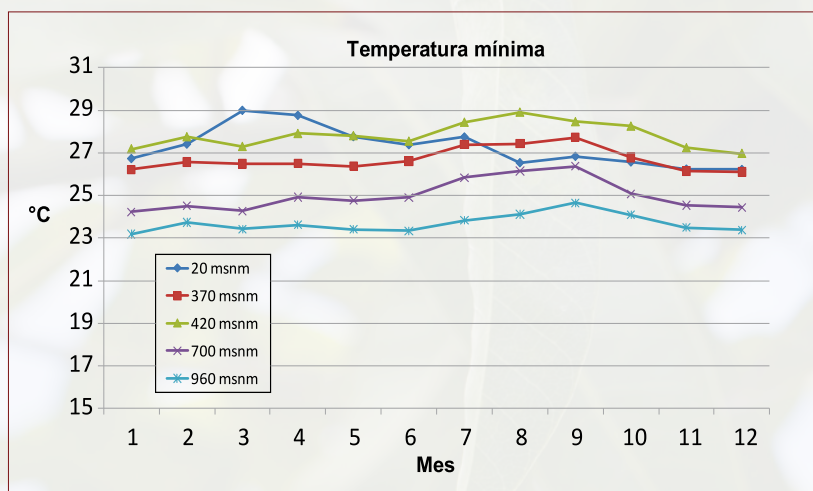


Figura 10. Comportamiento de la temperatura mínima promedio mensual en cinco regiones productoras de mango en Colombia. Corpoica C.I. Nataima, 2007 a 2009.

Se analizó el patrón diario de la temperatura cada 10 minutos durante los mismos tres años, con el fin de identificar la presencia de temperaturas inductoras de floración, así como la frecuencia y la duración. En la Figura 11 se aprecia el patrón diario de temperatura para los días más fríos (temperaturas mínimas menores a 20 °C en la región del Tolima y Magdalena, y menores de 19 °C para Anapoima, Cundinamarca).

En cuanto a la zona de Ciénaga (Magdalena) las temperaturas bajas se presentaron entre los meses de diciembre a enero pero no de manera continua, sino por períodos de 1 a 5 días. Las temperaturas oscilaron entre 18 y 19 °C, de muy corta duración, no mayor a 3 horas, y se presentaron entre las 4:30 y 7:00 am. En el departamento del Tolima las temperaturas más bajas fueron 19 y 20 °C, y se presentaron de manera esporádica durante el año, aunque fueron más comunes en los meses de julio y agosto, con una duración muy corta (2 horas) entre las 4:40 y 6:20 am. En Cundinamarca, temperaturas inferiores a 19 °C se presentaron durante todo el año. En la parte baja (670 msnm) el rango mínimo fue de 19 a 20 °C entre las 2:00 y las 6:20 am, mientras en la región alta (> 960 msnm) el rango mínimo estuvo entre 18 y 19 °C, con un mayor período de duración desde las 0:00 hasta las 7:20 am.

De manera preliminar se puede deducir que las posibles variaciones en el comportamiento fenológico en el cultivo de mango, atribuibles a la temperatura, solo pueden ser producidas por efecto de la altitud, siendo más evidente en la región alta de Cundinamarca. De hecho, el bajo porte de árboles adultos en esta región es muy evidente, al compararlos con árboles de la misma edad de la zona cálida de El Espinal.

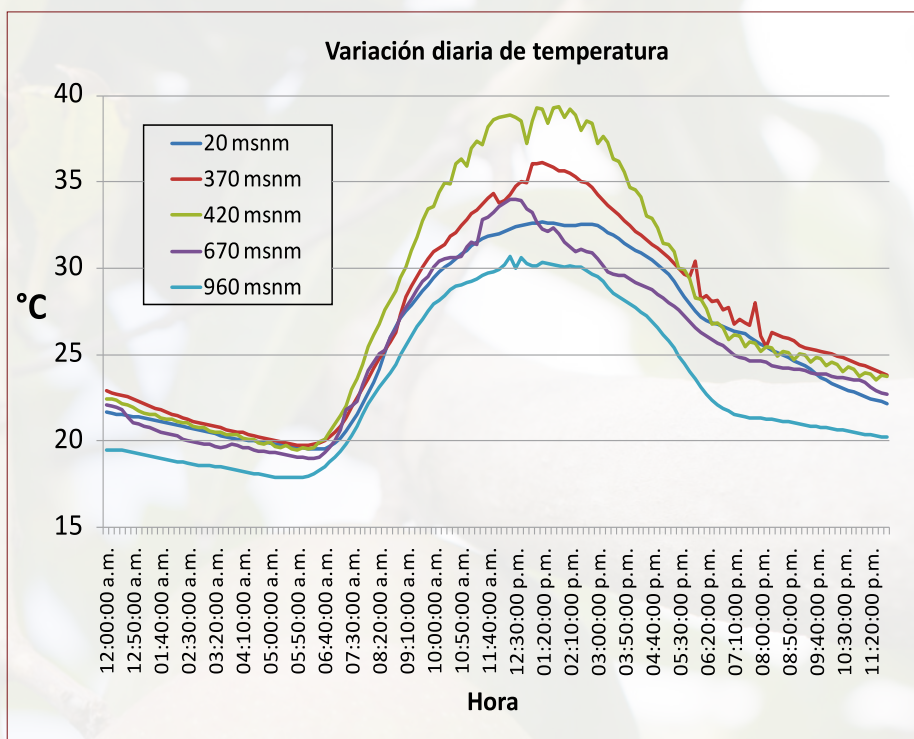
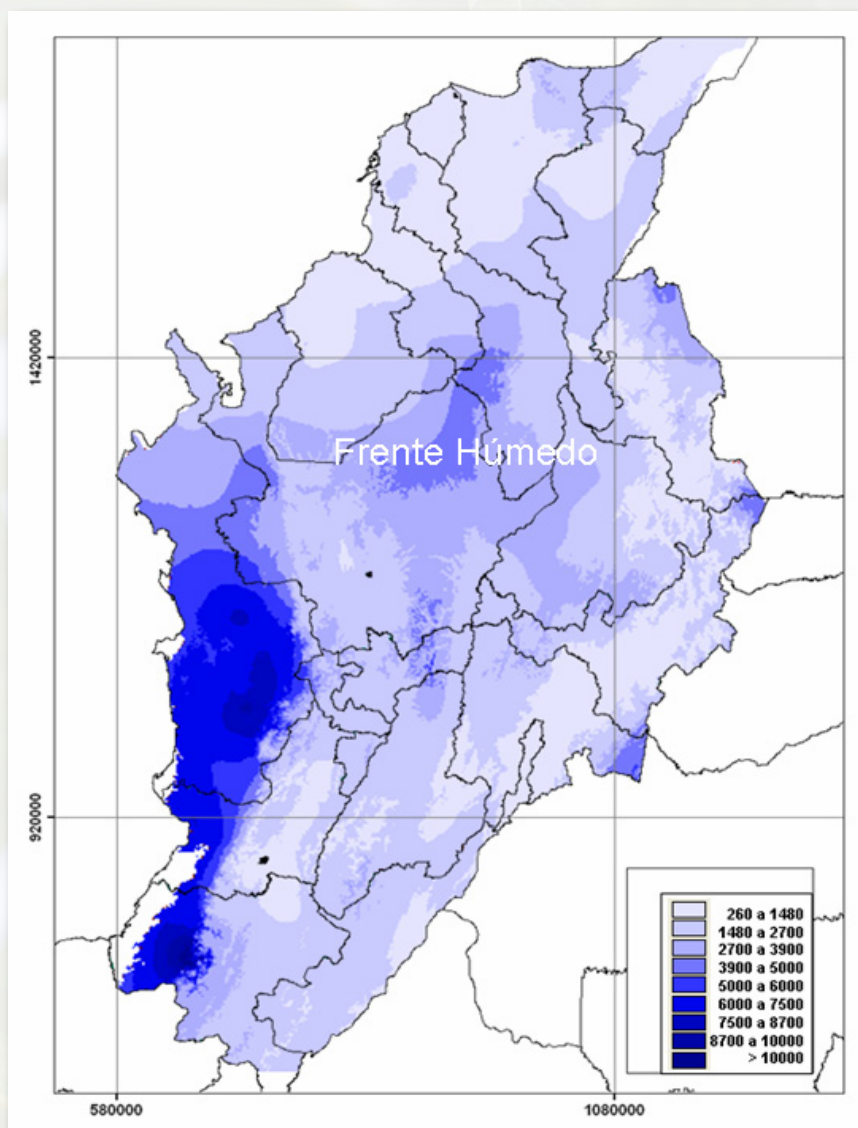


Figura 11. Comportamiento diurno de la temperatura para los días más fríos en cinco regiones productoras de mango en Colombia. Corpoica C.I. Nataima, 2007 a 2009.

4.1.2 Precipitación

Contrario a la temperatura, la precipitación anual promedio sí presentó diferencias más evidentes. En el Mapa 2 se aprecia una gran diferencia en los patrones de precipitación para la región Caribe, en contraste con la zona del interior del país. Se distinguen dos áreas secas con baja cantidad de lluvia: una hacia el norte del país (menor a 1.000 mm/año) y otra hacia el interior del valle del Magdalena (Huila-Tolima-Cundinamarca) menor a 1.500 mm/año. Entre ambas zonas se aprecia una frontera muy húmeda que se ubica al norte de los departamentos del Tolima y al sur de los departamentos que hacen parte de la región Caribe, específicamente Urabá, sur de Córdoba y el Magdalena. Esta zona presenta precipitaciones alrededor de los 4.000 mm/año. En el mapa se ven claramente las diferencias en precipitación entre el alto, medio y bajo Magdalena.

En la Figura 12 se aprecia la distribución de la precipitación y de la evaporación ajustada según el coeficiente Kp para Tanque tipo A, para las dos zonas, indicando claramente un comportamiento tendiente a ser monomodal en la zona norte y bi-modal en la región central del país.



Mapa 2. Distribución de la precipitación media anual en las regiones productoras de mango en Colombia. SIG-CORPOICA C.I. Nataima, 2010.

Es decir, las variaciones en el desarrollo de los árboles de mango están influenciadas por diferencias en la temperatura, por efectos de la altitud, y aquellas diferencias producidas en la distribución de la precipitación en cada zona productora.

A su vez, las variaciones en la precipitación durante el año, entre las zonas de producción del interior del país con la región norte, están afectando en mayor grado el comportamiento fenológico de los cultivares de mango porque determina la periodicidad y la duración de los períodos de sequía.

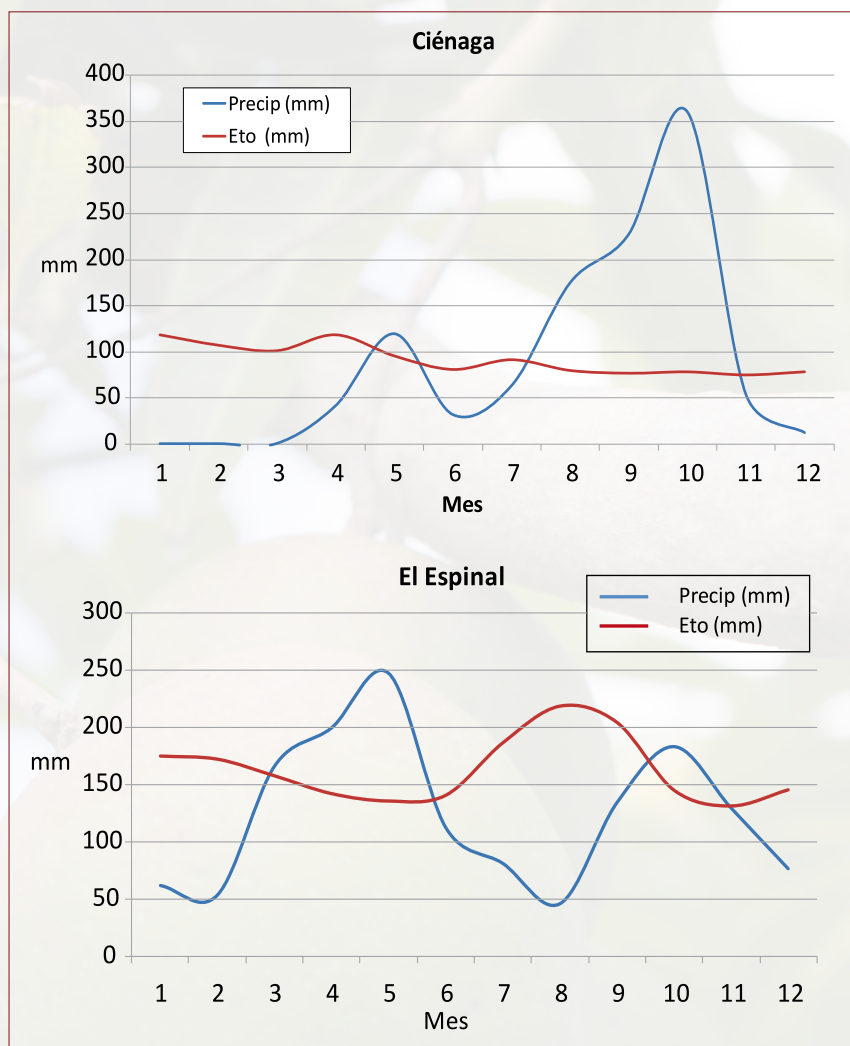


Figura 12. Distribución de la precipitación y de la evapotranspiración en el municipio de Ciénaga (Magdalena) y El Espinal (Tolima). Promedio mensual multianual de años neutros. Corpoica C.I. Nataima, 2009B.

En la zona norte hay un período de déficit hídrico muy prolongado, tiempo durante el cual la pérdida de agua por evapotranspiración es mucho mayor y ocasionalmente, presenta un pequeño pico de precipitación en mayo. Además, presenta un período húmedo de cinco meses, donde el pico de precipitación mayor está entre septiembre a noviembre.

Por su parte, en la región del valle del Alto Magdalena hay alternancia de dos períodos húmedos y dos secos de menor duración; el primero se presenta entre los meses de diciembre y enero, el segundo entre agosto y septiembre.

4.2 COMPORTAMIENTO CLIMÁTICO INTERANUAL

El efecto del fenómeno del Pacífico (ENSO) también afecta de manera importante el comportamiento fenológico. Aunque es un fenómeno de naturaleza oceánica y atmosférica (posiblemente también tectónica), que consiste en el calentamiento anormal de las aguas superficiales del Pacífico tropical, central y oriental, sus repercusiones en los patrones climáticos regionales de nuestro continente están ampliamente documentados pero normalmente no se les presta atención sino cuando se presentan cambios en el patrón de lluvias intraanual y por la presencia de episodios extremos (intensidad) de precipitación, sequía y alta temperatura.

En la Tabla 2 se aprecian los episodios cálidos o fríos del océano Pacífico, de acuerdo con el Índice Oceánico del Niño (ONI) reportado por la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) durante el período de 2007 a 2009.

Tabla 2. Relación del ONI (Oceanic Niño Index) para los años 2007 a 2009.

