



# La Floración del Mango: factores involucrados en el entorno natural, así como las técnicas de manejo asociadas con los cultivos comerciales

Revisión de la literatura existente-

Dr. Ítalo Herbert Lucena Cavalcante

Universidad Federal del Valle de San Francisco, Petrolina, Brasil

Consejo Nacional de Desarrollo Técnico Científico y Tecnológico (CNPq)

Líder del Grupo de Investigación de Producción de Fruta del Valle de San Francisco (FRUTVASF)

Octubre de 2022

**Abstracto:** El mango (*Mangifera indica* L.) es una especie de la familia de Anacardiaceae, que produce una fruta muy apreciada que es ampliamente cultivada en las regiones tropicales y subtropicales. En este cultivo, la iniciación es la primera fase del proceso de floración, que se caracteriza por la interrupción del reposo vegetativo (invernal) de la yema, así como de la división y elongación celular y, dependiendo de las condiciones y factores involucrados en la inducción, la yema puede ser vegetativa, reproductiva, o mixta. Específicamente, los factores que influyen en la floración del mango son aquellos que están particularmente relacionados con el medio ambiente (temperatura del aire, proporción de agua, y fotoperíodo) y factores relacionados con la planta (estado nutricional, foto asimilados, actividad enzimática, y hormonas de la planta). La floración natural ocurre en algunas regiones del mundo, aunque los tratamientos agronómicos asociados con el sistema de producción podrán ser adoptados en la mayoría de los huertos. En este sentido, esta revisión pretende elaborar una revisión mundial de la literatura científica sobre el proceso de floración del mango y sus técnicas de manejo asociadas. Por lo tanto, esta revisión podrá contribuir a la sustentabilidad de la producción del mango a nivel mundial por medio de una descripción concisa de la información científica dirigida a productores de mango y personal técnico de la industria del mango.

**Palabras Claves:** *Mangifera indica* L., floración natural, control de floración, prácticas culturales

## 1. Introducción

En el árbol del mango, la iniciación es la primera fase del proceso de floración, que se caracteriza por la interrupción del reposo vegetativo (invernal) de la yema, un índice alto de división y elongación celular y, dependiendo de las condiciones y factores involucrados en la inducción, la yema puede ser vegetativa, reproductiva, o mixta (Ramírez and Davenport, 2010). Esta inducción depende de varios factores de la planta y del entorno.

Davenport (2007) creía en la existencia de una interacción entre un promotor florigénico (PF), sintetizado en las hojas y translocado vía floema a las yemas apicales, y un promotor vegetativo (PV), con toda probabilidad una giberelina o asociado con la vía de síntesis de esta hormona. Concordamos con esta idea, pero al consultar la literatura científica existente consideramos que existen más factores del entorno de la planta que afectan el éxito de la floración del mango, es decir,

el PF es más complejo y, con toda probabilidad, muchos factores actúan en forma conjunta y simultánea.

En la literatura científica, los factores que pueden actuar sobre la floración del mango se describen como características genéticas, estado nutricional (Winston, 2007; Oldoni et al., 2018; Lobo et al., 2019; Tenreiro, 2020), equilibrio hormonal (Upreti et al., 2013; Cavalcante et al., 2020; Silva et al., 2020a; Silva et al., 2021; Capelli et al., 2021), maduración de ramas (Cavalcante et al., 2018; Cunha et al., 2022b), acumulación de compuestos orgánicos (Oliveira et al., 2017; Lobo et al., 2019; Antara et al., 2019; Mudo et al., 2020; Silva et al., 2020b; Lopes et al., 2021), lado de la planta en relación con la incidencia solar (Ferraz et al., 2020), fenoles, aminoácidos y enzimas (Tiwari et al., 2018; Silva et al., 2021).

La interacción de dichos factores con el clima local es muy importante, ya que está bien documentado, particularmente por Ramírez y Davenport (2010), que en condiciones subtropicales las bajas temperaturas determinan el proceso de floración, pero en condiciones climáticas tropicales son necesarios otros factores como la edad del último brote vegetativo.

Por lo tanto, se observa que existe una compleja red de respuestas para que el proceso de diferenciación floral pueda ocurrir, pero que asimismo puede ocurrir naturalmente en algunas regiones que cumplen con las condiciones climáticas.

En este sentido, a través del avance del conocimiento acerca del tema identificado en la literatura, es necesario recoger información e ideas acerca de la floración del cultivo de mango tanto en condiciones naturales como con el uso de técnicas de manejo del huerto que apoyan la sustentabilidad de la producción.

## **2. Factores involucrados en la floración del mango**

La floración del mango ha sido ampliamente estudiada y se caracteriza por ser un proceso complejo. Se ve afectada por diferentes factores que corresponden al medio ambiente (temperatura del aire, fotoperíodo y lluvia) y a la propia planta (cultivar de mango, estado nutricional, nivel de fotoasimilados, actividad enzimática y hormonas vegetales). Estos procesos actúan de manera interdependiente, pero muchos de ellos se pueden alterar para brindarle a las plantas una floración satisfactoria, en términos de proporción de ramas, emisión de panículas y uniformidad de floración.

Según Léchaudel y Joas (2007), la floración del mango es promovida por la temperatura, el fotoperíodo, los factores inherentes a las plantas o combinaciones de estos, por lo que se desencadena tanto ambiental como genéticamente.

A continuación, se describen por separado los principales resultados disponibles en la literatura científica y técnica sobre los principales factores de la floración del mango, definidos de la siguiente manera:

### **2.1 Factores ambientales**

Los factores ambientales involucrados que interfieren positiva o negativamente con la floración del mango incluyen la temperatura del aire, las relaciones del agua y el fotoperíodo, siendo este último el que tiene el menor impacto. Pese a la disponibilidad de una cantidad considerable de información, los efectos de las variables climáticas no se han evaluado por separado. Además, las variedades utilizadas y las condiciones regionales específicas hacen que la toma de decisiones sea inexacta. Por lo tanto, es menester especificar la región, el cultivar de mango y el clima de los cuales se generó la información sobre la floración.

### 2.1.1 Temperatura del aire

La Tabla 1 muestra los principales resultados contenidos en la literatura científica sobre el efecto de la temperatura del aire en la floración del mango en diferentes climas.

**Tabla 1.** Efecto de la temperatura del aire en la floración del mango.

Ubicación	Clima	Cultivar	Resultados principales	Referencia
Katherine, Australia	Tropical	Calypso	11.8 – 39.1°C (Probabilidad de obtención del 50% de floración)	Clonan et al. (2021)
Katherine, Australia	Tropical	Kensington Pride	21.2 – 38.5°C (Probabilidad de obtención del 50% de floración)	Clonan et al. (2021)
Katherine, Australia	Tropical	Honey Gold	16.1 – 32.7°C (Probabilidad de obtención del 50% de floración)	Clonan et al. (2021)
Málaga, España	Condiciones controladas	Kensington	25°C (67% germinación de polen)	Pérez et al. (2019)
Málaga, España	Condiciones controladas	Osteen	25°C (45% germinación de polen)	Pérez et al. (2019)
Málaga, España	Condiciones controladas	Kent	25°C (58% germinación de polen)	Pérez et al. (2019)
Bengaluru, India	Sabana Tropical	Royal Special	14.5 – 27.9°C (relación de flores hermafroditas/ estaminadas= 1.48)	Geetha et al. (2016)
Bengaluru, India	Sabana Tropical	Arka Aruna	20.8 – 29.3°C (relación de flores hermafroditas/ estaminadas= 0.68)	Geetha et al. (2016)
Bengaluru, India	Sabana Tropical	Vellaikulamban	21.6 – 30.3°C (relación de flores hermafroditas/ estaminadas= 2.63)	Geetha et al. (2016)
Bengaluru, India	Sabana Tropical	Kensington	17.8 – 28.5°C (relación de flores hermafroditas/ estaminadas= 1.77)	Geetha et al. (2016)
Bengaluru, India	Sabana Tropical	Langra	16.0 – 28.2°C (relación de flores hermafroditas/ estaminadas= 9.19)	Geetha et al. (2016)
Bengaluru, India	Sabana Tropical	Amrapali	21.3 – 29.5°C (relación de flores hermafroditas/ estaminadas= 2.51)	Geetha et al. (2016)
Bangalore, India	Sabana Tropical	Mallika	11.40 – 27.60°C (838.00 flores estaminadas y 283.45 flores hermafroditas por panícula)	Kumar et al. (2015)
Bangalore, India	Sabana Tropical	ArkaAnmol	11.40 – 27.60°C (1154.17 flores estaminadas y 176.00 flores hermafroditas por panícula))	Kumar et al. (2015)
Bangalore, India	Sabana Tropical	Alphonso	14.70 – 26.80°C (827.08 flores estaminadas y 98.88 flores hermafroditas por panícula)	Kumar et al. (2015)
Bangalore, India	Sabana Tropical	Baneshan	14.70 – 26.80°C (855.00 flores estaminadas y 78.00 flores hermafroditas por panícula)	Kumar et al. (2015)
São Manuel, BR	Cálido Templado	Bourbon	≈13.0 – ≈25.0°C (301.00 panículas por planta)	Silva et al. (2014)
São Manuel, BR	Cálido Templado	Haden	≈13.0 – ≈25.0°C (301.75 panículas por planta)	Silva et al. (2014)
São Manuel, BR	Cálido Templado	Tommy Atkins	≈13.0 – ≈25.0°C (182.00 panículas por planta)	Silva et al. (2014)

São Manuel, BR	Cálido Templado	Palmer	≈13.0 – ≈25.0°C (150.67 panículas por planta)	Silva et al. (2014)
São Manuel, BR	Cálido Templado	Parwin	≈13.0 – ≈25.0°C (171.20 panículas por planta)	Silva et al. (2014)
Aragua, Venezuela	Selva Tropical	Manila	≤ 20°C for 10 días (inicio de la floración)	Avilán et al. (2003)
Queensland, Australia	Condiciones controladas	Nam Dok Mai	20 – 30 °C (28% con flores hermafroditas/inflorescencia)	Sukhvibul et al. (1999)
Queensland, Australia	Condiciones controladas	Kensington	15 – 25°C (31% con flores hermafroditas/inflorescencia)	Sukhvibul et al. (1999)
Queensland, Australia	Condiciones controladas	Irwin	15 – 25°C (47.6% con flores hermafroditas/inflorescencia)	Sukhvibul et al. (1999)
Queensland, Australia	Condiciones controladas	Sensation	10 – 20°C (57.2% con flores hermafroditas/inflorescencia)	Sukhvibul et al. (1999)

Aunque varios factores tienen efectos indirectos en el mecanismo de floración del mango, la principal variable climática relacionada con la inducción floral es la temperatura del aire. La relación entre la inducción floral y la temperatura es compleja y está entrelazada con la etapa fisiológica de los factores epigenéticos de la planta, por lo que es importante considerar cada cultivar de mango individualmente.

En condiciones naturales y sin un manejo adecuado, la exposición a bajas temperaturas (mínimas y máximas diarias) es esencial para la inducción floral. Por otro lado, el mango está adaptado a las condiciones tropicales y subtropicales, es decir, la inducción floral también está limitada por temperaturas excesivamente bajas.

En la literatura, hay resultados contrastantes sobre los efectos de la temperatura en la floración del mango. Muchos estudios han tratado de identificar los límites superior e inferior para una inducción óptima e identificado la variación entre los cultivares. En este sentido, Davenport (2007), sin especificar el cultivar, dedujo que el mango cultivado en regiones subtropicales (latitud 23°-30°), donde los cambios estacionales de temperatura son sustanciales, experimenta la inducción de la floración cuando las temperaturas nocturnas varían de 10-15 °C, lo cual hace de la temperatura el factor preponderante. Pérez-Barraza et al. (2018), en un estudio con el cultivar de mango Ataulfo, concluyeron que el inicio del desarrollo de los brotes florales se estimuló a temperaturas nocturnas de alrededor de 15 °C. Luo et al. (2019), en una reciente revisión de la literatura sobre el tema, observaron que la mayoría de los estudios informan que la inducción floral del mango ocurre dentro de rangos de temperatura de 15 a 19 °C durante el día, y 10 a 15 °C por la noche. En Australia, Clonan et al. (2020) registraron que la inducción floral coincidió con temperaturas máximas diarias de 28 a 32 °C, y temperaturas nocturnas mínimas por debajo de 20 °C para las variedades Calypso y Honey Gold. Finalmente, Yeshitela et al. (2004) concluyeron que el tiempo de temperaturas frías necesarias para la iniciación floral en el mango varía con la temperatura, y puede tardar de 4 días a 2 semanas para el cultivar 'Haden', y hasta 35 días para los cultivares 'Tommy Atkins' y 'Keitt'.

Ávilan et al. (2003) señalaron que el inicio de la floración se asocia con un aumento en el número de días acumulados con temperaturas nocturnas iguales o inferiores a 20 °C para los cultivares 'Haden' y 'Tommy Atkins'.

Puche et al. (2012) concluyeron que, en los períodos más cálidos, en el caso de las plantas 'Haden', no hubo relación entre los días con temperaturas mínimas por debajo de los 21°, 20°, 19°, 18° y 17°C y el inicio de la floración, mientras que esta correlación se observó en los ciclos más fríos.

Silva et al. (2014) descubrieron distintos números de panículas por planta para las variedades Palmer, Tommy Atkins, Haden, Parwin, y Bourbon, con temperaturas que oscilaron entre ≈ 13.0 y ≈ 25.0 °C (Tabla 1).

Huang et al. (2010) estudiaron la reproducción sexual en mango de la variedad 'Tainong 1' a bajas temperaturas (máxima temperatura diaria < 20 °C), y la compararon con temperaturas “normales” (máxima temperatura diaria entre 25 y 30 °C, con temperatura diaria media > 20 °C). Estos autores observaron que las bajas temperaturas naturales provocaron el desarrollo de granos de polen con baja viabilidad y lento crecimiento de tubos polínicos, lo cual resultó en bajas tasas de fertilización.

Lemos et al. (2018) identificaron que el mango de la variedad Ubá tenía una temperatura base de 10 °C como límite inferior para la floración y desarrollo de las plantas.

Pérez et al. (2019) concluyeron que las temperaturas bajas ejercen un efecto en la viabilidad del polen del mango y que existe una respuesta genotípica diferencial, con un registro de germinación del grano del polen del 67% (Kensington), 45% (Osteen), y 58% (Kent) a una temperatura controlada de 25 °C.

Haciendo caso omiso del efecto de la variedad, Ravishankar et al. (2021) dedujeron que el mango florece durante los meses más frescos del año, particularmente con temperaturas nocturnas frías. Estos autores indicaron que las temperaturas nocturnas entre 8 y 15 °C (46 a 59 °F), con temperaturas diurnas de aproximadamente 20 °C (68 °F), son necesarias para la floración del mango. Asimismo, los cambios significativos en la temperatura tienen un efecto positivo en la floración. Los informes de Ravishankar et al. (2021) son compatibles con los de Sukhvibul et al. (2000), que infirieron que el rango de temperatura diaria apropiado para la floración en la mayoría de los cultivares es de 15 a 20 °C durante el día, y 10 a 15 °C durante la noche.

El desarrollo de inflorescencias es afectado por la temperatura del aire. Sukhvibul et al. (1999) observaron que el desarrollo de inflorescencias no avanzaba cuando las plantas se mantenían a una temperatura de 15 a 58 °C (día/noche), y las temperaturas bajas (20 a 10 °C) demoraron el inicio de la antesis comparado con plantas producidas a temperaturas de 25 a 15 °C y 30 a 20 °C.

Geetha et al. (2016) realizaron un estudio en Bengaluru (India) para observar la influencia ejercida por la temperatura en la relación entre flores estaminadas y hermafroditas, y concluyeron que los mejores resultados para los cultivares lángara y Kensington se lograron a temperaturas mínimas (15.5 a 15.7 °C), mientras que para las variedades Alphonso, Totapuri, Arka, Aruna, y Amrapaliwas fueron de 16.6 a 16.8 °C.

Por otra parte, en el valle de San Francisco, caracterizado por temperaturas tradicionalmente altas, existe la floración y, por consiguiente, la producción de mango cada semana del año. Este patrón puede deberse a las prácticas de manejo de huerto adoptadas en la región. Podrán encontrar más información sobre el manejo en el ítem 4 de esta revisión.

## 2.1.2 Relaciones hídricas y fotoperíodo

Las relaciones hídricas afectan directamente la floración del mango en cultivos situados en condiciones semiáridas, tropicales, y subtropicales. En cultivos con riego, el manejo adecuado es esencial para producir una floración uniforme en las plantas, toda vez que no se comprometa la acumulación de carbohidratos, particularmente en las hojas, la cual puede resultar severamente afectada por un exceso de estrés hídrico.

Las primeras nociones acerca del riego del mango apuntaban a un estrés hídrico prolongado para inducir la floración en condiciones semi áridas, tropicales, y subtropicales (Whiley, 1993; Mostert and Hoffman, 1996; Bally et al., 2000). Adicionalmente, el Departamento Nacional de Agricultura de Sudáfrica (2000), citado por Lobo & Sidhu (2017), señaló que el suelo debe estar seco durante dos o tres meses antes de la etapa de floración para poder promover la formación de buena flor.

El estrés hídrico durante la etapa de floración es ventajoso para el mango en condiciones naturales (Laxman et al., 2016). En condiciones tropicales, la sequía no sólo induce la floración, sino que

también la acelera e impide el brote foliar, lo cual permite más tiempo para la acumulación de estimulación floral.

Cuando las condiciones de temperatura y lluvia son congruentes, Davenport (2000; 2003) dedujo que los flujos reproductivos generalmente ocurren luego de periodos largos de reposo para las ramas, con frecuencia después de un período de sequía leve o durante temperaturas frías inductivas. Según Ramírez y Davenport (2010), el estrés hídrico evita la emisión de nuevos brotes y mantiene las plantas en reposo hasta que aumenta la edad de las hojas y, por lo tanto, la floración.

Silva et al. (2014) registraron el mayor número de panículas por planta en meses por poca o ninguna lluvia asociada a temperaturas más bajas, alcanzando 182, 301 y 150 panículas por planta para las variedades Tommy Atkins, Haden y Palmer, respectivamente.