AÑO	DEF	EFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDE
2007	0.8	0.4	0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.4	-0.7	-1.0	-1.1	-1.3
2008	-1.4	-1.4	-1.1	-0.8	-0.6	-0.4	-0.1	0.0	0.0	0.0	-0.3	-0.6
2009	-0.8	-0.7	-0.5	-0.1	0.2	0.6	0.7	0.8	0.9	1.2	1.5	1.8

Fuente: NOAA 2010a. http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml

Este fenómeno incide de manera recurrente sobre el comportamiento climático entre años, al alterar el normal desplazamiento de los vientos alisios y modificar la fluctuación de la ZCI. Los efectos del evento ENSO sobre el clima en Colombia se manifiestan en la temperatura, la distribución e intensidad de las lluvias y muy posiblemente en el comportamiento de los vientos. Estudios adelantados por Boshell y Peña (2009) indican claramente una relación entre el fenómeno ENSO y el comportamiento climático regional, en especial en aumentos de precipitación y temperatura; estos cambios recurrentes pueden afectar de manera trascendental el desarrollo de las especies vegetales y en especial la fenología de los árboles frutales como el mango.

Este índice ilustra los episodios cálidos (rojo) y fríos (azul) del océano Pacífico, basados en un dato umbral de $\pm 0,5$ °C para el ONI, y estima la media móvil por trimestres en el año de las anomalías presentadas en la temperatura de la superficie del mar en la región Niño 3,4 (5° N - 5° S, 120° - 170° W). Los episodios fríos o calientes por un período mínimo de 5 temporadas consecutivas pueden considerarse como un episodio ENSO-niña o ENSO-niño, y los números en color negro representan un episodio ENSO-Neutral.

El año 2007 se consideró como un año normal o ENSO-neutral casi todo el año, pero a partir de septiembre el fenómeno cambió a la fase ENSO-niña, la cual duró

casi un año completo (hasta el primer semestre de 2008); a partir del segundo semestre hubo una tendencia a normalizarse para tender posteriormente a un evento ENSO-niño a mediados del año 2009. Según este índice se puede inferir que el año 2007 se considera 'normal', el año 2008 como 'niña' y el año 2009 como 'niño'.

Al comparar los parámetros de precipitación y evaporación durante los tres años (los datos de la zona norte están incompletos debido a la dificultad de obtener información secundaria confiable para el departamento del Magdalena), se aprecia claramente el impacto del evento ENSO sobre el patrón climático intraanual e interanual, especialmente en la distribución de la precipitación (Figura 13).

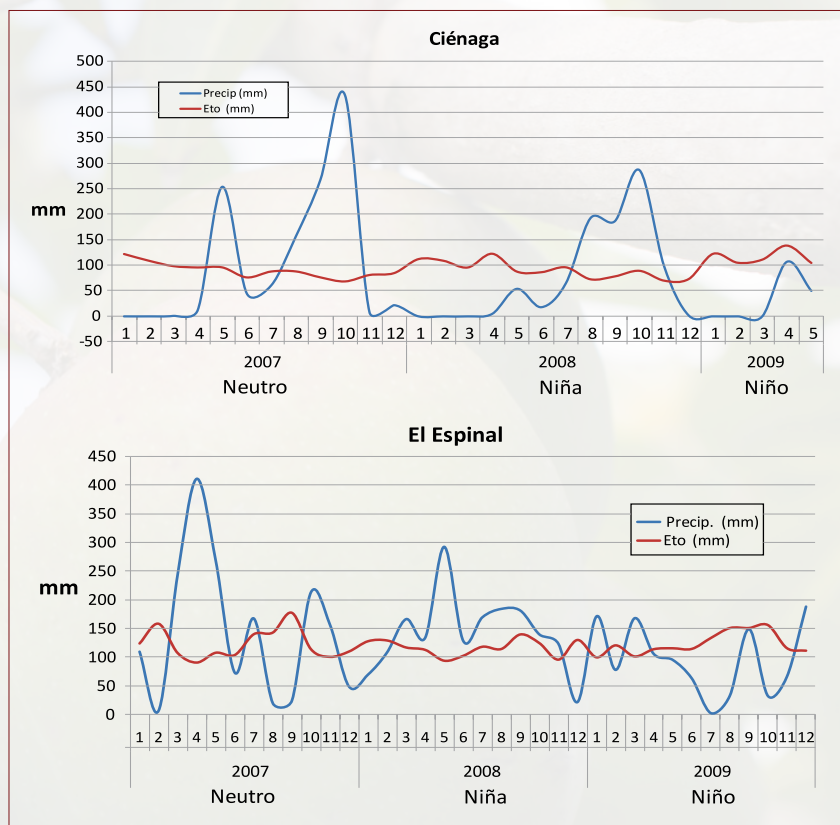


Figura 13. Distribución de la precipitación y de la evapotranspiración para los años 2007, 2008 y 2009, calificados de acuerdo con el índice ONI. Corpoica C.I. Nataima, 2010.

El impacto no fue igual para cada sitio, presentando mayor evidencia de su efecto sobre la variabilidad climática en la región centro del país (la región Caribe no se vio afectada). Las tres fases del evento se ven claramente identificadas en los datos de precipitación. El año 2007 presentó un comportamiento bimodal, similar al comportamiento promedio de un año neutro, con la presencia de dos picos de lluvias y dos períodos secos cortos pero definidos. En el año

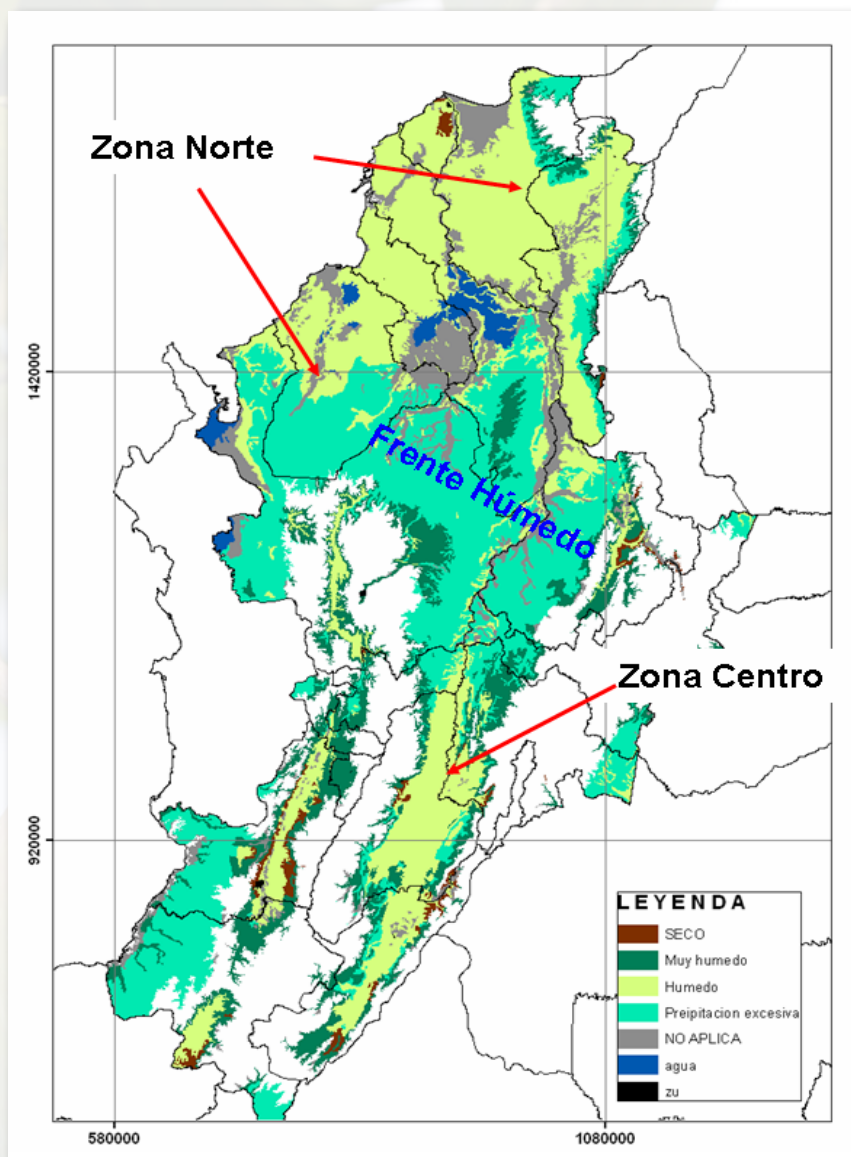
2008 se aprecia claramente un cambio en el comportamiento de la precipitación; aunque la precipitación acumulada fue similar a la de 2007 fue mucho más constante durante todo el año, y no se presentaron épocas secas definidas con balance hídrico negativo, es decir, no se presentó el período normal de sequía en el interior del país. Ya en el año 2009 las cantidades de precipitación fueron evidentemente menores, presentando un déficit hídrico casi permanente, puesto que la evaporación fue mayor que la precipitación durante todo el año. Para la región del bajo Magdalena no fue tan claro el impacto del evento ENSO-Niña, ya que los años 2007 y 2008 presentaron eventos muy similares de precipitación y evaporación. El año 2009 –hasta donde se logró obtener datos– presentó un primer trimestre normal.

4.3 DISPONIBILIDAD HÍDRICA

Adicional al comportamiento del clima, es necesario considerar el potencial de almacenamiento de agua por parte del suelo. No es fácil con la información disponible generar mapas de balance hídrico y definir períodos de crecimiento de los cultivos para cada punto geográfico del área estudiada, ya que no se dispone de fuentes secundarias de la información necesaria para poder calcular parámetros como evapotranspiración para diversos puntos que permitan, mediante modelos de interpolación, generar esa condición climática tan importante para el desarrollo de los cultivos. Para obviar esta situación, se zonificó de manera aproximada la capacidad de retención de humedad de los suelos para el valle del río Magdalena (Mapa 3).

A partir del mapa de suelos a escala 1:100.000, se extrajo la información de drenaje natural, profundidad efectiva, limitantes a la profundidad efectiva y presencia de piedras en el perfil. Al modelar esto, junto con los parámetros de altitud, precipitación y temperatura, en conjunto con la ayuda del Sistema de Información Geográfica (SIG), se realizó una primera aproximación de la disponibilidad hídrica de los suelos en la región de estudio. Como primer ejercicio se generó una zonificación de la disponibilidad de hídrica con base en la precipitación multianual, obteniendo ambientes secos, húmedos, muy húmedos y con precipitación excesiva (perhúmedos) para alturas menores a 1.600 msnm.

La estrategia era identificar aquellas áreas que pudieran ser problemáticas para el cultivo por presentar niveles de precipitación y capacidad de retención de humedad de los suelos muy altos. Se definió, con base en los parámetros climáticos de El Espinal y de manera preliminar para este ejercicio, como precipitación máxima acumulada aceptable para el cultivo de mango 1.500 mm/año; sin embargo, cabe anotar que en este caso el requerimiento depende principalmente de la distribución de la lluvia durante el año. Así mismo, se generó cartografía digital de ambientes muy húmedos y calurosos que favorecen el desarrollo vegetativo



Mapa 3. Disponibilidad hídrica en las regiones productoras de mango en Colombia. SIG-Corpoica, C.I. Nataima, 2009B.

del cultivo e influyen negativamente en la floración o fructificación por problemas fitosanitarios. De otro lado, se asume que los ambientes secos favorecen un crecimiento más lento del árbol, con la presencia de etapas de reposo definidas por los períodos de verano, donde la maduración de los brotes y la floración presentan mayor probabilidad de éxito una vez se reinicie el crecimiento, cuando se presenten las lluvias o se suministre riego.

En esta previa zonificación se excluyeron aquellos ambientes edafoclimáticos por encima de los 2.000 msnm, suelos pantanosos y áreas sin suelo aparente (material parental expuesto). Por efectos de visualización de la escala en los mapas se generaron grandes grupos.

Ambientes con precipitación excesiva (APE): ubicados principalmente en zonas de ladera fuertemente onduladas a quebradas (25-50%), con vocación agroforestal y forestal, con niveles de precipitación mayores a 4.000 mm/año, en suelos bien drenados, y en su mayoría superficiales y de muy baja fertilidad.

Ambientes muy húmedos (AMh): ubicados primariamente en zonas de ladera, en alturas de 1.000 a 1.600 msnm, con pendientes moderadas a escarpadas mayores al 50%, con suelos superficiales a moderadamente profundos, bien drenados en su mayoría, de fertilidad moderada a baja, y con niveles de precipitación entre 2.000 y 4.000 mm/año.

Ambientes húmedos (Ah): ubicados en suelos de ladera (500 a 1.000 msnm) y planos (<500 msnm), con diversa capacidad de uso y fertilidad muy variable, suelos bien drenados, superficiales a moderadamente profundos, con pendientes menores al 25% (ocasionalmente mayores). La precipitación es superior a los 1.500 mm/año, llegando en la zona plana hasta los 2.000 mm/año y en zona de ladera superiores a 2.000 mm/año.

Ambientes secos (AS): son suelos con vocación agrícola o pecuaria, bien drenados en su mayoría, superficiales a moderadamente profundos, planos a ligeramente inclinados, con niveles de precipitación menores a 1.500 mm/año, ubicados en alturas menores a 1.500 msnm.

En la Tabla 3 se muestran las áreas por ambiente y departamento. Se hace claridad que las áreas secas (AS) en algún momento del año requieren de riego, y en las áreas húmedas (Ah) no se requiere de riego suplementario, si bien los problemas de tipo fungoso pueden afectar la floración y producción. Los demás ambientes no son recomendados. *De la descripción climática de la zona se deduce que la variable que presenta mayor probabilidad de afectar las etapas de desarrollo de los huertos de mango es la precipitación y el contenido de agua en el suelo, por ser la que presenta mayor variabilidad a lo largo del año y entre las mismas zonas productoras. La temperatura puede presentar un menor efecto, debido a que las diferencias durante el año dentro de cada zona no son muy variables. Como conclusión a lo anterior se plantea lo siguiente:*

- El evento ENSO, en sus fases niño y niña, afecta directamente los huertos de mango. La región productora que más se ve afectada es la central. El evento tipo niña es el más nocivo porque afecta negativamente la floración (cosecha año 2008).

Tabla 3. Relación de la clasificación de las tierras por departamento con base en la disponibilidad de agua. C.I. Nataima, 2007.

DEPTO.	NA	APE	AMH	AH	AS	R*	U	Total
Antioquia	399.843	2.906.816	716.186	560.704	0	119.276	4.460	4.707.286
Atlántico	32.717	0	0	259.655	36.030	0	2.242	330.643
Bolívar	428.887	836.793	174.778	981.416	0	232.126	1.003	2.655.003
Boyacá	45.404	358.807	170.990	32.949	4.236	622	0	613.007
Caldas	679	170.763	171.005	68.899	1.402	0	0	412.747
Cauca	63.304	905.870	394.596	194.790	33.011	0	0	1.591.572
Cesar	214.049	310.859	203.184	1.320.667	4.763	0	250	2.053.771
Córdoba	319.728	1.138.047	880	993.088	0	44.458	220	2.496.419
Cundinamarca	5.404	327.095	301.581	341.722	15.979	0	0	991.781
Huila	50.416	97.063	339.060	426.012	62.184	0	738	975.474
Magdalena	371.182	154.908	100.316	1.488.355	0	0	509	2.115.271
Quindío	1.169	0	80.454	707	0	0	450	82.781
Risaralda	3.282	45.120	121.562	11.504	0	0	324	181.792
Santander	330.738	1.024.740	358.941	290.562	44.984	0	991	2.050.955
Sucre	317.083	0	0	653.471	0	94.202	135	1.064.892
Tolima	24.325	141.896	328.364	889.873	27.645	0	735	1.412.839
Valle del Cauca	107.107	557.944	390.398	325.722	114.850	0	7.117	1.503.139
Total	2.715.317	8.976.722	3.852.295	8.840.097	345.084	490.684	19.174	25.239.373

* Abreviaturas: Ríos = R, Zona Urbana = U, No aplica = NA, Precipitación excesiva = APE, Muy húmedo = AMH, Húmedo = AH, Seco = AS

- Los predios que cuenten con riego suplementario pueden tener una ventaja adicional en los eventos tipo niño con relación a aquellos que no lo disponen.
- Las áreas con condiciones extremadamente húmedas donde el balance hídrico esté a favor de una sobreoferta de agua durante todo el año, no se considerarán adecuadas para el cultivo de mango.
- Ambientes con disponibilidades hídricas menores y presencia de períodos secos muy definidos, son los más adecuados para el cultivo de mango, preferiblemente se debe tener acceso a riego.