Carr (2014) revisó la literatura sobre las relaciones hídricas y las necesidades de riego en el mango y observó que, en las áreas tropicales de latitudes bajas, las yemas florales se inician después de un período de sequía (seis a 12 semanas), que termina después de eventos de lluvia o riego. En Malasia, Talib et al. (2020) identificaron que la ausencia de lluvias durante 60 días indujo la floración del mango.

En el cultivar de mango Kensington Pride, Bally et al. (2000) observaron que la suspensión de riego al inicio del primer flujo hasta alcanzar el 70% de las inflorescencias emitidas provocó un aumento en el número de ramas terminales con flores por un 20,5%.

Souza et al. (2016) observaron que las demandas de agua del cultivar Tommy Atkins varían con las fases fenológicas, con un consumo diario promedio de 3.8 mm durante la floración, 4.25 mm en la etapa fisiológica de caída de fruto, 3.56 mm en la formación de frutos y 3.0 mm en la maduración del fruto. Durante todo el ciclo de producción, el consumo varió de 403 a 420 mm.

De acuerdo con Schaffer et al. (1994), Laxman et al. (2016) observaron que la sequía anticipa la floración en comparación con las plantas en condiciones normales de crecimiento y atribuyeron dicha respuesta a la inhibición vegetativa, aumentando así el tiempo para la acumulación de estímulos florales.

Halder & Hasan (2020) recomendaron el estrés por humedad del suelo (-75 kPa o incluso menos) antes del inicio de la floración del mango para promover una floración uniforme. Sin embargo, el estrés por humedad del suelo puede complementar los requerimientos de baja temperatura, dependiendo del cultivar de mango, y así estimular la floración. Una gestión adecuada del agua durante la prefloración es importante, ya que cuando los huertos están en suelos ligeros, la floración puede ser más abundante incluso a temperaturas altas, ya que estos suelos pueden reducir sus niveles de humedad rápidamente.

Así, es importante destacar que el estrés hídrico por sí solo no es un factor preponderante para la floración del mango, sino uno de los factores que influyen y pueden limitar una floración uniforme dependiendo del suelo y las condiciones climáticas, además del manejo agronómico adoptado en el huerto.

La Tabla 2 también muestra otros resultados relevantes y actualizados sobre los efectos de las relaciones hídricas en la floración del mango en diferentes lugares y para diferentes variedades

**Tabla 2.** Efecto de las relaciones hídricas en la floración del mango flowering.

Ubicación	Clima	Cultivar	Resultados principales	Referencia
Utan Aji, Malaysia	Tropical	Harumanis	La ausencia de lluvia durante 60 días indujo la floración	Talib et al. (2020)
Casa Nova, Brazil	Tropical semiárido	Palmer	25% de reducción de profundidad de riego antes de inducción	Cavalcante et al. (2018)
Pará, Brazil	Tropical húmedo	'Tommy Atkins'	Consumo diario promedio de 3.8 mm durante la floración	Souza et al. (2016)
Bangalore, India	Sabana Tropical	'Mallika'	5 mm por día (838.00 flores estaminadas y 283.45 flores hermafroditas por panícula)	Kumar et al. (2015)
Bangalore, India	Sabana Tropical	'ArkaAnmol'	1.44 mm por día (1154.17 flores estaminadas y 176.00 flores hermafroditas por panícula)	Kumar et al. (2015)
Bangalore, India	Sabana Tropical	'Alphonso'	3.10 mm por día (827.08 flores estaminadas y 98.88 flores hermafroditas por panícula)	Kumar et al. (2015)
Bangalore, India	Sabana Tropical	'Baneshan'	3.00 mm por día (855.00 flores estaminadas y 78.00 flores hermafroditas por panícula)	Kumar et al. (2015)
Darwin, Australia	Sabana Tropical	'Kensington Pride'	0, 13, 25, and 50 mm por semana antes de la floración promovió una floración del 23.9, 27.9, 28.8, y 13.9%, respectivamente	Bithell et al. (2013)
Queensland, Australia	Tropical seco	'Kensington Pride'	El estrés hídrico incrementó el número de brotes de flor por un 20.5%	Bally et al. (2000)

De hecho, el efecto de las relaciones hídricas (por ejemplo, la reducción de la profundidad del agua) antes de la inducción de la floración del mango depende de la temperatura del aire, del portainjerto utilizado para la propagación de las plántulas y del cultivar de mango cultivado.

Por el contrario, Ramírez y Davenport (2010) afirmaron que el estrés por sequía en sí no induce la floración en los árboles de mango, sino la edad del último brote foliar afectado por la duración del estrés. Esto se debe a que el estrés hídrico impide la iniciación del brote y mantiene a los árboles en reposo hasta que se acumula la edad en las hojas y los árboles florecen debido a la reducción dependiente de la edad del promotor vegetativo. Dicha teoría, aunque coherente, debe considerar que ambos factores son importantes ya que los brotes de crecimiento más jóvenes difícilmente proporcionan las condiciones adecuadas para la floración. Por el contrario, los brotes de crecimiento más antiguos también necesitan estímulos para la emisión de panículas, es decir, se requiere un conjunto de factores para la floración en los árboles de mango y no solo condiciones aisladas, sean ambientales o relativas a las plantas.

El fotoperíodo no es un parámetro climático que ejerce un gran efecto en la inducción de la floración en árboles de mango, independientemente del sitio de cultivo. Esto se debe a que se sabe poco acerca de su contribución al proceso. Además, según Santos-Villalobos et al. (2013), el mango es un árbol no fotoperiódico, es decir, no depende del fotoperíodo para inducir la floración. Este factor, sin embargo, no puede ser ignorado en la floración del mango, ya que las inflorescencias normalmente se emiten en los extremos externos de la cubierta vegetativa de las plantas o en ramas más expuestas a la luz. Por lo tanto, el acceso a la luz solar es relevante, particularmente para una floración uniforme y asimismo para el número de panículas por planta.

En este contexto, Núñez-Elisea y Davenport (1995) concluyeron que en lugar de un fotoperíodo corto las temperaturas más frías causan inducción floral, mientras que las temperaturas más cálidas inhiben la floración en lugar de fotoperíodos largos. Santos-Villalobos et al. (2013) evaluaron el mango 'Ataulfo' en México y observaron que el período de inducción de la floración coincidió con un período estable de iluminancia mínima y fotoperíodo, de aproximadamente 5,500 lux y 10.5 horas luz, respectivamente, durante el cual se emitieron  $746 \pm 97$  flores.

La Tabla 3 muestra algunos informes de la literatura científica acerca de los efectos de los fotoperíodos en la floración del mango para distintas ubicaciones y variedades de plantas.

**Tabla 3.** El efecto del fotoperíodo en la floración del mango.

Ubicación	Clima	Cultivar	Resultados principales	Referencia
Tapachula, Chahuities, Apatzingán, Mexico	Tropical con temporada seca	Ataulfo	En la inducción de la floración, la iluminancia y el fotoperíodo registraron valores de por lo menos 5,500 lux y 10.5 horas luz. Aproximadamente 746 ± 97 flores fueron emitidas	Santos-Villalobos et al. (2013)
Bangalore, India	Sabana Tropical	Totapuri (Young plants)	8h luz + 16h oscuridad (86% floración, 5.7 panículas por planta) 11h luz + 13h oscuridad (100% floración, 9.7 panículas por planta) 16h luz + 8h oscuridad (100% floración, 8.9 panículas por planta)	Murti & Upreti (1998)
Bangalore, India	Sabana Tropical	Langra (Young plants)	8h luz + 16h oscuridad (33% floración, 0.7 panículas por planta) 11h luz + 13h oscuridad (40% floración, 1.0 panículas por planta) 16h luz + 8h oscuridad (20% floración, 0.6 panículas por planta)	Murti & Upreti (1998)
Bangalore, India	Sabana Tropical	Neelum (Young plants)	8h luz + 16h oscuridad (100% floración, 8.9 panículas por planta) 11h luz + 13h oscuridad (100% floración, 13.6 panículas por planta) 16h luz + 8h oscuridad (100% floración, 12.7 panículas por planta)	Murti & Upreti (1998)
Bangalore, India	Sabana Tropical	Rumani (Young plants)	8h luz + 16h oscuridad (75% floración, 8.5 panículas por planta) 11h luz + 13h oscuridad (100% floración, 12.8 panículas por planta) 16h luz + 8h oscuridad (100% floración, 16.6 panículas por planta)	Murti & Upreti (1998)

## 2.2 Factores relacionados con la planta

### 2.2.1 Estado nutricional

El estado nutricional de los árboles de mango es otro factor importante en la floración, particularmente en lo que respecta a los nutrientes con funciones específicas dentro del proceso inductivo. Aun así, el ampliamente documentado efecto del nitrógeno no puede menospreciarse, y será actualizado en esta revisión de acuerdo con la información disponible en la literatura y en la experiencia profesional/científica acerca del cultivo.

La Tabla 4 muestra un resumen de los principales resultados de la revisión de la literatura científica. Estas conclusiones correlacionan el estado nutricional con la floración en árboles de mango. La mayoría de ellas han intentado correlacionar el estado nutricional con la producción de fruta o la productividad, y no con la floración. Sin embargo, estas no necesariamente reflejan la realidad, ya que los efectos de la nutrición en la floración son inmediatos dada la proximidad del evento, mientras que los respectivos efectos en la productividad aún dependen de todo el manejo que se aplica hasta el momento de la cosecha de la fruta.

**Tabla 4.** Efecto del estado nutricional en la floración del mango.

Ubicación	Clima	Cultivar	Resultados principales	Referencia
-----------	-------	----------	------------------------	------------

Petrolina, BR	Tropical semiárido	'Tommy Atkins'	Promedio de N de 16.80 g kg <sup>-1</sup> durante la inducción sin efectos perjudiciales en la floración y productividad	Cunha et al. (2022a) e Cunha (2019)
Petrolina, BR	Tropical semiárido	'Tommy Atkins'	Contenido de Ca foliar entre 15.97 y 20.49 g kg <sup>-1</sup> , con floración entre 13.58% y 29.33% de las ramas disponibles en la planta	Tenreiro (2020)
Casa Nova, BR	Tropical semiárido	'Tommy Atkins'	21.11 g kg <sup>-1</sup> <b>N</b> , 1.54 g kg <sup>-1</sup> <b>P</b> , 12.75 g kg <sup>-1</sup> <b>K</b> , 8.86 g kg <sup>-1</sup> <b>Ca</b> , 2.01 g kg <sup>-1</sup> <b>Mg</b> , 138.57 mg kg <sup>-1</sup> <b>Mn</b> , 31.02 mg kg <sup>-1</sup> <b>Fe</b> , 76.11 mg kg <sup>-1</sup> <b>Zn</b> , 98.70 mg kg <sup>-1</sup> <b>B</b> (5.6 brotes reproductivos por m <sup>2</sup> de cobertura vegetativa, 51.58% flores hermafroditas)	Mudo et al. (2020)
Petrolina, BR	Tropical semiárido	'Kent'	Contenido de N foliar entre 13.49 (2016) y 17.78 g kg <sup>-1</sup> (2017) durante la inducción sin daños a la floración	Lobo et al. (2019)
Petrolina, BR	Tropical semiárido	'Kent' 2016 cycle	En floración completa: 7.95 g kg <sup>-1</sup> <b>N</b> , 1.50 g kg <sup>-1</sup> <b>P</b> , 3.43 g kg <sup>-1</sup> <b>K</b> , 15.46 g kg <sup>-1</sup> <b>Ca</b> , 0.74 g kg <sup>-1</sup> <b>Mg</b> , 99.72 mg kg <sup>-1</sup> <b>Mn</b> , 21.10 mg kg <sup>-1</sup> <b>Fe</b> , 12.70 mg kg <sup>-1</sup> <b>Zn</b> , 29.87 mg kg <sup>-1</sup> <b>B</b> (100.56 panículas por planta and 1.13 frutas por panícula)	Lobo et al. (2019)
Petrolina, BR	Tropical semiárido	'Kent' 2017 cycle	En floración completa: 14.84 g kg <sup>-1</sup> <b>N</b> , 2.12 g kg <sup>-1</sup> <b>P</b> , 4.80 g kg <sup>-1</sup> <b>K</b> , 12.90 g kg <sup>-1</sup> <b>Ca</b> , 1.01 g kg <sup>-1</sup> <b>Mg</b> , 117.98 mg kg <sup>-1</sup> <b>Mn</b> , 25.40 mg kg <sup>-1</sup> <b>Fe</b> , 12.88 mg kg <sup>-1</sup> <b>Zn</b> , 181.12 mg kg <sup>-1</sup> <b>B</b> (56.76 panículas por planta and 1.37 frutas por panícula)	Lobo et al. (2019)
Bhubaneswar, India	Tropical caluroso y húmedo	Arka Neelachal Kesari	4.6 g kg <sup>-1</sup> <b>N</b> , 1.0 g kg <sup>-1</sup> <b>P</b> , 7.1 g kg <sup>-1</sup> <b>K</b> , 43.2 g kg <sup>-1</sup> <b>Ca</b> , 4.3 g kg <sup>-1</sup> <b>Mg</b> , 9.54 mg kg <sup>-1</sup> <b>Cu</b> , 21.24 mg kg <sup>-1</sup> <b>Zn</b> (92.7% flowering)	Kishore et al. (2019)
Casa Nova, BR	Tropical semiárido	Palmer	Negative effect when leaf N > 18 g kg <sup>-1</sup> during induction	Cavalcante et al. (2018)
Petrolina, BR	Tropical semiárido	'Palmer'	Leaf B contents between 216 and 311 mg kg <sup>-1</sup> promoted no damage to flowering and crop productivity.	Oldoni et al. (2018)
India	Tropical caluroso y húmedo	Ten varieties	High foliar N levels durante la floración promoted greater emission of flores hermafroditas	Kumar et al. (2014)
Minia, Egypt	Árido	'Hindy Bisinara'	14.1 g kg <sup>-1</sup> <b>N</b> , 1.1 g kg <sup>-1</sup> <b>P</b> , 5.9 g kg <sup>-1</sup> <b>K</b> , 2.5 g kg <sup>-1</sup> <b>Mg</b> , 166.1 mg kg <sup>-1</sup> <b>Fe</b> , 24.1 mg kg <sup>-1</sup> <b>Zn</b> ** (96 panículas por planta, 550 flores por panícula (0.22% fruit retention))	Ibrahim et al. (2007)
Minia, Egypt	Árido	'Hindy Bisinara'	15.5 g kg <sup>-1</sup> <b>N</b> , 1.2 g kg <sup>-1</sup> <b>P</b> , 6.2 g kg <sup>-1</sup> <b>K</b> , 2.0 g kg <sup>-1</sup> <b>Mg</b> , 171.0 mg kg <sup>-1</sup> <b>Fe</b> , 25.0 mg kg <sup>-1</sup> <b>Zn</b> ** (98 panículas por planta, 530 flores por panícula (0.24% fruit retention))	Ibrahim et al. (2007)
Australia	Subtropical	Keitt	These authors recommend varying N levels between 10 and 12 g kg <sup>-1</sup> during the cycle, with a lower limit during flowering	Winston (2007)

\*\*Datos con las unidades de medida convertidas, sin cambiar los valores reales.

Por lo tanto, los resultados de la Tabla 4 destacan los efectos específicos del cultivar y del medio ambiente sobre la floración del mango, rechazando la idea generalizada de efectos del estado nutricional.

A grandes rasgos, el estado nutricional de los árboles de mango es fundamental para una floración satisfactoria. Entre todos los nutrientes, algunos tienen funciones primarias durante esa fase, por lo tanto, sus concentraciones foliares deben ser monitoreadas y mantenidas. Los mayores impactos en la floración del mango se pueden observar en caso de exceso de nitrógeno o deficiencias de calcio y boro, que comprometen directamente el proceso.

El contenido de nitrógeno en las hojas de mango ha sido reportado como un parámetro crítico para el inicio de la floración (Davenport et al., 2003; Avilán, 2008). Los niveles elevados de este nutriente durante la inducción floral tienen efectos nocivos sobre la emisión de panículas o la germinación mixta. Estos niveles altos son indeseables debido a que aumentan el desarrollo vegetativo en detrimento de la floración (Ramírez y Davenport, 2010). Sin embargo, existen conclusiones más antiguas en la literatura que indican un mayor contenido crítico (negativo) de nitrógeno y, por lo tanto, deben actualizarse para reflejar la evidencia científica reciente.

Según Davenport (2003), los niveles de nitrógeno durante la inducción floral en las hojas de mango deben variar entre 11 y 14 g kg<sup>-1</sup>. En cuanto a Avilán (2008), para suprimir los brotes vegetativos (foliares) frecuentes e inducir la floración, los niveles de nitrógeno (N) deben alcanzar los 14 g kg<sup>-1</sup> (1,4%). Oliveira et al. (nd) informaron que los niveles de N entre 7.42 y 14.28 g kg<sup>-1</sup> (11.81 g kg<sup>-1</sup> en promedio) en las hojas de mango 'Palmer' no comprometieron la floración. Cavalcante et al. (2018) informaron que las concentraciones foliares de N durante la floración del mango 'Palmer' solo tuvieron un efecto negativo cuando alcanzaron un promedio de 18.11 g kg<sup>-1</sup> en condiciones semiáridas. En mango 'Kent', Lobo et al. (2019) informaron que los niveles de N foliar durante la inducción de la floración entre 13.49 (2017) y 17.78 g kg<sup>-1</sup> (2016) proporcionaron 1.13 (2016) y 1.37 (2017) frutos por panícula y una producción de 102 (2016) y 78 (2017) frutos por planta. Mudo et al. (2020) observaron que los árboles de mango Tommy Atkins cultivados bajo un clima tropical semiárido tenían un nivel promedio de nitrógeno de 21.11 g kg<sup>-1</sup> durante la maduración de las ramas, con 5.6 brotes reproductivos por m<sup>2</sup> de cobertura vegetativa y 51.58% de flores hermafroditas. Además, para el mango Tommy Atkins cultivado en un clima tropical semiárido, Lopes et al. (2021) registraron un contenido promedio de N de 12.20 g kg<sup>-1</sup> sin efectos nocivos sobre la floración y un rendimiento mínimo de 15.6 t ha<sup>-1</sup>. Finalmente, Cunha (2019) y Cunha et al. (2022a) registraron niveles de N foliar durante la floración de mango Tommy Atkins de 16.80 g kg<sup>-1</sup>, sin efectos negativos en la producción.