5. Cartas fenológicas por zona productora

El objetivo final en los trabajos de fenología es buscar los períodos más críticos para el rendimiento del cultivo, establecer programas de manejo sanitario preventivos y buscar las condiciones favorables para la comercialización. Por tres años consecutivos (2007 a 2009) se realizaron observaciones y seguimiento *in situ* a los cambios morfológicos de yemas en reposo, en árboles de mango de 15 años (García, L. J. 2009).

A manera de ejemplo, se presentan a continuación los resultados promedio mensuales obtenidos del seguimiento realizado a la fenología del mango durante estos tres años, en predios ubicados a diversas alturas sobre el nivel del mar (desde los 0 m hasta 960 m) en tres zonas productoras (Tolima, Cundinamarca y Magdalena). Se debe tener en cuenta que, en primer lugar, las condiciones climáticas durante esos tres años fueron muy variables, lo que afectó significativamente la fenología de los árboles, especialmente en el centro del país (punto 4.2 “Comportamiento climático interanual”) y en segundo lugar que la duración de los eventos fenológicos es significativamente afectada por las prácticas de manejo normales dadas por los propietarios de los predios donde se adelantaron las observaciones.

5.1 TOLIMA

La variedad Keitt presentó estados fenológicos en mayor intensidad hacia el desarrollo vegetativo, con un pico máximo del 10% de brotación de yemas. Estos bajos niveles de actividad biológica en la copa del árbol obedecen al tamaño alcanzado en los 15 años de desarrollo, que influye en el comportamiento diferencial de la actividad de las yemas según estén ubicadas en la copa y en el sombreado entre árboles. Los niveles de floración y fructificación fueron muy bajos, presentándose tan solo una cosecha importante en el primer semestre. Los datos promedio se vieron afectados por la excesiva precipitación en el año 2008.

La variedad Van Dyke presentó un comportamiento muy similar a la Keitt en cuanto al porcentaje máximo de activación de yemas, encontrándose mayor activación de yemas reproductivas en el primer semestre y menor en el segundo, donde se generaron principalmente brotes vegetativos. Aun así se aprecia la presencia de dos cosechas en el año, a diferencia de la variedad Keitt. La cosecha del primer semestre se caracterizó por presentar el doble de floración y formación de frutos que el segundo semestre. Las intensidades de floración fueron muy bajas (<3%).

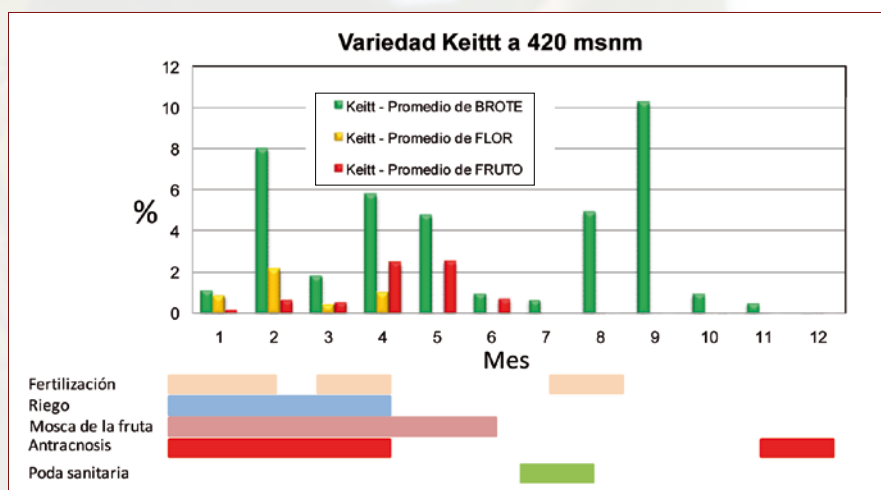


Figura 14. Carta fenológica de la variedad Keitt en la región baja del Tolima. Datos promedio de tres años (2007 a 2009). Corpoica C.I. Nataima, 2010.

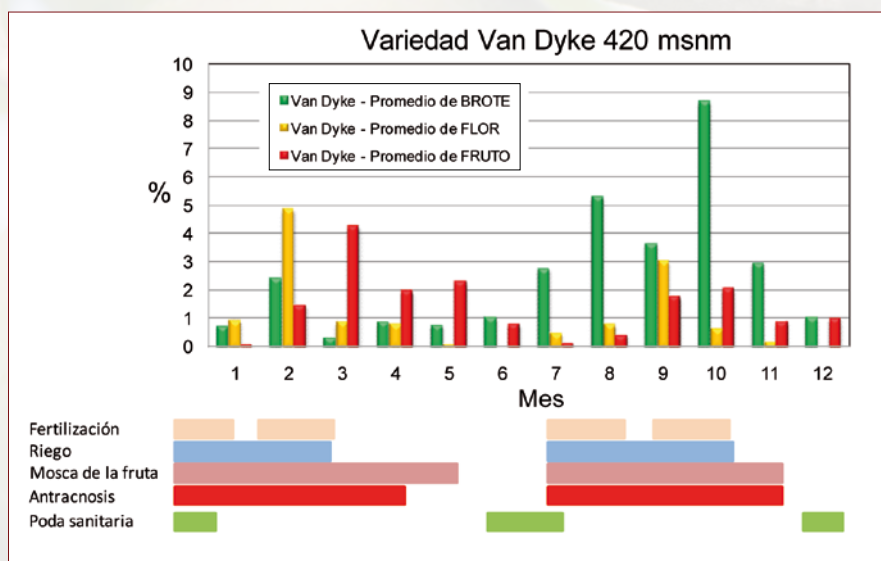


Figura 15. Carta fenológica de la variedad Van Dyke en la región baja del Tolima. Datos promedio de tres años (2007 a 2009). Corpoica C.I. Nataima, 2010.

La variedad Tommy Atkins presentó una menor activación de yemas con relación a las anteriores, pero los picos de cosecha fueron más altos para el segundo semestre, presentándose la activación de yemas reproductivas y vegetativas en forma simultánea y con mayor intensidad (6%). Durante todo el año fue posible observar emisiones de brotes foliares y reproductivos en forma simultánea pero de baja intensidad, lo que indica claramente la falta de sincronización en el desarrollo de la copa.

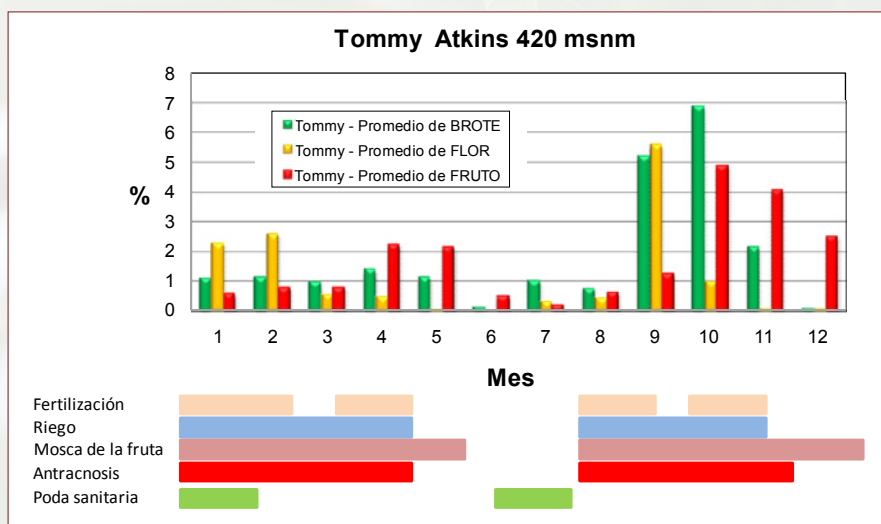


Figura 16. Carta fenológica para el manejo de la variedad Tommy Atkins en la región baja del Tolima. Datos promedio de tres años (2007 a 2009). Corpoica C.I. Nataima, 2010.

En cuanto a la variedad Yulima, esta presentó los mayores niveles de actividad en las yemas (30%) reflejando una mejor adaptación a las condiciones climáticas observadas, lo cual puede deberse al menor desarrollo y porte de los árboles y a la conocida condición genética de esta variedad para florecer con facilidad. Los niveles de floración en el primer semestre fueron igualmente altos, pero no tanto la fructificación, debido a las pérdidas en la floración por exceso de precipitación del año 2008 que afectó el valor de la media durante los tres años.

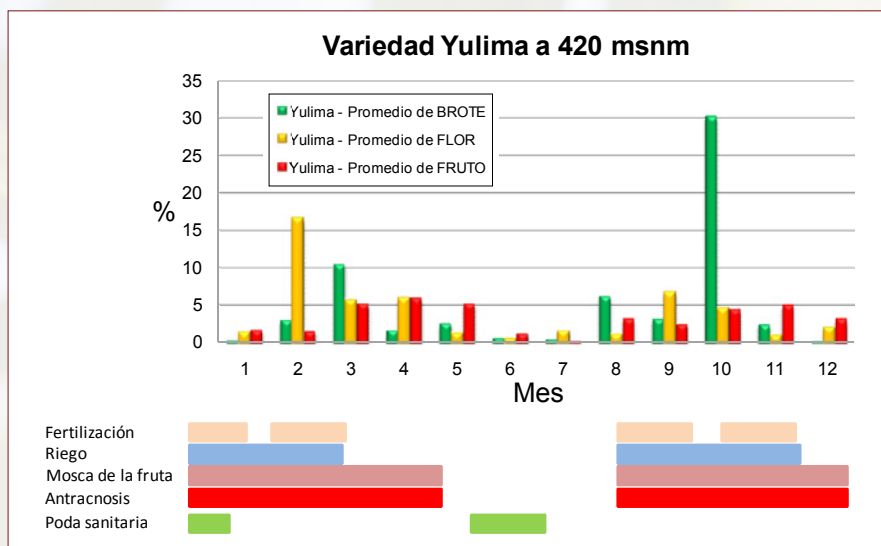


Figura 17. Carta fenológica de la variedad Yulima en la región baja del Tolima. Datos promedio de tres años (2007 a 2009). Corpoica C.I. Nataima, 2010.

La variedad Kent reflejó los niveles más bajos de actividad de yemas vegetativas y casi ninguna actividad reproductiva. Es un árbol que, a pesar de las condiciones climáticas tan variables durante los tres años, no reflejó actividad importante en su desarrollo, indicando una baja adaptación a las condiciones de evaluación (municipios de El Guamo y El Espinal a libre crecimiento y sin estimulación de floración).

Los datos fenológicos presentaron una gran variabilidad entre los tres años de evaluación, pero sin lugar a dudas el año 2008 –en el cual se presentó una excesiva precipitación casi durante todo el año– afectó significativamente los eventos de desarrollo en la copa.

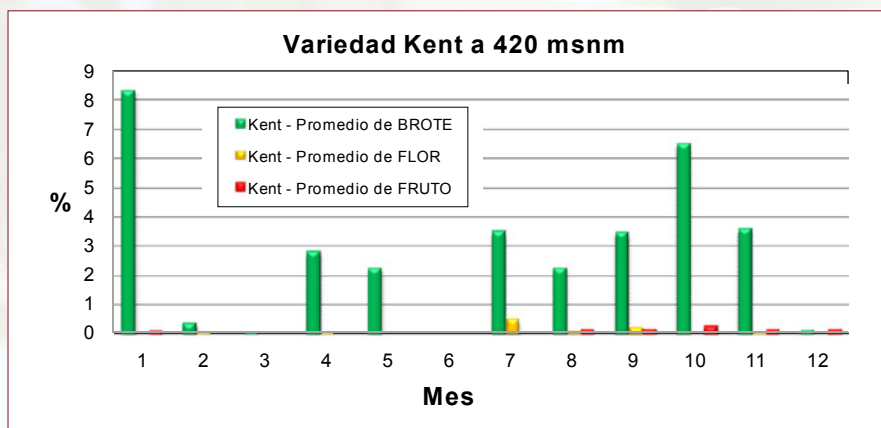


Figura 18. Carta fenológica de la variedad Kent en la región baja del Tolima. Datos promedio de tres años (2007 a 2009). Corpoica C.I. Nataima, 2010.

5.1 CUNDINAMARCA

5.1.1 Parte baja (700 msnm)

La variedad Keitt, también llamada localmente Fairchild, presentó mejor comportamiento en Cundinamarca que en el Tolima. Los niveles de actividad de las yemas fueron mayores (20% como pico máximo) y se diferenciaron claramente dos épocas de cosecha. Las condiciones de variabilidad climática no fueron tan negativas en esta región en comparación con la parte baja del Tolima.

La variedad Tommy presentó una actividad de las yemas similar a la Keitt, pero principalmente en el segundo semestre, ya que la cosecha de primer semestre durante los tres años fue mucho menor. Se presenta actividad simultánea y muy similar en intensidad entre yemas vegetativas y yemas reproductivas, indicando falta de homogeneidad en el desarrollo de la copa del árbol.

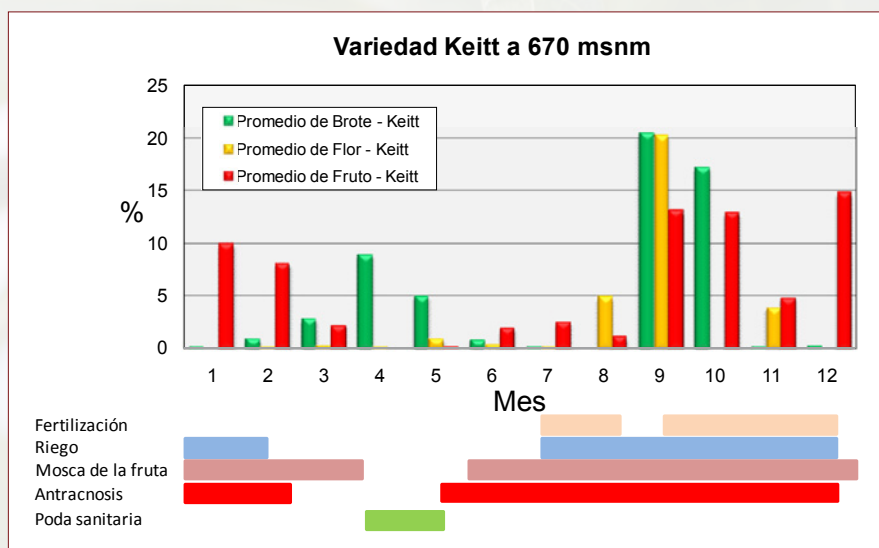


Figura 19. Carta fenológica para el manejo de la variedad Keitt o Fairchild en la región baja de Cundinamarca. Datos promedio de tres años (2007 a 2009). Corpoica C.I. Nataima, 2010.

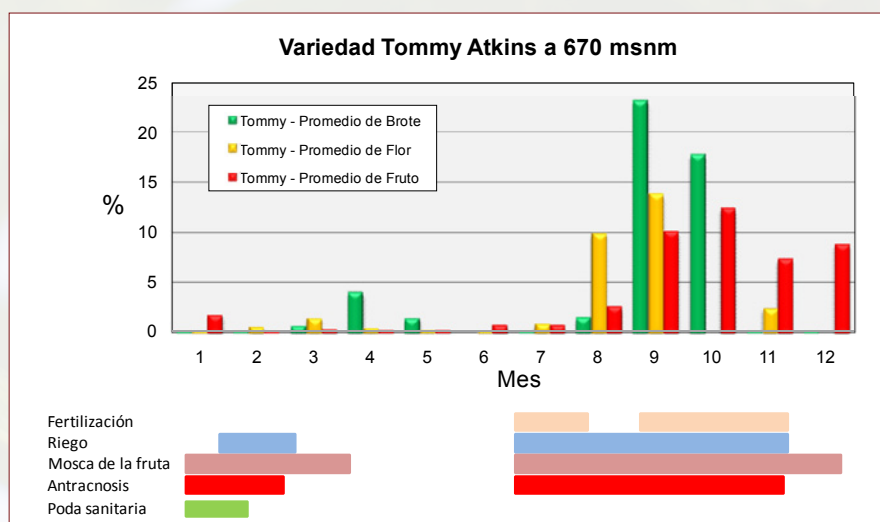


Figura 20. Carta fenológica para el manejo de la variedad Tommy Atkins en la región baja de Cundinamarca. Datos promedio de tres años (2007 a 2009). Corpoica C.I. Nataima, 2010.

5.1.2 Parte alta (1.000 msnm)

A diferencia de la parte baja, donde la variedad Keitt presentó dos épocas de cosecha bien definidas, en la parte alta se presenta mayor definición en la cosecha en el segundo semestre. También se aprecia bastante actividad simultánea de yemas vegetativas y reproductivas en la copa, con picos mayores al 20% de activación de brotes.

La variedad Tommy se comportó de manera similar a la Keitt pero con menor intensidad en los eventos de floración (<8%) pero no de fructificación (<14%); aparentemente los árboles presentaron una menor floración pero un mayor amarre de frutos en la variedad Tommy.

Comparando las dos zonas productoras del interior (Tolima y Cundinamarca) se aprecia claramente un efecto negativo de los árboles de gran tamaño con bastantes yemas inactivas y ramas pasivas en crecimiento sobre la floración y fructificación. De igual manera se aprecia un efecto directo y negativo de los años con excesiva precipitación en el comportamiento fenológico en las plantaciones con alturas menores a 500 msnm. Los árboles de menor porte en Cundinamarca reflejaron una mayor actividad a nivel de terminales, y aunque también los eventos climáticos extremos afectaron su fenología, no fue con la misma intensidad que en el Tolima.

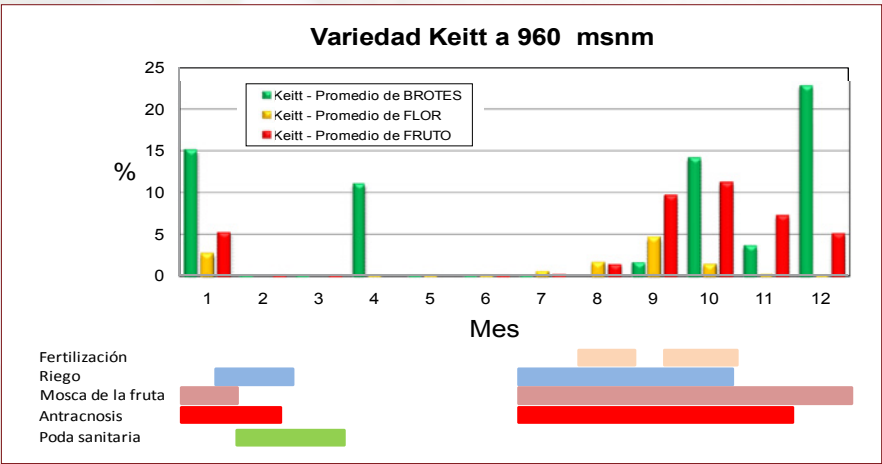


Figura 21. Carta fenológica para el manejo de la variedad Keitt en la región alta de Cundinamarca. Datos promedio de tres años (2007 a 2009). Corpoica C.I. Nataima, 2010.

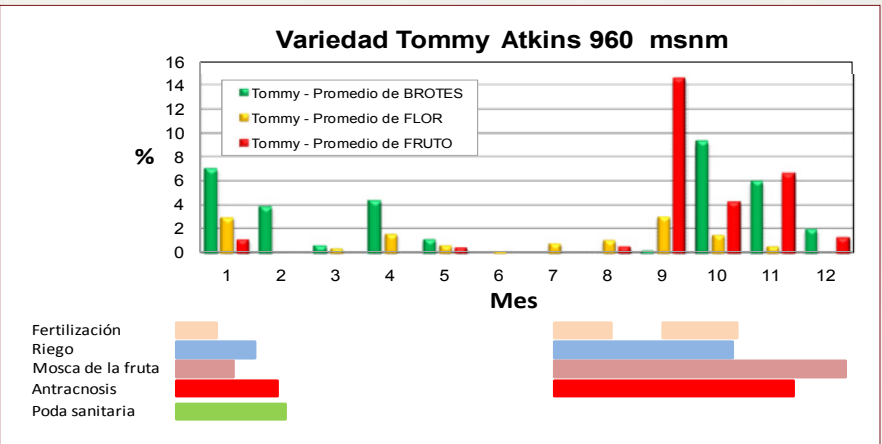


Figura 22. Carta fenológica de la variedad Tommy en la región alta de Cundinamarca. Datos promedio de tres años (2007 a 2009). Corpoica C.I. Nataima, 2010.

5.3 REGIÓN CARIBE (MAGDALENA)

La variedad azúcar presenta claramente tan solo una época de cosecha, y a diferencia del interior del país los niveles de activación de yemas reproductivas y la formación de fruto es bastante alta, indicando una condición muy homogénea del manejo del huerto donde se estableció el experimento. Las menores intensidades en flujos vegetativos denotan claramente una mejor condición fisiológica para evocar el estado reproductivo.

La variedad Tommy tuvo un comportamiento similar pero con menores intensidades en el evento floral y reproductivo que la variedad Azúcar. Fue más común la presencia de eventos de brotación de hojas, pero con menos frecuencia que en el interior del país.

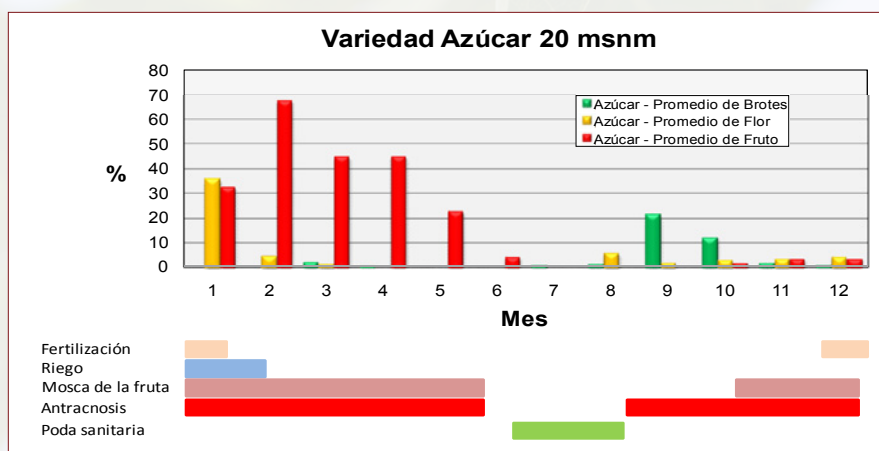


Figura 23. Carta fenológica para el manejo de la variedad Azúcar en la región del Magdalena. Datos promedio de dos años (2008-2009). Corpoica C.I. Nataima, 2010.

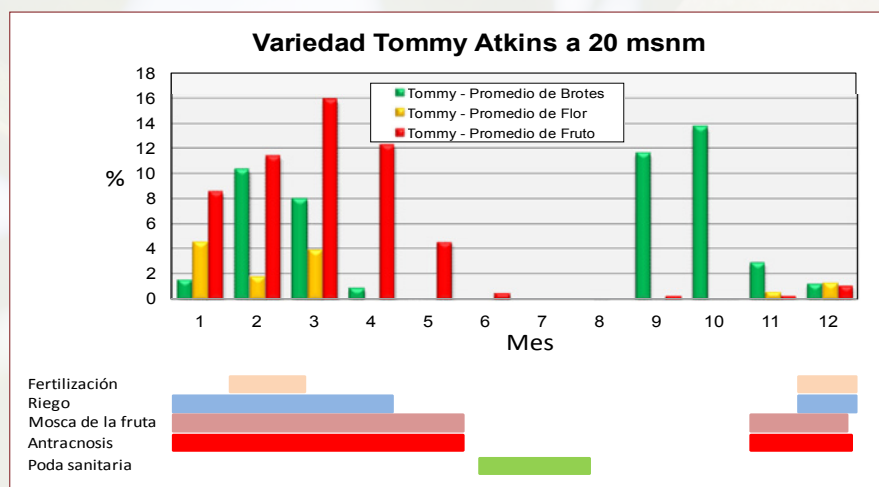


Figura 24. Carta fenológica de la variedad Tommy Atkins en la región baja del Magdalena. Datos promedio de dos años (2008-2009). Corpoica C.I. Nataima, 2010.

Al contrastar las diferentes zonas de producción se notan claramente las diferencias en las intensidades de los eventos fenológicos, mas no en la periodicidad. Los picos de mayor intensidad obedecen a la alternancia de períodos de lluvia y verano; aun así, se aprecia que buena parte de los brotes se activan independientemente del clima durante todo el año.

Las condiciones de invierno en el interior del país desfasan el estado fenológico del árbol y afectan notablemente el estado reproductivo de dos maneras: dañando la floración por efecto de enfermedades (especialmente antracnosis) y por la presencia más frecuente o simultánea de estadios fenológicos vegetativos que favorecen el crecimiento del árbol. A pesar de ello, más del 80% de las yemas de las copas permanecen en estado dormante, y el ambiente favorece el crecimiento de los segmentos pasivos del árbol (ramas principales y secundarias). Esto es más evidente en la parte baja del Tolima.

La excepción es el mango de Azúcar, el cual presenta niveles de actividad fisiológica en casi el 70% de las yemas indicando una mejor adaptación a las condiciones climáticas y sobre todo un interés muy particular por parte del productor en ese cultivo, que se refleja en el desarrollo más homogéneo de la copa del árbol.

La fenología del cultivo en la región Caribe no se vio afectada por los efectos de variabilidad climática interanual para el período 2007-2009, indicando una menor dependencia del fenómeno ENOS en el comportamiento climático de esta región. Se podría deducir de esta experiencia, que las condiciones ambientales desfavorables pueden revertirse con un manejo más adecuado de los árboles, dirigido a uniformizar el estado fenológico y reactivar las yemas que permanecen dormantes durante la mayor parte del ciclo productivo de esta variedad.

6. Modelos de floración en mango

Con el fin de comprender más el fenómeno de la floración errática en el trópico, y principalmente para tener más elementos conceptuales para su manipulación, en este punto se exponen los diversos modelos que explican el proceso de floración en mango. A partir de la experimentación individual de las relaciones entre el ambiente y las condiciones endógenas de la planta se han generado diversos modelos conceptuales sobre el comportamiento floral en mango. Y si bien todos tienen en común su fundamentación en el comportamiento fenológico anual, estos modelos se han agrupado en dos corrientes: modelos fundamentados en la regulación en la distribución de carbohidratos y modelos regulados por el comportamiento hormonal.

6.1 MODELOS FUNDAMENTADOS EN LA DISTRIBUCIÓN DE CARBOHIDRATOS

Los primeros estudios en este tema fueron adelantados por Cull (1991), quien planteó una visión holística sobre los eventos fenológicos que se presentan durante un año, los cuales son gobernados por la condición genética de las variedades y su relación con el medio ambiente (Figura 25); sobre esta visión se plantean las estrategias de manejo del cultivo. Aborda de manera importante las relaciones alternas y temporales, entre crecimiento vegetativo y reproductivo, que le dan cierta confiabilidad al modelo. Se propone que la producción depende de la producción, almacenamiento y redistribución de asimilados durante el ciclo anual de crecimiento.

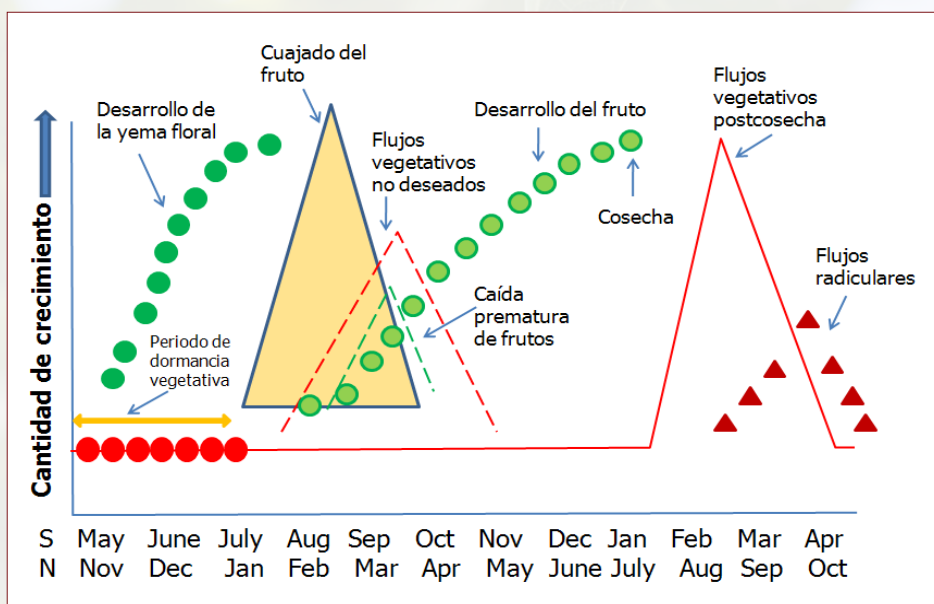


Figura 25. Ciclo fenológico teórico en mango según Cull (1991). S= Hemisferio sur; N= Hemisferio norte

El modelo no explica las diversas circunstancias comunes de éxito o fracaso en los momentos de floración. Tiene además como inconvenientes que no intenta descifrar las particularidades del ambiente ni la situación endógena de la planta para que se presente la inducción floral.

Paralelamente Chacko (1991) planteó una interesante visión sobre las condiciones que favorecen el crecimiento vegetativo sobre el reproductivo, identificando cuáles favorecen la inducción floral y cuáles la inhiben. Deja plasmada la importancia de la detención del crecimiento y la redistribución de asimilados, que resulta en altos niveles de carbohidratos en los brotes, lo que unido a la presencia de un estímulo (desconocido) son la causa de la inducción floral. Con base en la distribución de asimilados, deja claramente identificado que las circunstancias que favorecen el desarrollo vegetativo a su vez favorecen la inhibición de la floración (Figura 26).