El-Hoseiny et al. (2020), en un estudio con el cultivar de mango 'Zebda' en Egipto, registraron niveles de N foliar entre 14.30 g kg<sup>-1</sup> y 18.30 g kg<sup>-1</sup>, lo que promovió un número de panículas por planta de 157 y 338 respectivamente.

Durante la plena floración, Lobo et al. (2019) identificaron contenidos de N foliar entre 7.95 g kg<sup>-1</sup> y 14.84 g kg<sup>-1</sup> N que proporcionaron, respectivamente, emisiones de 100.56 panículas por planta (1.13 frutos por panícula) y 56.76 panículas por planta (1.37 frutos por panícula).

Cabe destacar que el N es uno de los nutrientes más absorbidos y tiene un efecto directo en la partición de fotoasimilados entre las partes vegetativa y reproductiva. Esta función ayuda a modificar la fisiología y morfología de las plantas, ya que está relacionado con la fotosíntesis, el crecimiento de las raíces, la absorción iónica de nutrientes y el desarrollo celular (Queiroga et al., 2007). En la

inducción floral, el contenido de N debe estar dentro de un límite inferior medio para que un suministro pueda alentar el crecimiento reproductivo en lugar del vegetativo.

Durante la fase vegetativa, también existe una correlación de valores de nitrógeno con la producción de fruta de mango. Silva et al. (2014) evaluaron macronutrientes foliares en árboles de mango de distintas edades durante la fase vegetativa en el valle de San Francisco y descubrieron valores de nitrógeno (N) que oscilaron entre  $12.61 \text{ g kg}^{-1}$  y  $17.95 \text{ g kg}^{-1}$ . Quaggio (1996) recopiló datos de la literatura científica existente y observó valores de nitrógeno adecuados entre 12 y  $14 \text{ g kg}^{-1}$  para el mango. Con base en un análisis nutricional de mango de alto rendimiento de las variedades Kent, Keitt, y Tommy Atkins, Rezende (2021) observó un rango más alto de 13.4 a  $16.7 \text{ g kg}^{-1}$ . Kumar et al. (2015) observó una fuerte correlación entre los niveles de nitrógeno foliar durante la fase vegetativa y la producción de fruta en los árboles de mango de la variedad 'Dashehari'. Por otro lado, en el caso del mango de la variedad 'Palmer', Oliveira et al. (nd) no identificaron una correlación significativa entre las concentraciones foliares de nitrógeno y la producción.

El nitrógeno generalmente es más requerido por las plantas para la síntesis de compuestos estructurales como aminoácidos, ácidos nucleicos, lípidos y clorofilas (Kusano et al., 2011), aunque la disponibilidad mayor interfiere con la asimilación y partición de fotoasimilados en las plantas (Liu et al., 2018). Además, en el mango, el nitrógeno promueve la emisión regular de brotes, lo que, cuando alcanzan la madurez, resultará en ramas responsables por la floración y fructificación (Silva et al., 2002). Sin embargo, es importante destacar que el exceso de nitrógeno (N) durante la prefloración también puede afectar negativamente a la productividad a través de la emisión de una menor proporción de panículas en lugar de brotes vegetativos (Litz, 2009).

Otro nutriente importante para la floración es el calcio, que es esencial en todos los nuevos puntos de crecimiento de los árboles de mango, incluidas las raíces, los capilares de las raíces, las hojas, las flores y la emisión del tubo polínico (Winston, 2007). Tenreiro (2020) registró que los contenidos foliares de calcio entre 15,97 y  $20,49 \text{ g kg}^{-1}$  promovieron una tasa media de floración entre el 13,58% y el 29,33% de las ramas disponibles en la planta.

Además, el boro ejerce una función vital en el movimiento hormonal, la floración, la activación de la absorción de sal, la fructificación, la germinación de polen y el crecimiento del tubo polínico (Khan et al., 2021). Entre los micronutrientes, este elemento (B) tiene gran importancia en la fertilización y producción de semillas y frutos de mango dado su papel en la germinación del grano de polen y en el crecimiento del tubo polínico (Saran y Kumar, 2011). Por lo tanto, la falta de boro resulta en una floración deficiente y, por tanto, una polinización ineficiente, además de calibres de fruta reducidos. Los síntomas de deficiencia son más visibles durante la floración, con plantas afectadas que producen inflorescencias deformadas. En este sentido, Muengkaew et al. (2017) evaluaron las aplicaciones foliares de Ca y B y reportaron tasas de germinación de polen de aproximadamente el 25% (control) al 60% después de la aplicación de 3 ml de medio de cultivo  $\text{L}^{-1}$  con un contenido de 40% de calcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ) y 0.3% de boro ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ).

Según la literatura, no existe consenso respecto de los contenidos ideales de boro (B), y los rangos de suficiencia son incongruentes y tienen poca interrelación entre sí. Por ejemplo, Winston (2007) recomendó niveles foliares de B entre 1 y  $2 \text{ mg kg}^{-1}$ , lo cual es inconcebible para las condiciones semiáridas brasileñas. Por otro lado, Mudo et al. (2020) observaron un 51.58% de flores hermafroditas con un contenido medio de B de  $98.70 \text{ mg kg}^{-1}$  en mangos Tommy Atkins. En cuanto a Lobo et al. (2019), un contenido foliar de B de  $29,87 \text{ mg kg}^{-1}$  aportó 100.56 panículas por planta en mango Kent. Finalmente, Oldoni et al. (2018) estudiaron la fertilización con boro (B) en mango 'Palmer' en condiciones tropicales semiáridas en Brasil, y concluyeron que la floración y la productividad no se vieron afectadas por el contenido foliar entre 216 y  $311 \text{ mg kg}^{-1}$ .

### 2.2.2 Fotoasimilados y actividad enzimática

Según Davenport (2009), los fotoasimilados pueden ser necesarios para la inducción floral, y existe la creencia que no solo lo son, sino que protagonizan una función importante en este proceso. En el mango 'Palmer', las concentraciones foliares de carbohidratos solubles totales alcanzan un punto máximo durante la maduración de las ramas, mismo que se reduce alrededor del momento de la inducción floral (Cavalcante et al., 2018). Para estos autores, esta reducción puede variar del 154 al 346% de acuerdo con las condiciones ambientales y las estrategias adoptadas para la maduración de ramas. Urban et al. (2006) publicaron datos semejantes en un estudio sobre los efectos estacionales en la partición del nitrógeno foliar y la eficiencia fotosintética en el uso de agua en plantas de mango. Asimismo, estos resultados corroboran los de Lopes et al. (2021), quienes evaluaron el cultivar de mango 'Tommy Atkins' y registraron una reducción del 77.05% en los carbohidratos solubles totales foliares desde la floración temprana hasta la floración completa; de igual manera, Lobo et al. (2019) evaluaron mango de la variedad 'Kent' en un ambiente semiárido y observaron una reducción promedio del 21.83% durante la misma fase.

En el caso de Prasad et al. (2014), se observaron altos niveles de carbohidratos durante la etapa de prefloración a raíz de la intensa actividad de enzimas hidrolíticas y la movilización de metabolitos en las hojas para la formación de panículas, seguida por una reducción en la floración completa. Pongsomboon et al. (1997) señalaron que la floración del mango es inducida por altos niveles de carbohidratos. De igual manera, Antara et al. (2019) aseveraron que en un año de floración normal el cultivar de mango 'Amparali' tiene la capacidad para mantener contenido de carbohidratos por encima del límite para transferencias óptimas de fuente a destino; por el contrario, el cultivar Dashehari, en las mismas condiciones, no tiene la capacidad para mantener niveles altos de carbohidratos y por tanto sufre deficiencias en la floración. Por otro lado, las concentraciones de carbohidratos en ramas sin hojas registraron niveles más bajos que aquellos con hojas, sin importar el tiempo transcurrido durante la fase de maduración de las ramas, y exhibieron una distribución semejante a la que se registró para hojas, es decir, una reducción drástica al acercarse la inducción floral (Cavalcante et al., 2018).

Davenport (2009) dedujo que si un producto de gen promotor de florigeno es sintetizado en cantidades pequeñas en las hojas podrá transportar estas yemas a través del floema. Esta aseveración puede y debe ser correcta, pero no necesariamente se refiere a la síntesis total de carbohidratos solubles en el mango. Se basa en observaciones por Cavalcante et al. (2018), quienes registraron niveles extremadamente altos para el promedio total de carbohidratos solubles en plantas sin maduración en las ramas, ya que estas plantas demostraron una floración muy deficiente o nula. Por lo tanto, en el caso del mango, las concentraciones altas de carbohidratos, particularmente en yemas, no son la clave para una buena floración y producción de fruta o que, de manera paralela, los niveles demandados son menores a aquellos observados en otros órganos.

De manera notable, el transporte de azúcar de fuentes a destinos es una de las principales determinantes del crecimiento de la planta. Este proceso depende de una distribución eficiente y controlada de sacarosa (además de otros azúcares como la rafinosa y los polioles) a órganos de la planta a través del floema. Sin embargo, este sistema de transporte en el floema puede ser impactado por muchos factores ambientales, lo cual puede alterar la relación entre fuente y destino (Lemoine et al., 2013). Debido a que es necesario tener altas concentraciones de solutos para motivar el flujo en el floema, una baja concentración de promotor florigénico (PF) no podría provocar el movimiento de fluido a través del tubo criboso por cuenta propia. Las significativamente mayores concentraciones de azúcares fotoasimilados transportados por agua cargada en el floema de las hojas pasivamente transportan PF hacia numerosos destinos, incluyendo yemas respiratorias, donde se utilizan para la inducción floral.