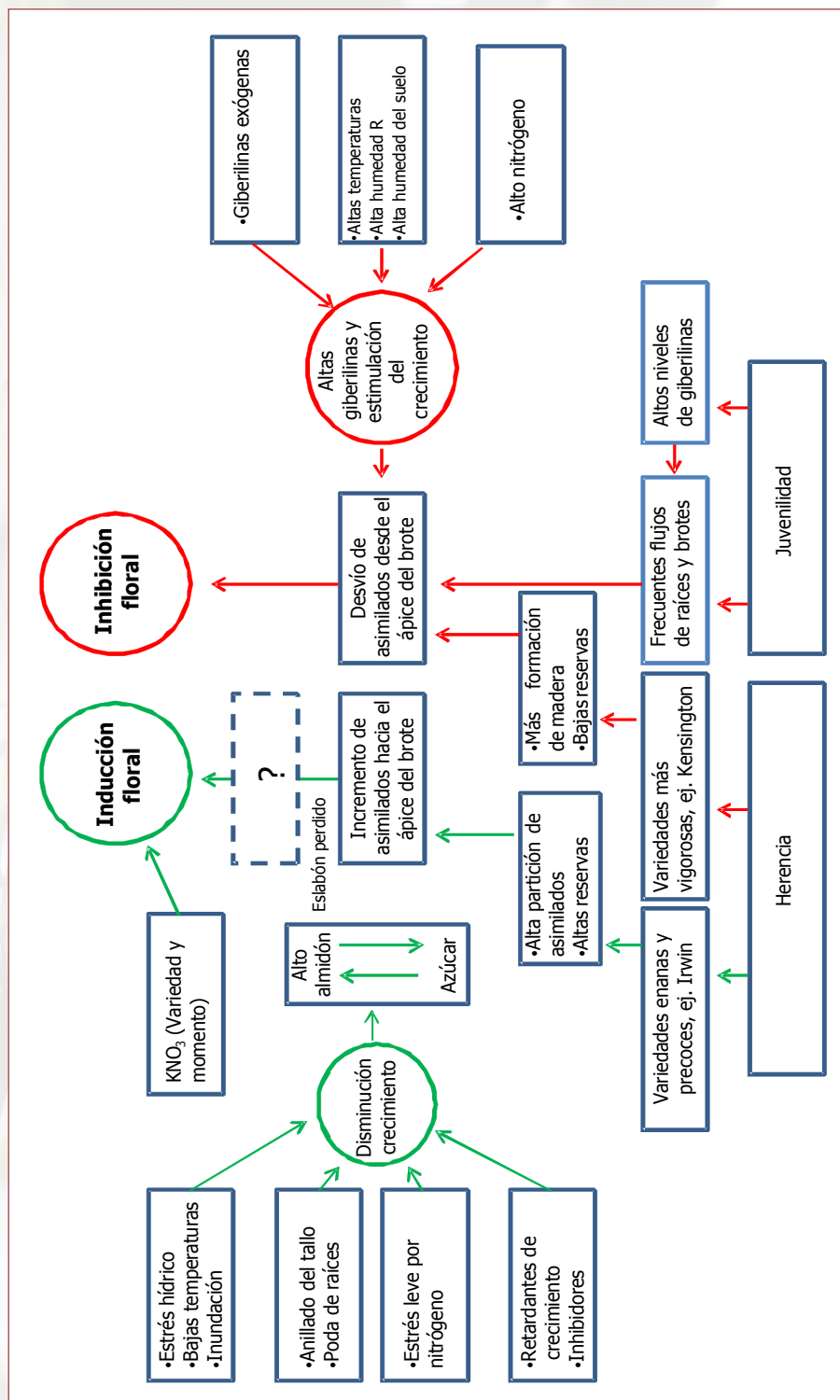


Figura 26. Modelo de floración en mango con base en el flujo de asimilados (Chacko, 1991)

6.2 MODELOS FUNDAMENTADOS EN EL COMPORTAMIENTO HORMONAL

A partir de extensos experimentos sobre la presencia y movimiento de un 'estímulo' floral (desconocido), el cual puede ser transferido mediante injertación. Kulkarni (1991) presentó un modelo regulado hormonalmente, el cual se fundamenta en tres aspectos básicos: la presencia de un promotor (en las hojas), de un inhibidor (en las hojas y frutos) y la necesidad de una etapa particular de actividad de la yema (activa) para que se presente la floración. Deja desde ya planteado que el nivel de la sustancia promotora obedece a factores genéticos y ambientales. El resultado final a nivel de los brotes (inducción vegetativa, reproductiva o mixta) dependerá de los niveles en el 'estímulo'; altos niveles producirán panículas normales, niveles intermedios panículas mixtas y bajos niveles crecimiento vegetativo (Figura 27).

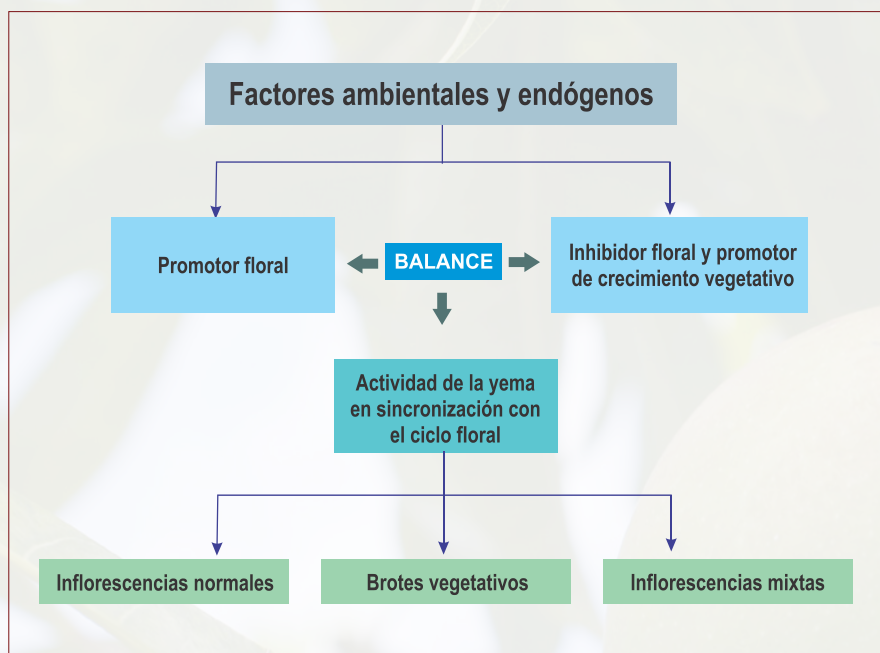


Figura 27. Hipótesis de las tres vías o tres factores sobre la floración en mango, un modelo de floración regulado hormonalmente (Adaptado de Kulkarni, 1991)

Finalmente, con las experiencias de Davenport; Núñez-Elisea (1997) y Davenport (2000, 2006) se plantea un modelo conceptual de floración que incorpora la interacción de factores internos y externos en la regulación reproductiva y vegetativa de las yemas, el cual es producto de la evidencia científica de trabajos en mango e investigaciones en otras especies que crecen en condiciones tropicales y subtropicales con ciclos fenológicos similares (Figura 28)



Se considera que el modelo funciona a manera de ciclo, el cual es regulado hormonalmente. Los brotes vegetativos son fuentes muy ricas en giberilinas y auxinas, que pueden estar involucradas como inhibidores que regulan el ciclo de la

iniciación de los brotes. Las auxinas son transportadas desde los brotes a las raíces después del ciclo vegetativo, provocando a su vez el crecimiento de nuevas raíces, lo que indica ciclos de crecimiento alternos de la copa y las raíces. Los flujos continuos de crecimiento son probablemente una forma de concentrar altos niveles de auxina, que después son transportadas hacia las raíces y paralelamente ejercen una función de dominancia apical, que impide el desarrollo de las yemas laterales. También está comprobado que los niveles de auxina disminuyen con la edad de la hoja.

El momento del crecimiento radical posiblemente depende de la distancia entre los brotes y las raíces (*altura y frondosidad del árbol*), de la condición fisiológica en las vías de transporte y de las condiciones ambientales (temperatura y relaciones hídricas). Las nuevas raíces son fuente de citoquininas, las que son transportadas pasivamente vía xilema hacia los brotes donde activan el crecimiento y la división celular de las yemas (*iniciación*).

Las observaciones sugieren que el rompimiento de las yemas depende de la relación en estas dos hormonas, por lo que deberá existir un valor crítico o balance entre las dos (posiblemente se puede incluir una tercera, como se verá más adelante) para que se presente la iniciación floral, por encima de la predominancia individual de cualquiera de ellas. Está demostrada científicamente la disminución de los niveles de auxina y el aumento de las citoquininas durante los períodos de reposo en mango.

El ciclo se reinicia en el momento en el cual se alcance un nivel crítico en la proporción de ambas –que produzca la iniciación de la yema y el crecimiento nuevamente– y se va desacelerando con la edad del árbol, de tal manera que en árboles muy viejos se presentan muy pocos flujos, casi uno por año.

De otro lado, la presencia de frutos en las ramas también influye en la inhibición de la iniciación o rompimiento del brote (por los altos niveles de producción de auxinas y giberilinas). Igualmente, la aplicación exógena de AG₃ retrasa la iniciación floral, aunque se tengan condiciones inductivas, lo que reafirma el hecho de que las giberilinas juegan un papel muy importante como inhibidores de la floración en mango en las condiciones del trópico.

La condición de estrés hídrico severo no solamente inhibe la iniciación del brote al influir directamente en la restricción del crecimiento celular (división y elongación), sino además en el movimiento de las citoquininas desde las raíces. *No está claramente* identificado el papel del estrés como estímulo de la *inducción floral*, al contrario, debido a la disminución en la transpiración por la resistencia estomática las citoquininas se producen bajo estas condiciones en las raíces sin poder ser transportadas rápidamente, al igual que el transporte de las auxinas. Lo más seguro es que la rehidratación del sistema, después de algunos días de sequía, produce rápidos cambios en la proporción de las dos fitohormonas, lo que explicaría la rebrota-

ción normal después de salir del estrés. Si el estrés es suave se produce la brotación sin necesidad de riego adicional.

El modelo también explica, para las condiciones del trópico, la presencia esporádica de flujos de crecimiento en la copa; ello está relacionado con el proceso de crecimiento y la formación de la misma. Cuando los árboles son jóvenes los flujos son sincronizados (desarrollo muy homogéneo del dosel), pero a medida que incrementa el tamaño de la copa y la edad del árbol los flujos son menos frecuentes y se pierde la sincronización, *presentándose flujos esporádicos vegetativos o reproductivos por secciones de la copa*. Es muy probable que a medida que se incrementa la distancia entre los brotes y las raíces se afecte la vía de transporte de auxinas y citoquininas, demorando por más tiempo los altos niveles de auxina en los brotes. Así mismo, de acuerdo con el manejo dado a la copa, la comunicación directa entre los brotes y las raíces dependerá de la disposición anatómica del floema y xilema, *lo que producirá, en diferente época, ciclos individuales en ciertas secciones de la copa con relación al resto del árbol*.

La sincronización completa del árbol solo se puede presentar al exponerlo a temperaturas bajas, estrés hídrico, poda suave de todo el árbol o cualquier otra condición lo suficientemente fuerte que afecte el balance o proporción entre auxinas y citoquininas en las yemas en toda la copa.

Según lo manifestado por Kulkarni (2004), la inducción de los brotes está gobernada por la proporción de un estímulo floral regulado por las bajas temperaturas y un inhibidor floral que depende de la edad del brote, presentes en las hojas en el momento de la iniciación; de tal manera que el desarrollo final de la yema dependerá de la proporción de ambos. Como la condición mundialmente reconocida para la producción del estímulo floral es la presencia de temperaturas nocturnas menores a 18 °C (aunque en Venezuela y Perú, se tienen reportes de 20 °C), las cuales difícilmente se presentan en el trópico, para este caso se considera que *la inducción floral se presenta cuando el brote alcanza una edad en la cual la proporción del promotor de la floración, con relación a la disminución del inhibidor, alcance un umbral o nivel que proporcione la inducción, siempre y cuando los brotes hayan previamente pasado la etapa de iniciación*. Por ello, es común la presencia de floración en momentos fuera del período normal de cosecha, así como la presencia de brotes mixtos. Esta es la razón por la que se considera que la respuesta reproductiva puede atribuirse a la alta proporción del estímulo floral con relación al inhibidor floral. La sensibilidad de esta respuesta es genética.

Las evidencias indican que el inhibidor puede ser una giberilina; este hecho es ampliamente soportado por las experiencias de campo con productos inhibidores de la síntesis de giberilinas (triazoles y otros retardantes del crecimiento), proporcionando buenas floraciones en épocas fuera de cosecha bajo condiciones marginales o no inductivas.

7. Manipulación de la inducción floral

El mayor interés por parte de los productores es obtener cosechas cuando el precio del mango es alto. *La manipulación de la floración en el trópico es una importante estrategia, que de ser utilizada ampliamente podría evitar la coincidencia de picos máximos de cosecha entre zonas productoras.* Si se hace de una manera organizada y con planificación, permitiría tomar ventajas en los momentos oportunos de escasez del mercado. El principal problema presentado en la manipulación de la floración en nuestro país son los resultados aparentemente inciertos en unos casos y exitoso en unos pocos. Los casos exitosos (Figura 29) permiten inferir la viabilidad de la aplicación de métodos físicos y químicos para adelantar, retrasar o incrementar la floración en mango.



Figura 29. Sincronización de floración con manejo de estrés hídrico, paclobutrazol (PBZ), madurantes a base de etileno, aplicaciones foliares de nitrato de potasio y riego. Finca las Lomas, Tocaima (Cundinamarca).

Como se ha venido manifestando reiteradamente en este documento, el factor crítico que regula la inducción floral del mango en el trópico es la madurez del brote (Figura 30).

Un brote en crecimiento (A) contiene niveles altos de auxinas y giberilinas que permiten el crecimiento vegetativo. Al llegar un período de reposo por efecto del verano, los contenidos de esos dos reguladores disminuyen de manera importante a medida que la hoja madura (B), favoreciendo el balance de hormonas vegetales hacia sustancias promotoras de floración y citoquininas; estas últimas, responsables

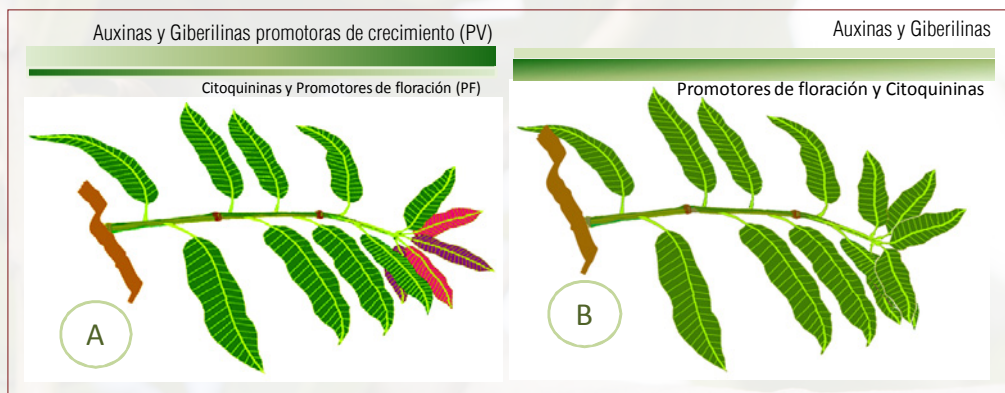


Figura 30. Ilustración del balance hormonal a considerar en un programa de manejo de la floración en un brote: A) nuevo y B) maduro. Adaptado por García, 2010.

de la reactivación de la división celular en el meristemo terminal, son transportadas desde las raíces en crecimiento durante la época seca. Por eso es importante que el estrés hídrico no sea severo, ya que además de deshidratar los tejidos vegetales se paralizaría el flujo transpiratorio necesario para su movimiento desde las raíces (si se aplica riego suave en plantas expuestas a períodos de sequía se puede estimular este movimiento). La concentración de sustancias promotoras de floración en hojas maduras es por efecto acumulativo (número de hojas maduras), puesto que allí son sintetizadas, y en condiciones cálidas este efecto puede ser degradado rápidamente en menos de una semana (Davenport, 2009).