La producción de biomasa en el mango, incluyendo aquella requerida para la floración, resulta de la conversión de energía radiante a carbohidratos a través de la fotosíntesis. En este sentido Mouco et al. (2010) destacaron que la cantidad de carbono fijo en este proceso y la distribución posterior a diferentes órganos de la planta son importantes para los eventos que están ocurriendo durante el ciclo fenológico del cultivo. Al mismo tiempo, las variaciones medioambientales influyen en la actividad fotosintética y, por lo tanto, definen el rendimiento de la planta.

Aunque existe poco consenso en lo que respecta a las funciones de los carbohidratos y el nitrógeno en la floración del mango, el almidón es un carbohidrato de mucha importancia para la floración del mango. Esto puede evidenciarse mediante sus acumulaciones durante los largos períodos de reposo de la cubierta vegetativa antes de la floración. Gamboa-Porras & Marín-Méndez (2012) intentaron determinar los cambios estacionales en el contenido de almidón de los árboles del mango, y posteriormente correlacionarlos con los patrones fenológicos y la producción de la planta para las variedades ‘Tommy Atkins’ and ‘Keitt’. Observaron que ambos genotipos demostraron la misma tendencia, pero este último registró contenido más alto en todas las muestras. Se observaron bajas concentraciones durante los periodos de post cosecha, y máximos valores durante la prefloración. En este sentido, la importancia del almidón para la floración puede inferirse. Asimismo, las plantas leñosas acumularon reservas durante la prefloración, mismas que posteriormente se consumieron para el desarrollo de la flor y de la fruta. Finalmente, Capelli et al. (2021) estudiaron las variedades ‘Cogshall’ y ‘José’ en Saint-Pierre (Francia) e identificaron acumulaciones de almidón durante la etapa vegetativa que se redujeron con el inicio de la floración.

De hecho, es importante resaltar que durante el ciclo vegetativo el mango demuestra variaciones significativas en los niveles de carbohidratos. Esto está confirmado debido a que estos valores son afectados en forma importante por las condiciones climáticas, el manejo, cultivar, y hasta la etapa fenológica del mismo cultivo (Antara et al., 2019; Lopes et al., 2021).

La Tabla 5 presenta algunos resultados acerca de la importancia de los carbohidratos y de la actividad enzimática de las nitrato reductasas para la floración del mango.

**Tabla 5.** Efecto de la acumulación de carbohidratos solubles totales, el almidón, y la actividad de nitrato reductasa en la floración del mango.

Ubicación	Clima	Cultivar	Resultados principales	Referencia
Casa Nova, BR	Tropical semiárido	Tommy Atkins	120 $\mu\text{mol mg g}^{-1}$ FM ramas en plena floración (26 t ha <sup>-1</sup> ) 70 $\mu\text{mol mg g}^{-1}$ MF ramas en plena floración (17 t ha <sup>-1</sup> )	Lopes et al. (2021)
Saint-Pierre, FR	Oceánico	Cogshall and José	Concentraciones mayores de almidón en las fases vegetativa y de prefloración con reducción durante la floración	Capelli et al. (2021)
Petrolina, BR	Tropical semiárido	Palmer	Incremento en la actividad de nitrato reductasas de un 78% de antes a después de la inducción de floración	Santos et al. (2021)
Petrolina, BR	Tropical semiárido	Palmer	$\cong 200 \mu\text{mol g}^{-1}$ FM en hojas durante la prefloración promoviendo una floración uniforme	Cavalcante et al. (2020)
Petrolina, BR	Tropical semiárido	Kent 2016 cycle	45.81 $\text{mg g}^{-1}$ FM en hojas durante la prefloración y 37.81 $\text{mg g}^{-1}$ FM en plena floración (100.56 panículas por planta y 1.13 frutas por panícula)	Lobo et al. (2019)
Petrolina, BR	Tropical semiárido	Kent 2017 cycle	38.56 $\text{mg g}^{-1}$ FM en hojas durante la prefloración y 42.59 $\text{mg g}^{-1}$ MF en pleno brote (56.76 panículas por planta and 1.37 frutas por panícula)	Lobo et al. (2019)
India	Sabana Tropical	Dashehari and Amparali	Los carbohidratos (altos) constituyen uno de los factores inductores para la floración del mango	Antara et al. (2019)
Casa Nova, BR	Tropical semiárido	Palmer	Los altos niveles de carbohidratos foliares (aprox. 120 $\text{mg g}^{-1}$ FM) al final de la	Cavalcante et al. (2018)

			maduración de los brotes (inducción floral) es indispensable para lograr altos rendimientos.	
Petrolina, BR	Tropical semiárido	Palmer	250.20 a 396.60 mg g <sup>-1</sup> FM en hojas en pleno brote (1.07 frutas por panícula y producción de 105.98 kg por planta).	Oliveira et al. (2017)

MF = masa fresca

Entre las enzimas con efectos potenciales sobre la floración del mango, destaca la nitrato reductasa. Desempeña un papel importante en el metabolismo y la asimilación del nitrógeno (N), catalizando la reducción de nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) a nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) y regulando las respuestas de las plantas frente a la deficiencia de N (Andrews et al., 2013; Kaur et al., 2015). Varios factores regulan la actividad de la nitrato reductasa (NRA), como las aplicaciones de nitrato y potasio, que la inducen en los árboles de mango en respuesta a la aplicación de nitrato de potasio (KNO<sub>3</sub>) (Coutinho et al., 2016; Anusuya et al., 2018).

Santos et al. (2021) evaluaron el cultivar de mango 'Palmer' y observaron que inmediatamente antes de la inducción floral con nitrato de potasio, la nitrato reductasa (NR) tenía mayor actividad en las raíces, diferenciándose estadísticamente de las hojas de primer y segundo brote foliar, que no diferían entre sí. Después de la inducción con la aplicación foliar de KNO<sub>3</sub> en mango, la ANR disminuyó en las raíces e igualó al de las hojas de primer brote foliar, pero aumentó en las de segundo brote foliar, que se convierten en el sitio principal de reducción de NO<sub>3</sub>. En este sentido, las plantas pueden modular la ANR tras la aplicación de sales de nitrato (Taiz et al., 2017), ya que esta enzima es inducida por su sustrato (Martuscello et al., 2016). Esto puede explicar la mayor actividad en las hojas de segundo brote foliar que en las raíces después de la pulverización.

Para Konishi y Yanagisawa (2011), la expresión del gen de NR se estimula rápidamente en varias plantas cuando está en presencia de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Santos et al. (2021) observaron que las hojas de segundo brote foliar son los principales sitios de ANR, que pueden ser modulados por la aplicación de nitrato exógeno vía foliar o fertiirrigación en diferentes fases fenológicas en cultivos de mango. Estos autores registraron un aumento en la ANR de aproximadamente 0.09 μmol NO<sub>2</sub> masa fresca<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> (antes de la inducción con nitrato de potasio) a aproximadamente 0.16 μmol NO<sub>2</sub> masa fresca<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> (después de la inducción con nitrato de potasio). En resumen, el KNO<sub>3</sub> indujo la ANR, una enzima clave en la vía de asimilación de nitratos para la síntesis de aminoácidos, en particular metionina (Anusuya et al., 2018), y este aminoácido, a su vez, ayuda en la floración del mango como precursor del etileno (Sudha et al., 2012). En conclusión, es por eso que la ANR es menor en la fase vegetativa que en la fase reproductiva.

Cuando se dispone de agua del suelo durante la inducción de la floración, se mantiene el flujo inverso del xilema y supone la evitación del movimiento ascendente del xilema de las hormonas iniciadoras de brotes (citoquininas) que se sintetizan en las puntas de las raíces (Mok, 1994), acumulándose en ellas e interfiriendo negativamente con la floración.

### 2.2.3 Hormonas de la planta

Existe una gran cantidad de literatura disponible acerca de los efectos de las hormonas vegetales en la floración del mango. Algunos estudios han evaluado variaciones en sus niveles durante el ciclo

fenológico, habilitando o no la floración de las plantas (Chacko, 1986; Núñez-Elisea y Davenport, 1998; Davenport, 2000; Beveridge y otros, 2003; Naphrom y otros, 2004; Protacio y otros, 2009; Upreti et al., 2013; Prasad et al., 2014; Burondkar et al., 2016; Antara et al., 2019; Cavalcante et al., 2020; Silva y otros, 2021; Capelli y otros, 2021; Bajpai et al., 2021). En la Tabla 6 aparece un resumen de los principales resultados de la relación entre las hormonas vegetales y la floración del mango.

**Tabla 6.** Efecto de las hormonas en la floración del mango.

Ubicación	Clima	Cultivar	Resultados principales	Referencia
Saint-Pierre, France	Húmedo continental	Cogshall and José	Las concentraciones de auxina y ácido abscísico fueron más altas en los botones florales en comparación con los brotes inactivos	Capelli et al. (2021)
Cabrobó, Brazil	Tropical semiárido	Keitt	Los bajos niveles de giberelina promovieron la floración entre 70 y 99% en plantas de mango	Silva et al. (2021)
Petrolina, Brazil	Tropical semiárido	Palmer	La disminución de los niveles de giberelina se asocia con el aumento de los carbohidratos y la floración del mango	Cavalcante et al. (2020)
India	Tropical húmedo	Dashehari and Amparali		Antara et al. (2019)
India	Tropical húmedo	Alphonso	Los valores promedio de zeatina ribósido aumentaron un 241% en brotes a partir de 15 días antes de la interrupción del reposo vegetativo Los valores promedio de ácido abscísico aumentaron un 32.5% en los brotes a partir de 15 días antes de la interrupción del reposo vegetativo	Burondkar et al. (2016)
Bangalore	Sabana Tropical	Totapuri	En árboles no tratados con paclobutrazol, el contenido de ABA fue de 85.7 a 106.3 ng g <sup>-1</sup> y de 52.3 a 65.5 ng g <sup>-1</sup> en brotes y hojas desde 30 días antes hasta la brotación, respectivamente	Upreti et al. (2013)
Calatagan	Monzón	Carabao	En árboles no tratados con paclobutrazol, el contenido de GA3 se redujo de 395.55 a 136.63 desde 30 días antes de la floración hasta el brote La disminución de los niveles de giberelina se asocia con períodos de menor disponibilidad de agua. Reducción de 750 µg <sup>-1</sup> FM a niveles indetectables de giberelina desde 6 meses antes de la floración	Protacio et al. (2009)

Existe dificultad para aislar e interpretar los efectos de las hormonas en la floración de cualquier planta frutal, dada la interferencia de factores ambientales. Para Luo et al. (2019), las bajas temperaturas regulan el contenido hormonal durante la inducción floral en árboles de mango.

Según la literatura, las hormonas relacionadas con la floración del mango incluyen la giberelina, citoquinina, auxina, ácido abscísico y etileno. Las giberelinas (AG) son inhibidores de la floración del mango y otras frutas. Reducen la inducción floral después de una reducción continua de sus niveles en brotes en crecimiento (Upreti et al., 2013; Prasad et al., 2014; Sandip et al., 2015; Burondkar et al., 2016; Antara et al., 2019; Cavalcante et al., 2020; Silva et al., 2021). Sin embargo, no todas las AG actúan para diferenciar las yemas florales (Upreti et al., 2013; Cavalcante et al., 2020). Mientras que una disminución de GA1 prepara las yemas para la diferenciación floral, las reducciones de GA3, GA4 y GA7 actúan sobre la iniciación de los brotes florales. Cabe destacar que el órgano vegetal en el que las AG deben estar en niveles bajos para la inducción floral es el brote y no las hojas. De este modo, los niveles más altos de AG aumentan el crecimiento vegetativo e inhiben la inducción floral del mango (Núñez-Elisea y Davenport, 1998; Davenport, 2000). A temperaturas altas, el tratamiento con GA3 aumenta la producción de brotes vegetativos, pero a bajas temperaturas no produce brotes vegetativos y retrasa la aparición de inflorescencias (Núñez-Elisea y Davenport, 1998). Estos resultados indicaron que GA3 previene el inicio de brotes reproductivos en lugar de

inhibir la inducción floral en el mango. Por lo tanto, los aumentos en las giberelinas pueden regular otras hormonas para inhibir la floración (Sandip et al., 2015).

Las citoquininas (CK) también tienen efectos sobre la floración, pero en forma contraria a las AG. Naphrom et al. (2004) informaron que las altas concentraciones de zeatina ribósido (ZR) en todos los tejidos son congruentes con la floración del mango a bajas temperaturas. Upreti et al. (2013) observaron que las citoquininas zeatina (Z), ZR, y ribósido de dihidrozeatina (RDHZ), así como el contenido total de citoquininas, aumentaron gradualmente en los brotes desde 30 días antes de la floración hasta la interrupción del reposo vegetativo en el mango 'Totapuri'. Antara et al. (2019) declararon que el contenido de Z aumentó durante el crecimiento de los brotes, y fue mayor en la aparición de panículas para los cultivares Amparali y Dashehari. En un estudio sobre árboles de mango de la variedad 'Alphonso', Burondkar et al. (2016) identificaron que la ZR era la citoquinina prominente en los brotes de los árboles de control, y que el contenido total de citoquinina aumentó significativamente en los brotes desde 15 días antes hasta la interrupción del reposo vegetativo y bajó después de 15 días a partir de la interrupción del reposo vegetativo. Estos autores también registraron un aumento del 241% en los valores promedio de ZR en brotes a partir de 15 días antes de la interrupción del reposo vegetativo, pero las concentraciones foliares se mantuvieron prácticamente sin cambios.

Las auxinas (AU) también ejercen efectos sobre la floración del mango. Sin embargo, los estudios sobre esta hormona escasean en la literatura, y algunos son de consistencia metodológica deficiente. Los efectos de las AU en la floración pueden ser indirectos, ya que según Taiz et al. (2017), la hormona puede estimular indirectamente los CK producidos por la raíz promoviendo nuevos puntos de crecimiento de la raíz. Por lo tanto, al asociar el hecho de que la AU se transporta básicamente desde la yema apical, la interacción entre la reducción de AU y la acumulación de CK en yemas en estado de reposo puede explicar la naturaleza cíclica de la iniciación del brote. La relación entre los niveles de citoquinina y auxina en los brotes regula la iniciación de la yema (Beveridge et al., 2003). En el caso particular de las AU, Capelli et al. (2021) evaluaron los árboles de mango de los cultivares 'José' y 'Cagshall' en Francia y observaron que las concentraciones de ácido indolacético (AIA) eran altas en inflorescencias, pedúnculos de frutas e inflorescencias o hachas frutales, inhibiendo el crecimiento vegetativo de brotes en ejes de floración y fructificación. Asimismo, estos autores identificaron que las concentraciones del AIA, pese a que resultaron bajas durante el ciclo, fueron más altas en brotes florales y cuajados durante el crecimiento inicial y la maduración de la fruta para ambos cultivares, reteniendo sus altas concentraciones durante la inflorescencia y el desarrollo de la fruta en las ramas. Por el contrario, Burondkar et al. (2016) identificaron una reducción de auxina (AU) desde 15 días antes hasta la interrupción del reposo vegetativo. Estos resultados incoherentes pueden deberse a diferentes condiciones climáticas y de manejo y, más concretamente, a las variedades utilizadas. Otro factor importante se refiere al método adoptado, porque al utilizar concentraciones muy bajas, diferentes medidas de error y precisión pueden conducir a diferentes valores de referencia. Bajpai et al. (2021) encontraron contenido de AU en brotes juveniles del cultivar de mango 'Amrapali' ( $3.01 \mu\text{g g}^{-1}$  peso fresco) casi igual al de las flores de variedades de producción alterna. Por lo tanto, los niveles máximos de AU fueron responsables por la intensidad de la inducción floral, ya que 'Amrapali' es un cultivar de floración regular en el que florecen la mayoría de los brotes. Por el contrario, las variedades con menor contenido de AU en brotes vegetativos mostraron una floración típica de intensidad alterna. En floración, hubo baja actividad de AIA oxidasa, lo que pudo haber provocado un incremento en las cantidades de AU.

Otra hormona sobre la que también se ha informado que participa activamente en la floración del mango es el ácido abscísico (ABA). Según Capelli et al. (2021), la concentración de ABA sigue siendo mayor en las yemas quiescentes comparado con otros brotes, sin embargo, con un aumento o una concentración relativamente alta en las ramas de floración y fructificación al final del desarrollo

de la fruta. Burondkar et al. (2016) encontraron que los valores medios de ABA aumentaron en un 32.5% en brotes a partir de 15 días antes de la interrupción del reposo vegetativo.

Según Upreti et al. (2013), los altos niveles de ABA proporcionan la condición interna necesaria para la diferenciación de los botones florales en el mango. Estos autores identificaron un aumento progresivo de las concentraciones de ABA en las yemas hasta la interrupción del reposo invernal, registrando un aumento de  $135.41 \text{ ng g}^{-1}$  a  $186.64 \text{ ng g}^{-1}$ , por lo tanto, un 45.22% desde 30 días antes hasta la interrupción del reposo vegetativo de las yemas. La función del alto contenido de ABA en la formación de brotes florales de mango fue reportado por Chacko (1986), sin embargo, la expectativa es inducirá el reposo vegetativo de los brotes, lo que en consecuencia ayuda en la formación de brotes florales, ya que la floración del mango ocurre en los brotes en estado de reposo. De acuerdo con la literatura, el ABA evidentemente protagoniza un papel positivo en la floración del mango, pero su grado no puede ser estimado, particularmente debido a las bajas concentraciones encontradas en los trabajos consultados. Por lo tanto, se puede inferir que es un coadyuvante importante en el proceso, ya que inhibe el crecimiento vegetativo, lo cual ayuda a aumentar las reservas de yemas (Barbier et al., 2019).

La participación del etileno endógeno en la floración del mango aún no se describe adecuadamente en la literatura. Pese a ello, productos químicos liberadores de etileno como el etefón han sido utilizados comercialmente para inducir o ayudar en la uniformidad de la floración. Sin embargo, esta respuesta ha probado ser de consistencia deficiente, lo cual también se puede decir de los niveles endógenos de etileno para apoyar su función en la floración. Al evaluar diferentes cultivares de mango, Saidha et al. (1983) observaron que los niveles de etileno aumentan gradualmente dos meses antes de la floración, seguido por una marcada reducción durante el tiempo de floración; Además, los brotes con flores tienen de 3 a 5 veces más etileno que los brotes vegetativos.