Al no ser la temperatura un factor determinante de la floración en el trópico, un programa de floración *teóricamente* puede ser iniciado en cualquier momento del año, independiente de la presencia o ausencia de frutos. Se deben prever los momentos adecuados de cosecha según la disponibilidad del riego y de los mercados; no es procedente buscar floraciones en épocas de inicio de lluvias debido a la alta susceptibilidad de las flores y los estadios iniciales del fruto a enfermedades durante esta estación.

7.1 USO DE LA PODA

Es necesario recordar el papel de la temperatura y la humedad, características del trópico en el crecimiento de las plantas y en especial de los árboles. La emisión de flujos sucesivos de crecimiento en las ramas va creando dos compartimentos: uno *pasivo*, con función de soporte, conducción de agua y transporte de savia, que corresponde a las secciones denominadas primarias y secundarias del tallo y la raíz; y otro *activo*, que corresponde a las secciones terciarias donde se sitúan los puntos de crecimiento (Figura 31).

Para el caso de los huertos de mango, a medida que el árbol va creciendo las copas se van cerrando impidiendo la penetración de la luz y generando muchos elementos

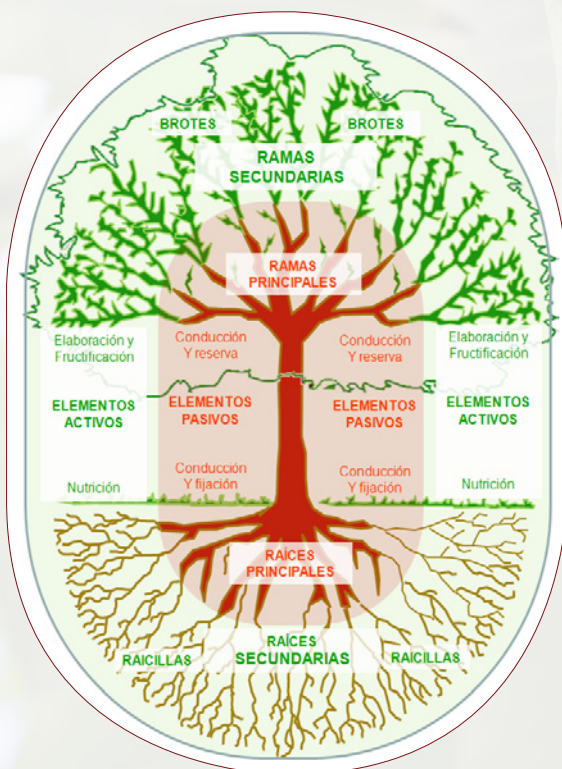


Figura 31. Diagrama que ilustra la estructura de un árbol adulto en el trópico a partir de flujos sucesivos de crecimiento. Adaptado por García L. J., 2010.

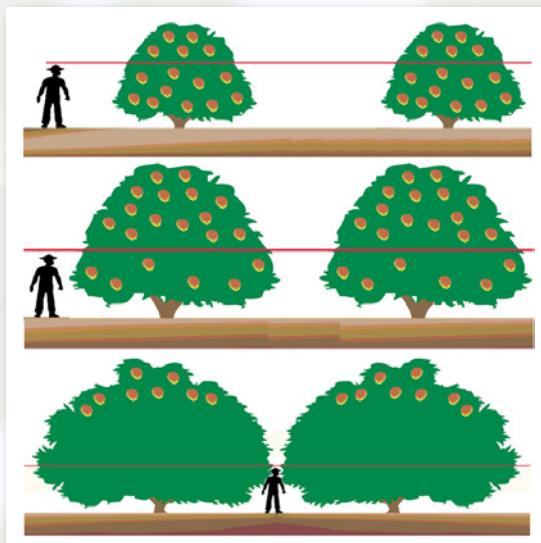


Figura 32. Ilustración sobre el patrón natural de crecimiento de un árbol de mango bajo condiciones de trópico cálido sin control estructural. Adaptado por García L. J., 2010.

pasivos en él (madera). En el largo plazo este tipo de arquitectura en un huerto dificulta su manejo, la cosecha misma y favorece la proliferación de enfermedades y plagas. Como resultado final aumenta la proporción de yemas en reposo permanente sobre yemas activas, las que se ubican en la parte superior de la copa, donde las hojas reciben directamente los rayos solares (Figura 32).

Esta situación es más marcada en las zonas productoras situadas a alturas menores de 500 msnm con precipitaciones cercanas o mayores a 1.500 mm/año, y en suelos de texturas medias a finas que le confieren buenas características de retención de humedad. En zonas de mayor altitud y/o con suelos de texturas gruesas, o en áreas con períodos secos definidos de más de tres meses, los árboles tienden a crecer mucho menos.

Existen métodos de manejo e inducción floral en árboles de gran porte, pero todos ellos van dirigidos disminuir gradualmente su tamaño en un mayor período de tiempo. Estos métodos pueden ser de utilidad en huertos de patio con un bajo número de árboles. En huertos comerciales se sugieren métodos más drásticos, por bloques y épocas, para no perder totalmente la producción durante el tiempo en que se programe la adecuación estructural de los árboles. La realización de podas estructurales severas dependerá de la arquitectura que presente el

árbol (Figura 33). Con este método dos años después se obtienen árboles de bajo porte para iniciar un programa de manipulación de la floración, sin perder completamente la producción durante el tiempo que dura el proceso.

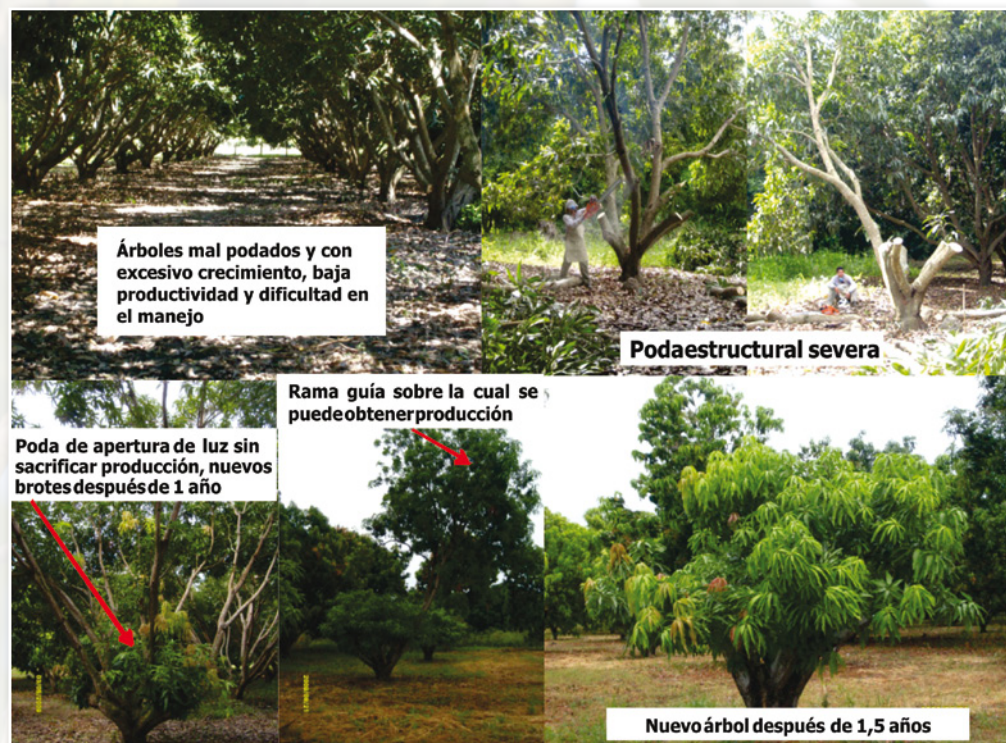


Figura 33. Ilustración de algunos ejemplos de diferentes tipos de poda estructural para disminuir altura y renovar la copa de árboles adultos de mango. Corpoica C.I. Nataima, 2007 – 2009.

Todo programa de manipulación floral debe partir del concepto de *sincronización del crecimiento vegetativo de las copas* de los árboles en los huertos. Es necesario que la sincronización del crecimiento en cada una de las ramas de la copa sea en la misma etapa fisiológica de madurez, para que el manejo pueda ser más exitoso y uniforme. La sincronización del crecimiento se debe realizar con una poda de puntas de todas las ramas del árbol. La poda de puntas no solamente causa un flujo uniforme de crecimiento en toda la copa, sino que remueve factores de inhibición de crecimiento y floración en las ramas derivadas de previas etapas de floración y fructificación (Davenport, 1990 – 2000 - 2005; Davenport y Núñez-Elisea, 1997). La poda de puntas también estimula el aumento del número de brotes laterales, lo que asegura una mayor floración. Es esencial que los árboles tengan un adecuado nivel hídrico en el momento de la poda para facilitar una respuesta rápida, porque incluso un suave estrés hídrico durante la estación seca disminuye la iniciación de brotes, y como se vio anteriormente esta condición es fundamental para que se dé positivamente el proceso de inducción floral.

Hay tres factores que deben ser monitoreados con el fin de evitar un segundo flujo vegetativo indeseado antes del momento oportuno para realizar la estimulación floral:

- La profundidad de la poda: si no se utilizan reductores de crecimiento (ej: PBZ) se sugiere despunte del último flujo de crecimiento. Podas más profundas emiten nuevos flujos vegetativos que requieren mayor tiempo para madurar (Figura 34).
- El manejo de la fertilización durante la estación húmeda (a través del monitoreo de los niveles de nitrógeno en la hoja): no se debe exceder la aplicación de nitrógeno. En suelos de buena fertilidad natural, las aplicaciones al suelo prácticamente pueden ser suprimidas.
- El manejo del agua durante la estación seca: riego o lluvias prematuras antes de la maduración de las hojas pueden causar flujos vegetativos en lugar de reproductivos.

Estos tres factores interactúan simultáneamente para promover o inhibir un segundo flujo de crecimiento; por ejemplo, la reducción en la disponibilidad de agua, de tal manera que las plantas estén bajo condiciones suaves de déficit hídrico, provoca que se presente un solo flujo sin tener en cuenta la profundidad de la poda (balance entre inhibidor y promotor) o los niveles de nitrógeno (estimulan crecimiento vegetativo). Es conocido que la reducción de los niveles de nitrógeno puede inhibir un segundo flujo durante la estación de lluvias (Davenport, 2003), por ello la fertilización con nitrógeno debe ser restringida en el trópico para árboles en producción o en un programa de inducción de floración.

La poda puede ser una muy buena opción para manejar la floración en zonas donde se presente estrés hídrico prolongado, como es el caso de Santa Marta y Ciénaga en la región Caribe, o por crecimiento lento, como la zona alta de Cundinamarca. Allí trabajar la poda de despunte o la eliminación de flores (*debblossoming*) puede ser suficiente para incrementar la floración, pero podas más profundas (Figura 34) y la presencia ocasional de lluvias fuertes en épocas de verano pueden provocar flujos secundarios vegetativos. Los resultados se pueden mejorar con el uso de madurantes e iniciadores de crecimiento (ver más adelante puntos 7.2 a 7.4). En la figura 34 se ilustra la recomendación básica de los sitios de poda en una rama de mango.

En regiones más húmedas y fértiles como El Espinal la poda deberá ser más exigente y continua, desde el establecimiento de los huertos. En árboles en producción es preciso considerar que podas profundas sin tener como mínimo cuatro flujos de crecimiento pueden promover flujos vegetativos principalmente. En huertos adultos y en producción los resultados no serán del todo positivos con el despunte, tendrá *resultados inciertos* por la desincronización fenológica del árbol, el predominio de secciones pasivas en el árbol, las grandes distancias entre las raíces y los puntos activos de brotación y fructificación; todo lo anterior ralentiza (hace más lento) el ciclo floral. *Allí se deberá recurrir a métodos adicionales para provocar la inducción floral después de la poda, como el uso de reductores de crecimiento y madurantes.*

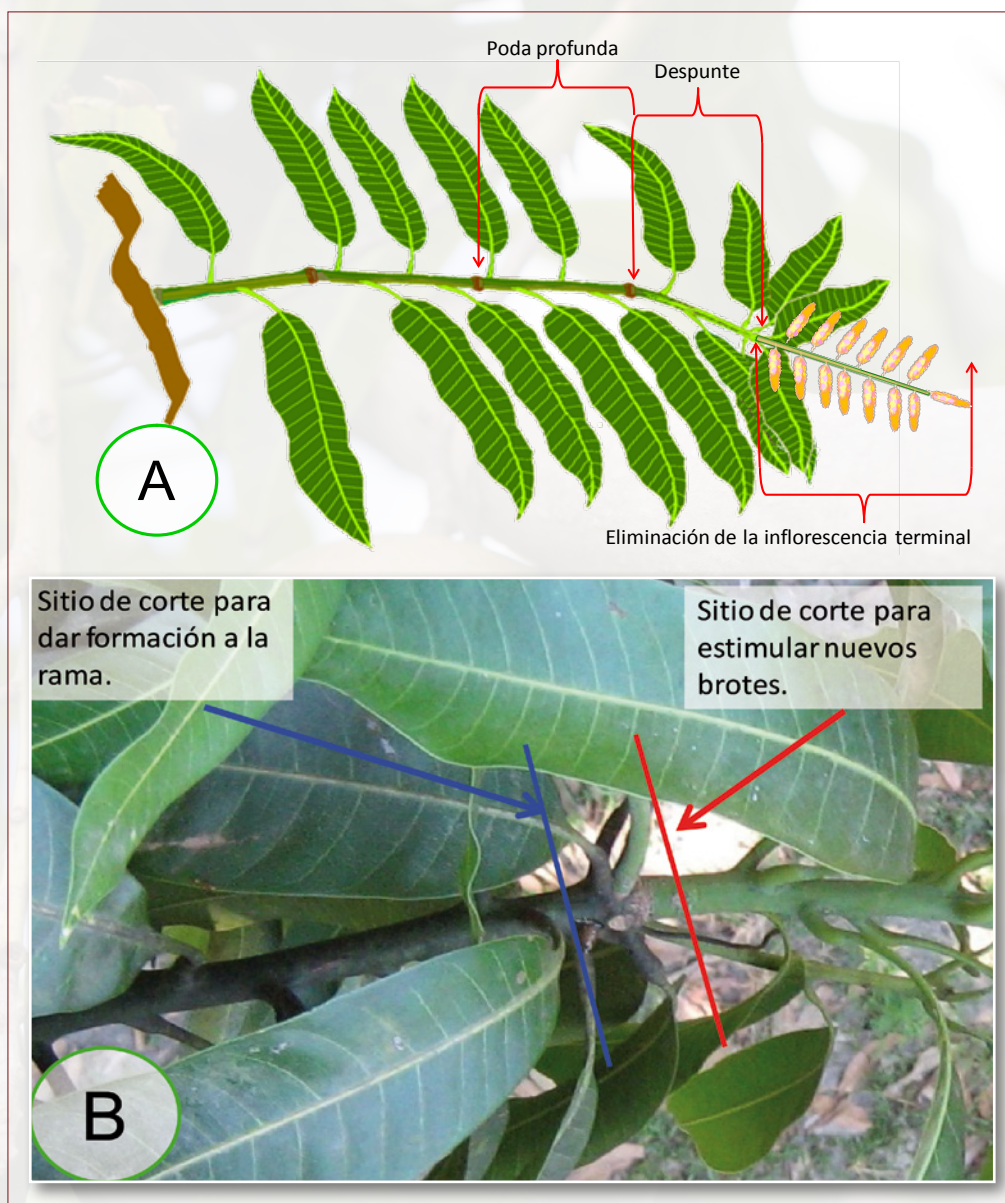


Figura 34. Ilustración las secciones a eliminar para poda superficial de sincronización y cosecha (despuntos) o podas profundas de retraso (A) y de los sitios de corte (B) en ramas maduras de mango. Adaptado por García L. J., 2010.

7.2 USO DE RETARDANTES DE CRECIMIENTO

Los reguladores químicos del crecimiento se han probado en frutales de zonas templadas, principalmente en manzano, durazno y ciruelo. En los últimos años se han utilizado en frutales tropicales tales como aguacate y mango, obteniéndose reducciones

considerables en el crecimiento vegetativo e incrementos en los rendimientos, siendo una práctica muy utilizada para cambiar el ciclo fisiológico de estos cultivos con el fin de *alterar* los períodos de cosecha. Existen diversos tipos de reductores de crecimiento, siendo más usado comercialmente el Paclobutrazol (PBZ), el cual es un regulador de crecimiento sistémico que, en términos generales, en árboles frutales favorece la formación de un árbol más pequeño y fácil de manejar, mejorando la penetración de la luz alrededor de toda la copa al reducir la longitud de los entrenudos y la producción de brotes laterales, disminuyendo los requerimientos de poda; así mismo, aumenta la cantidad de yemas florales e induce una proporción mayor de inflorescencias en la parte inferior e interior del árbol (Burondkar y Gunjate, 1993; Werner, 1993; Cardoso, 2007).

Este producto químico (PBZ) inhibe la biosíntesis de giberilinas, retardando el crecimiento vegetativo (Figura 35) y facilitando la formación de yemas florales. Es ampliamente utilizado como inhibidor del desarrollo vegetal. Dependiendo de la formulación puede ser absorbido por el tallo, las hojas o las raíces, y puede aplicarse por aspersión a la planta o como tratamiento al suelo. Este último método (drench) es el más utilizado y eficaz en mango. También se ha reportado su efecto sobre los niveles de ácido abscísico, etileno y ácido indolacético, aumentando los contenidos de citoquininas, algo muy deseable para la inducción floral (Chen, 1983). Es utilizado en muchos cultivos para el control del crecimiento, para disminuir la frecuencia y costos de podas, y programar la producción del cultivo.



Figura 35. Comparación en el crecimiento y color de las hojas no tratadas (izquierda) y tratadas (derecha) con PBZ. Corpoica C.I. Nataima, 2010.

La aplicación más efectiva de PBZ es al suelo, en la base alrededor del tallo o en el tercio medio de la proyección de la copa. Debido a su baja solubilidad se aconseja después de aplicado, regar continuamente para que sea completamente absorbido por las raíces. Los árboles tratados deben estar sanos y vigorosos, con mínimo dos flujos vegetativos de crecimiento después de la cosecha. Se recomienda principalmente para los frutales manejados en forma intensiva y debe usarse en combinación con buenas prácticas frutícolas (Milfont, 2006).

La recomendación general consiste en una dosis de 1 gramo de i.a. por metro de diámetro de copa; sin embargo, las experiencias en campo indican que esa dosis es adecuada para árboles con diámetros de copa entre 3 a 5 m. Para más pequeños es excesiva, y para más grandes es reducida (Mouco y Albuquerque, 2004).

Uno de los aspectos más importantes es establecer la dosis más adecuada o efectiva que permita la obtención de cosechas buenas y rentables para el productor, bajo nuestras condiciones. Con base en experiencias internacionales, se recomiendan para árboles de mango entre 3 a 4 años dosis de 2,5 a 3,75 g i.a./árbol, mientras que en árboles mayores de 5 años se aconsejan entre 5,0 a 10,0 g i.a. por árbol. Estas dosis pueden variar dependiendo de las condiciones edafoclimáticas y de la variedad. En nuestro país son escasas las experiencias documentadas sobre los efectos del PBZ en el crecimiento vegetativo y reproductivo del mango, aunque experiencias usando de manera combinada PBZ y KNO_3 adelantadas en el C.I. Nataima (Miranda, 1997) reflejaron disminución de los parámetros de crecimiento, pero a la vez disminución en los índices de rendimiento. A su vez, experiencias de campo en predios de agricultores demuestran efectos muy positivos en el incremento de la floración con el uso de PBZ y KNO_3 (Figuras 36 - 37).



Figura 36. Manipulación de la floración con el uso de paclobutrazol (a,b,c: con poda de despunte; d: poda profunda). Finca Palma Real, Payande-Tolima, 2010.



Figura 37. Árbol de 25 años al que se le disminuyó la altura mediante poda estructural y se estimuló químicamente la floración. Finca Palma Real, Payandé – Tolima, 2010.

Para un buen uso de este producto, es necesario considerar la variedad, porte del árbol, estado fenológico, tipo de suelo y posibilidad de riego adicional. Su mal uso y en especial la sobredosis pueden causar efectos indeseables como reducción drástica del crecimiento, malformación de inflorescencias y deformaciones en los brotes (Tongumpai *et al.*, 1997) para evitar estos efectos y mejorar el crecimiento del fruto, un programa adecuado de manipulación floral y de cosecha, puede incluir (si ello es necesario) la aplicación exógena de auxinas y giberilinas en el momento adecuado, por lo que se sugiere su uso con la asesoría de un asistente técnico con experiencia en este cultivo.

7.3 USO DE MADURANTES

El ethephon, descubierto alrededor de 1960, se conoce principalmente por su uso comprobado en la aceleración de la maduración de frutos. Cuando es aplicado sobre el follaje de los árboles de mango en solución acuosa se absorbe fácilmente por las hojas y es de fácil translocación en la planta. Al llegar al citoplasma, el ethephon libera lentamente etileno a través de reacciones químicas (Taiz y Zeiger, 2002). A pesar del uso masivo del nitrato de potasio, el cual se cree reactiva el crecimiento del brote en reposo vía producción de etileno, este no es tan utilizado y los resultados no son tan evidentes. Se considera por parte de algunos investigadores que se necesitan más estudios para demostrar su eficacia en la estimulación de la floración, ya que algunos resultados han demostrado que estos productos no han tenido éxito en la inducción floral (Pal *et al.*,

1984; Valente y Donadio, 1993). Por el contrario, Davenport y Núñez-Elisea (1991) no encontraron correlación entre la producción de etileno y la inducción floral en mango.

Por otra parte, se ha reportado su uso con el fin de abortar inflorescencias y buscar nueva floración. La concentración de 2.000 ppm permitió la eliminación en un 80% de la inflorescencia en un lapso de 15 días. Igualmente, se observó que únicamente en el 10% de los brotes donde se eliminó la inflorescencia apical ocurrió brotación de yemas axilares, siendo estas pequeñas, con una longitud promedio de 10 cm.

Mendonça *et al.* (2001) no encontraron diferencias en el porcentaje de floración en mango cuando se utilizaron nitrato de potasio y PBZ. García (2010) con aplicaciones de ethrel, no logró incrementar el porcentaje de floración con relación a los árboles testigo.

Varios factores pueden influir en la actuación de los inductores, como la temperatura, la concentración en la solución o la frecuencia de aplicación, que hacen más difícil su manejo. Al respecto, Hafle *et al.* (2003) encontraron que las aplicaciones combinadas de nitrato de Ca o de K con ethephon en mangos Tommy Atkins indujeron con mayor eficiencia la floración y una alta productividad de frutos, en comparación con aplicaciones individuales de ethephon. Se considera que su uso debe ser combinado con otros productos como nitrato de potasio, dentro de un manejo integrado de la floración, que considere todos los aspectos ya mencionados (edad de los brotes, períodos de reposo de las yemas, disponibilidad de riego, etc.)

7.4 USO DE INICIADORES DE CRECIMIENTO

Se han probado exitosamente compuestos como nitrato de potasio (KNO_3), nitrato de calcio ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) y nitrato de amonio (NH_4NO_3) para incrementar el rendimiento y controlar la floración en el trópico bajo, donde las temperaturas mínimas (20°C) no alcanzan a ser inductoras. Se han reportado adelantos en la floración de 30 a 45 días, incremento en la producción, adelanto en la cosecha y atenuación de la alternancia productiva en mango Haden por efecto del KNO_3 (Ferrari, 1996).

El ión nitrato (NO_3^-) es la molécula activa en cada uno de estos productos. Para que haya un resultado positivo de floración, necesariamente tienen que coincidir los procesos de inducción floral e inicio de brotación de la yema. *Los brotes asperjados deben encontrarse en el momento adecuado* y mostrar evidencias positivas dos semanas después de la aplicación (inicio de brotamiento). Su uso está ampliamente documentado en la literatura internacional (Mendonça, 2001; Cárdenas y Rojas, 2003; Yeshitela *et al.*, 2004; Sergent y Leal, 1989; Ferrari y Sregent, 1996).

Dos hipótesis son sugeridas por Caldeira (1989) para explicar la acción del ión nitrato dentro de la planta: en primer lugar estimula la producción endógena de etileno a partir de la reducción de nitratos a la metionina; la segunda explicación está

relacionada con las altas concentraciones de nitrato que pueden causar estrés físico y químico, estimulando la producción endógena de etileno. Por tanto, el KNO_3 no es un agente *inductor* sino un promotor de la brotación de la yema. Así, si la brotación de la yema coincide con las condiciones inductoras ocurre la floración, pero si estas no están presentes emergen solo brotes vegetativos (Davenport, 1998).

Aunque en nuestro país los reportes documentados son escasos, Miranda (2007), De la Asunción y Palacio (2004), Jarma y Martínez (1994), y García (2010), adelantaron estudios donde se evaluaron concentraciones de KNO_3 desde el 1% hasta el 10%, con resultados exitosos y no exitosos. Con esto se confirma el hecho de que en muchos casos los resultados erráticos se deben a que no se considera el momento fisiológico y el momento oportuno de la aplicación. Los brotes deben estar lo suficientemente *maduros*, de color verde oscuro, con una edad mínima de 4 meses desde la última emisión de hojas nuevas (en variedades fácilmente inducibles) y de 5 a 6 meses (en variedades que presenten mayor dificultad para florecer). Estos resultados pueden obedecer a los estados asincrónicos de crecimiento en las copas de los árboles, por lo que los brotes más adelantados (de mayor edad) responderán positivamente a la primera aplicación ya que son más sensibles (aplicaciones posteriores aproximadamente 15 días después pueden estimular la floración en otros sectores de la copa y aumentar el porcentaje de floración final). Dependiendo de la edad de los árboles y del clima, aspersiones entre 2 y 4% de KNO_3 suelen ser adecuadas (García, 2010); reportes con dosis menores (1-2%) en NH_4NO_3 se consideran exitosas en la mayoría de las condiciones (Davenport, 2009).

El papel fundamental del ión nitrato es adelantar el proceso de *iniciación*, mas no es responsable de la respuesta morfogénica de la yema o *inducción*, de ahí la necesidad de que los brotes estén en condiciones de madurez. Según Kulkarni (2004), el estímulo floral (PF) ya debe estar presente cuando se haga la aspersión. Igualmente se debe tener en cuenta que los árboles con alto nivel de nitrógeno en las hojas y durante las temporadas de lluvia no garantizan buenos resultados. Se considera como adecuado contenidos de nitrógeno entre el 1,1 y el 1,4% (Davenport, 2003); con niveles superiores no se obtendrían buenos resultados y con niveles inferiores no se garantizará una buena nutrición para los frutos.

7.5 USO DE REGULADORES DE CRECIMIENTO

Los reguladores de crecimiento deben evitarse al máximo y su utilización se deberá hacer por personal calificado y solo cuando los métodos físicos y químicos tradicionales de estimulación floral fallan o si se presentan efectos nocivos en el uso de reductores de crecimiento.

Entre los más utilizados esta la aplicación exógena de citoquininas para promover floración como un complemento en el esquema tradicional de “inducción de

floración". Aunque esta práctica no es del dominio o conocimiento de la mayoría de productores de mango, los resultados parecen ser exitosos, sin embargo su uso adecuado depende del claro conocimiento de los estadios fenológicos (brotes maduros y aptos para ser inducidos).

Adicionalmente se debe aclarar que si bien las auxinas y giberilinas son importantes para el crecimiento vegetativo y en el trópico son factores de crecimiento excesivo, también lo son para el normal desarrollo del fruto. En un programa de manipulación de la floración al hacer uso de reductores de crecimiento, en condiciones extremas de largos periodos de sequia o temperaturas muy bajas, se pueden presentar efectos negativos y perjudiciales en el crecimiento como acortamiento de entrenudos, formación inflorescencias compactas que favorecen ataques de plagas y patógenos, y malformación de frutos, que pueden afectar la productividad de los árboles y causar mermas importantes del rendimiento. Para evitar esta situación, se requiere en el momento adecuado de crecimiento del fruto, balancear nuevamente la proporción de reguladores de crecimiento con la aplicación exógena de giberilinas y auxinas. Este es un proceso delicado que debe realizarse con la orientación de profesionales con experiencia.

8. Conclusiones

- Establecer un plan de manejo de la floración encaminado a la alteración de las épocas de cosecha, bajo condiciones naturales de la zona ecuatorial colombiana, es más complejo que en el subtrópico. Los brotes deben estar en reposo por suficiente tiempo para que se presente la inducción floral, lo que ocurre en forma natural de 4 a 6 meses según la variedad; este período de maduración del brote es favorecido por la ocurrencia de épocas de sequía y el exceso de precipitación es completamente negativo para implementarlo.
- A pesar de que la floración de mango bajo estas circunstancias es un proceso fisiológicamente complejo, la investigación de las dos últimas décadas en el subtrópico, permite inferir posibilidades positivas de manejo para que la floración en la zona tropical pueda presentarse hipotéticamente en cualquier momento del año.
- La anterior hipótesis plantea necesariamente el uso de técnicas de manipulación de la floración mediante métodos químicos y físicos. Es necesario aclarar

que se requiere validar previamente en campo bajo condiciones ambientales locales la duración de cada etapa fenológica.

- El momento de la poda de sincronización, define la época de cosecha. Dependiendo del periodo de duración de los estadios vegetativos y el periodo de desfase con relación a la época de lluvias, será necesario riego suplementario.
- Temperaturas bajas en algunas localidades entre 500 y 1.000 msnm, y precipitaciones menores a 1.200 mm/año con periodos secos definidos, pueden actuar positivamente sobre el manejo de la floración porque generan periodos de reposo necesarios para la maduración de los brotes, proporcionan una mayor susceptibilidad a estímulos adicionales para que se dé la floración y adicionalmente favorecen el menor desarrollo vegetativo del árbol.
- La condición hídrica del suelo puede ser usada como una herramienta de promoción floral en ambientes secos con déficit hídrico que proporcione el periodo de reposo necesario para la maduración de brotes y posteriormente eliminando este déficit a través del riego para la iniciación reproductiva o para estimular la floración en cualquier otro momento del año; en ambos casos se debe considerar la estrategia del manejo de la edad de los brotes mediante la selección del momento adecuado de realizar la poda superficial o despuntes.
- El exceso de precipitación y altos contenidos de humedad del suelo afectan el ciclo fenológico en mango, prolonga los estadios vegetativos, estimula el crecimiento excesivo del árbol, prolonga los periodos de maduración de las yemas, disminuyen los porcentajes de floración y ocasionan pérdidas de floración y amarre de frutos por problemas fitosanitarios, principalmente antracnosis.
- La disminución del tamaño de los árboles de mango es una práctica que no debe ser postergada en los huertos que tengan actualmente este problema; la poda de control de altura debe ser incluida en el plan de manejo junto al uso de reductores de crecimiento. Cualquier programa de manejo de la fenología e inducción floral exitoso debe hacerse sobre árboles con la altura adecuada que faciliten posteriormente su manejo.

9. Bibliografía

- Albuquerque J. A. y Carmon M. M. A. (2000). Manga: indução floral. Circular técnica da Embrapa semi-árido. 47. Novembro 2000.
- Albuquerque, J. A.; Mouco, M. A. do C. (2000). Manga: indução floral. Petrolina: Embrapa Semi-Árido. 34 p. il. (Embrapa Semi-Árido. Circular Técnica; 47).
- Albuquerque, J. A. S.; Mouco, M. A.; Medina, V. D.; Santos, C. R.; Tavares, S. C. C. (1999a). O cultivo da mangueira irrigada no semi-arido brasileiro. Petronila, p.e: embrapa semi-arido/valexport, 1999a, 77p.
- Albuquerque, J. A. S.; Mouco, M. A. do C.; Medina, V. D.; Santos, C. R.; Tavares, S. C. C. de H. (1999). O cultivo da mangueira irrigada no semi-árido brasileiro. Petrolina: Embrapa Semi-Árido; VALEXPORT, 1999. 77 p.
- Avilán, L.; Soto, E.; Azkue, M.; Escalante, H.; Rodríguez, M. y Ruiz, J. (2003). Manejo de altas densidades de población en mango. Revista digital CENIAP hoy n° 1. Enero-abril.
- Avilán, L.; Azkue, M.; Soto, E.; Rodríguez, M.; Ruiz, J. y Escalante, H. (2003). Efecto de la poda y el empleo de un regulador de crecimiento sobre el inicio de la floración en mango. Rev. Fac. Agron. (Luz). 20: 430-442.
- Avilán, L. y Rengifo, C. (1990). El Mango. Editorial América. Caracas. 401 p.
- Azcón-Bieto, J. y Talón, M. (2000). Fundamentos de Fisiología Vegetal. McGraw-Hill/Interamericana de España S.A. ISBN 84-486-0258-7. España. 522 p.
- Borchert, R. (1983). Phenology and control of flowering in tropical trees. Biotropica 15(2): 81-89.
- Burondkar, M. y Gunjate, R. (1993). Control of vegetative growth and induction of regular and early cropping in "Alphonso" mango with paclobutrazol. Acta Horticulturae 341: 206-215.
- Caldeira, M. L. (1989). Indução química do florescimento em manga. In: Simpósio sobre Mangicultura 2. Jaboticabal, 1989. Anais... Jaboticabal. FUNEP, 1989. p. 63-157.
- Cárdenas, K. y Rojas, E. (2003). Efecto del paclobutrazol y los nitratos de potasio y calcio sobre el desarrollo del mango Tommy Atkins. Bioagro vol.15 no.2. Barquisimeto. Mayo 2003.
- Carvajal, E.; Alvarado, A.; Sterling, F. y Rodríguez, J. (1998). Uso del paclobutrazol en clones de palma aceitera durante la etapa de vivero. ASD Oil Palm Papers No. 18, 29-33.
- Chacko, E. K. (1991). Mango flowering - still an enigma. Acta horticulturae, 291: 12-21.
- Chen, W. S. (1987). Endogenous growth substances in relation to shoot growth and flower bud development of mango. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112(2):360-363.
- Corredor, J. P. y García L. J. (2009). Fenología reproductiva, biología floral y visitantes florales en un cultivar de mango (*Mangifera indica* L.) hilacha y Tommy Atkins en el Tolima, Colombia. Informe de pasantía Joven investigador. Corpoica-Colciencias. No publicado.
- Cull, B. (1991). Mango crop management. Acta horticulturae, 291:154-173.
- Davenport, T. L. y Núñez-Elisea, R. (1991). Is endogenous ethylene involved in mango floral induction? Acta Horticulturae 291, 85-95.
- Davenport, T. L. (2006). Reproductive physiology of tropical fruit trees. En: Memorias Primer Congreso Colombiano de Horticultura (SCCH). Bogotá. Oct. 17-20 de 2006.
- Davenport, T. L. (2009). Floración del Mango. Primer Foro Internacional de Mango. Marzo 18-19 de 2009. Tapachula de Córdova y Ordoñez, Chiapas México. http://www.mangoataulfo.info/index.php?option=com_content&task=view&id=13&Itemid=31
- Davenport, T. L.; Colmenares, P. y Salcedo, F. J. (2005). Poda de despunte en árboles de mango. Agronomía de la producción. INIA divulga 4. Enero-abril, 2005.
- Davenport, T. L. y Núñez-Elisea, R. (1997). Reproductive Physiology. In: The mango, botany, productions and uses. CAB International. New york. Chapter 4. Pp 69-123.

- Davenport, T. L. (1990). Citrus flowering. Hort. Rev. 12:349-408.
- Davenport, T. L. (2000). Processes influencing floral initiation and bloom: The role of phytohormones in a conceptual flowering model. HortTechnology 10:733-739.
- Davenport, T. L. (2003). Management of flowering in three tropical and subtropical fruit tree species. HortScience 38:1331-1335.
- Davenport, T. L.; Ying, Z.; Kulkarni, V. y White, T. L. (2006). Evidence for a translocable florigenic promoter in mango. Scientia Horticulturae 110:150-159.
- De La Asunción C., F. J. y Palacio V., L. R. (2004). Efectos del nitrato de potasio y nitrato de calcio en la floración de mango (*Mangifera indica*) cv. Azúcar. Tesis de grado. Universidad el Magdalena. Programa de Ingeniería Agronómica. Santa Marta.
- Do Carmo Mouco, M. A.; Silva A., J. A. (2005). Efeito do paclobutrazol em duas épocas de produção da mangueira. Bragantia, Campinas, v.64, n.2, p.219-225.
- Ferrari F., D. y Sergent A., E. (1996). Promoción de la floración y fructificación del mango (*Mangifera indica* L.) cv. Haden, con nitrato de potasio. Rev. Fac. Agron. (Maracay). 22:1-8.
- Fonaiap. (1998). El cultivo de manguero en Venezuela. Cap. II-III. 230 p.
- García L., J. (2010). Informe técnico final del proyecto "Estudio de la fenología e iniciación floral en cinco cultivos de mango (*Mangifera indica*), su relación con el estado hídrico de la planta y la estacionalidad de cosechas en el Alto Magdalena y el Caribe seco colombiano". Minagricultura, Asohofrucol, FNHF. Corpoica, C.I. Nataima. Abril de 2010.
- Goguet, T. (1993). Study of the effects of three flower-inducing substances on Kent and Zill mango. Acta horticulturae, 341: 216-224
- Guerrero, R. (1990). Inducción de la floración en árboles de mango con nitrato de potasio. Memorias Congreso Nacional de Cultivadores de Mango. Valledupar, Colombia. 11-13.
- Hafle, O. M.; Delfino, F. I.; Mendoza, V. y Araújo N., S.E. (2003). Flowering and production of mango cv. Tommy Atkins using ethrel, potassium nitrate and calcium nitrate. Revista de Ciencias Agrarias 39:145-153.
- Imaizumi T. y Kay, S. A. (2006). Photoperiodic control of flowering: not only by coincidence. PlantScience 11 (11):550-558.
- Issarakraisila, M.; Considine, J. A. y Turner, D. W. (1991). Pattern of vegetative and reproductive growth of mango trees in a warm temperate region of western australia. Acta Horticulturae. 291:188-197.
- Izawa, T. (2007). Molecular diversity of photoperiodic flowering in plants. National institute of agrobiological sciences, Japan. Abstracts / comparative biochemistry and physiology, part. 146 (2007). s225-s233.
- Jarma O., A. y Martínez B., E. (1994). Inducción de la floración en mango. Corpoica, C.I. Caribia. Datos no publicados.
- Kulkarni, V. J. (1991). Physiology of flowering in mango studied by grafting. Acta Horticulturae. 291: 95-104.
- Kulkarni, V. J. (2004). The tri-factor hypothesis of flowering in mango. Acta Horticulturae. 645: 61-70.
- Lemus J., L. J. y Ramírez, N. (2002). Fenología reproductiva en tres tipos de vegetación de la planicie costera de la península de Paraguaná, Venezuela. ACV, oct. 2002, vol.53, no.4, p.266-278. ISSN 0001-5504.
- Lobos G. A. y Yuri J. A. (2005). Inducción y diferenciación floral de cuatro cultivares de manzano en Chile. Agricultura Técnica (Chile) 66(2):141-150. Abril-junio de 2005.
- Mendonça, V.; Neto, S. E.; Hafle, O. M.; Barbosa M., J. y Ramos, J. D. (2001). Florescimento e frutificação de mangueira com uso de paclobutrazol, ethephon e nitrato de cálcio. Rev. Bras. Frutic. V.23 n.2 jaboticabal. Agosto, 2001.
- Milfont De Souza, M. L. (2006). Transporte e sorção do agroquímico paclobutrazol em solos irrigados cultivados com Manga. Tese de Doutorado. Programa de Pós graduação em tecnologias energéticas e nucleares. Universidade federal de Pernambuco. Recife-Pernambuco-Brasil. Dezembro 2006.
- Miranda L., D. (1997). Evaluación de sustancias inductoras de la floración en tres cultivares de mango (*Mangifera indica*). En: Frutos de investigación agropecuaria, Regional 6 Tolima, Huila y suroccidente de Cundinamarca. Síntesis de resultados 1994-1996. Corpoica C.I. Nataima. p.35.
- Mosqueda-Vásquez, R. y De Los Santos, F. (1981). Aspersiones de nitrato de potasio para adelantar e inducir la floración del mango cv. Manila en México. Proceedings Tropical Region. American Society Horticultural Science. -25: 311-316.
- Mouco, M. A.; Albuquerque, J. A. S. (2004). Cultivo da mangueira – Manejo da floracao. Embrapa Semi-Arido: Sistemas de produção, disponível em: [HTTP://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Manga/CultivodaMangueira/floracao.htm](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Manga/CultivodaMangueira/floracao.htm). Versão ElectronicaJulho/2004. Acesso:outubro de 2004.

- Norambuena, L. (2008). Etileno: La hormona de envejecimiento y estrés. Modo de acción del etileno. Clase 16, Fisiología Vegetal. Facultad de Ciencias, Universidad de Chile.
- Núñez-Elisea, R.; Davenport, T. L. y Caldeira, M. L. (1993). Bud initiation and morphogenesis in "tommy atkins" mango as affected by temperature and triazole growth retardants. *Acta Horticulturae*. 341: 192-198.
- Núñez-Elisea, R.; Thomas, L. y Davenport, T. L. (1989). Expression of the endogenous flowering promoter in mango (*Mangifera indica*). *Proceedings of the Plant Growth Regulator Society of America*. p.245-247.
- Núñez-Elisea R.; Thomas, L. y Davenport, T. L. (1995). Effect of leaf age, duration of cool temperature treatment and photoperiod on bud dormancy release and floral initiation in mango. *Scientia Horticulturae* 62(1995) 63-73.
- Núñez-Elisea R. (1985). Flowering and fruit set of a mono-embryonic and a polyembryonic mango as influenced by potassium nitrate sprays and shoot decapitation. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 98:179-183.
- Núñez-Elisea R. y Davenport, T. L. (1992). Requirement for mature leaves during floral induction and floral transition in developing shoots of mango. *Acta Horticulturae*, 296: 33-37.
- Núñez-Elisea R. y Caldeira, M. L. (1992). Forcing early flowering of haden mango with nh4n03 sprays. IV International Mango Symposium. Miami, Fla.
- Osuna, T. E.; Engleman, E. M.; Becerril, R. E.; Mosqueda, V. R.; Soto, H. M. y Castillo, M. A. (2000). Iniciación y diferenciación floral en mango manila. *Agrociencia* 34: 573-581.
- Pal, R. N.; Chadka, K. L.; Rao, M. R. K. (1984). Effect of different plant growth regulators and other chemicals on flowering behaviour of mango. *Indian Journal of Horticultural Science*, Ashford, v. 41, p. 8-15.
- Samson, J. A. (1991). *Fruticultura tropical*. Capítulo 8. Mango. Editorial Limusa. México. Isbn 968-18-4009-7. p. 259-280.
- San Martín Z., C. E. (Documento sin fecha). Floración e inducción floral en mango y su relación con el clima del departamento de Piura. Profesor asociado. Dpto. Agronomía y Fitotecnia Universidad Nacional de Piura. Perú.
- Sergent, E. y Leal, F. (1989). Inducción floral en mango (*Mangifera indica* L.) con KNO₃. *Rev. Fac. Agron. (Maracay)*, 15: 17-32. 1989.
- Silva C., M. G.; Rebouças São J. A.; Silveira V., A. E.; Naomi M., S.; Hojo R., T. N. (2007). Florescimento e frutificação de mangueira (*Mangifera indica* L.) cv. rosa promovidos por diferentes doses de paclobutrazol. *Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal* - SP, v. 29, n. 2. p. 209-212. Agosto 2007.
- Taiz, L. y Zeiger, E. (2002). *Plant physiology*. Third edition. 2002. 623p.
- Tongumpai, P.; Charnwicit, S.; Srisuchon, S. y Subhadrabandhu, S. (1997). Effect of thiourea on terminal bud break of mango. *Acta Hort. (ishs)* 455:71-75.
- Valente, J. P.; Donadio, L. C. (1993). Mango flower induction by KNO₃ and ethephon spraying in: *International Symposium on Tropical Fruits*. p.51.
- Valverde, F.; Mouradov, A.; Soppe, W.; Dean Ravenscroft, D.; Alon S., A. y George, C. (2004). Photoreceptor regulation of CONSTANS protein and the mechanism of photoperiodic flowering. *Science*, 13 february 2004. 303(5660):1003 – 1006.
- Verheul, M. J.; Sonsteyn, A.; Svein, O. y Grimstad, S. O. (2007). Influences of day and night temperatures on flowering of fragaria x ananassa duch., cvs. Korona and elsanta, at different photoperiods. *Scientia Horticulturae* 112:200–206.
- Wen-Shaw, Chen. (1983). Cytokinins of the Developing Mango Fruit. Isolation, identification, and changes in levels during maturation. *Plant Physiol.* (1983) 71, 356-361.
- Werner, H. (1993). Influence of paclobutrazol on rowth and leaf nutrient content of mango (cv Blanco). *Acta Horticulturae* 341:225-229.
- Whiley, A. (1993). Environmental effects on phenology and physiology of mango. A review. Fourth international mango symposium. Miami beach, Florida. *Acta Horticulturae* 341:168-176.
- Yeshitela, T.; Robbertse, P. J. y Stassen, P. J. C. (2004). Effects of various inductive periods and chemicals on flowering and vegetative growth of 'Tommy Atkins' and 'Keitt' mango (*Mangifera indica*) cultivars. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 2004, Vol. 32: 209–215.

Terminó de imprimirse
en diciembre de 2011 en



Tel: 4227356
Bogotá, DC, Colombia