Protacio et al. (2009) estudiaron la floración del mango y determinaron variables importantes, incluyendo ACC y niveles de etileno. Estos autores observaron una reducción en los niveles de etileno durante los períodos cercanos a la floración, mientras que el contenido de ácido 1-carboxílico-1-aminociclopropano (ACC) en las hojas se mantuvo estable o sin cambios en las plantas de control. Sin embargo, las plantas tratadas con paclobutrazol (PBZ) para el manejo de la floración tuvieron aumentos en los niveles de ACC, alcanzando un pico en el tercer mes después de la aplicación, coincidiendo con el inicio de la floración. Este resultado indica la posible participación de la vía biosintética del etileno con la iniciación floral en los árboles de mango, particularmente a raíz de que el ACC es ampliamente reconocido como un precursor del etileno.

En la práctica, el uso de dicha tecnología tiene resultados satisfactorios (experiencia personal). Sin embargo, aún no existe fundamento o indicación numérica de funcionalidad en la literatura científica. Cuando hay aplicación de productos inductores de síntesis o liberadores de etileno, los árboles de mango expresan síntomas visuales como la extrusión de látex de brotes terminales al inicio de la inflorescencia y la epinastia de hojas maduras cerca del ápice (datos no mostrados).

Los cambios en las concentraciones de algunas hormonas en los árboles de mango ocurren concomitantemente con aumentos en los carbohidratos, ya que una disminución en las giberelinas favorece la síntesis de carbohidratos simples. Esto se debe a que uno de los principales efectos de las giberelinas es movilizar los carbohidratos, estimulando su degradación en azúcares simples (Prasad et al., 2014). Por lo tanto, un ambiente en el que las giberelinas son altas no promueve la acumulación de almidón, lo cual es perjudicial para la floración del mango. El equilibrio hormonal también fue abordado por Bajpai et al. (2021) como un factor importante en la floración del mango, en detrimento de las concentraciones individuales de cada hormona. Estos autores infieren que un menor nivel de

giberelinas y niveles más altos de citoquininas, inhibidores del crecimiento, y etileno han sido señalados como los principales factores favorables para inducir la floración en el mango.

#### 2.2.4 Factores genéticos

Mo et al. (2021) aislaron e identificaron dos genes de fase vegetativa corta (SVP) en el mango de la variedad 'SiJiMi', MiSVP1 y MiSVP2. SVP es un factor de transcripción que integra las señales de floración y regula el tiempo de floración. En este estudio, los autores observaron que ambos genes MiSVP fueron expresados durante el desarrollo floral y altamente expresados en tejidos vegetativos, con baja expresión en flores y yemas. Una evaluación en *Arabidopsis* reveló que la sobreexpresión de MiSVP1 retrasó el período de floración y la sobreexpresión de MiSVP2 aceleró el período de floración.

Fan et al. (2020) evaluaron la función del FLOWERING LOCUS T (FT) en el mango 'SiJiMi' e identificaron tres genes MiFT pertenecientes a la familia PEBP (proteína vinculante a fosfatidiletanolamina). Sus respectivas funciones en la regulación de la floración en marcos de lectura abiertos de MiFT1 (hojas maduras), MiFT2 (tallos maduros) y MiFT3 (flores) fueron de 540, 516 y 588 pb de longitud y codificaron 180, 172 y 196 aminoácidos, respectivamente. Los niveles de expresión de los tres MiFT fueron significativamente diferentes en las hojas durante el desarrollo de las flores, y la expresión de MiFT1 aumentó notablemente en las hojas y fue significativamente mayor que la de los otros dos MiFT durante el desarrollo del capullo floral. Esta observación dio lugar a que los autores concluyeran que MiFT1 puede actuar como un regulador clave en la floración.

Patil et al. (2021) investigaron las razones genéticas para alternar la producción de mango 'Ratna', utilizando genes asociados con la inducción, represión y regulación de la floración. Se identificaron y caracterizaron los genes FLOWERING LOCUS T (FT), que inducen la floración, y dos genes TERMINAL FLOWER1 (TFL1), que reprimen la floración. Los autores observaron que el módulo GI-FKF1-CDF1-CO puede utilizarse para regular la floración del mango, y la floración dependiente de la temperatura del mango puede asociarse con elementos sensibles a la temperatura en la región promotora de uno de los genes GIGANTEA, que están estrechamente asociados con la inducción floral.

Wang et al. (2022) también analizaron la expresión génica de tres genes similares a FT (MiFT1, MiFT2 y MiFT3) y dos genes similares a TFL1 (MiTFL1 y MiTFL1a) en árboles de mango 'Alphonso'. Observaron que la expresión de MiFT2 no era detectable en ninguna etapa; por lo tanto, puede no ser funcional. Sin embargo, MiFT1, MiFT3, y ambos TFL fueron los principales reguladores de la floración del mango.

### 3. Viabilidad de la producción de mango con floración natural

Se abordará la información disponible en la literatura científica sobre la viabilidad económica, cultivar, productividad, calidad de post cosecha de los frutos y, en su mayoría, prácticas culturales asociadas que pueden hacer factible la producción. Además, se verificará la producción biodinámica, orgánica y agroecológica en la literatura para proporcionar una descripción técnica de las modalidades de cultivo en todo el mundo.

La búsqueda de una agricultura sostenible y mercados de consumo interesados en productos más saludables que ejercen un menor impacto en el medio ambiente, como la abstención del uso de

insumos químicos sintéticos en la producción de alimentos, sirven como un estímulo para la producción de alimentos orgánicos para la mayoría de los agricultores, sin importar su escala de producción (Padua et al., 2013). En este contexto, la producción agroecológica de alimentos está directamente relacionada con la sustentabilidad y el medio ambiente, ya que incluye la conservación de los recursos naturales como el suelo y el agua (Andrade et al., 2017). Según Dias et al. (2015), tanto el consumo como el desarrollo de la agricultura orgánica y agroecológica están en expansión. Esta comprensión tiene lugar a nivel global, en un mercado que exhibe tasas de expansión superiores al 20% en todo el planeta. Por lo tanto, la atención se ha centrado en la demanda de dichos productos, así como en los métodos para garantizar su suministro, calidad y certificación adecuados (Muñoz et al., 2021).

Este escenario no solo se aplica a los productos de granos y cereales, sino también a la producción de frutas. En particular para el mango, la producción comercial de frutas con un manejo cultural mínimo, insumos de bajo costo, y prácticas agrícolas que se remontan a épocas antiguas pueden ser posibles, pero será necesario establecer y cumplir muchos requisitos preliminares.

Como se describe en el ítem 2 de la revisión, la floración del mango es compleja y se ve afectada por factores ambientales (temperatura del aire, fotoperíodo, y lluvia) y factores relacionados con las plantas (cultivar, estado nutricional, fotoasimilados, actividad enzimática y hormonas vegetales) interdependientemente. El efecto de la temperatura del aire en la floración del mango depende del cultivar y del manejo adoptado. Si se consideran solo las condiciones ambientales (Tabla 1), la floración ocurre naturalmente en los árboles de mango a temperaturas entre 11.9 y 39.1 °C, independientemente del manejo y el cultivar.

En lo que respecta a la precipitación pluvial, la ausencia o máxima de 60 mm de 4 a 5 meses puede favorecer la floración. Cabe destacar que la lluvia no solo actúa en la acumulación ideal de carbohidratos (Lopes et al., 2021) y el equilibrio hormonal (Cavalcante et al., 2020; Silva et al., 2021) para floración, pero también proporciona nitrógeno, un nutriente conocido por el efecto que ejerce en la inducción floral toda vez que este registre niveles por encima del máximo para cada cultivar de mango.

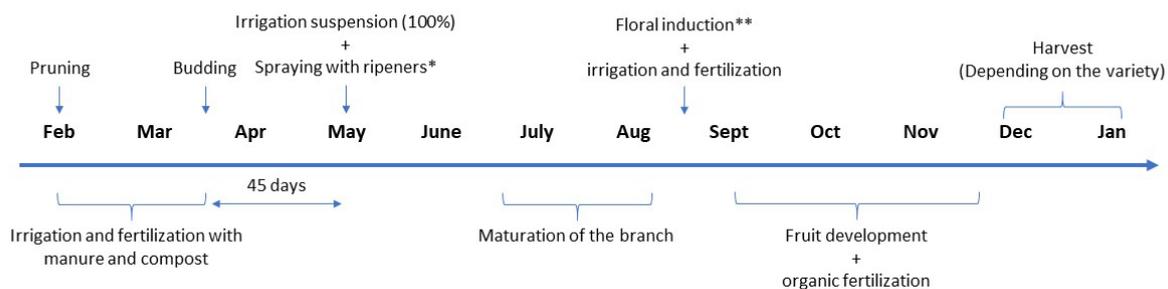
Los factores ambientales están claramente limitados geográfica y/o temporalmente, por lo que podrían actuar en la floración del mango en regiones en las que no ocurren naturalmente. Así, las regiones con precipitaciones muy elevadas y ausencia de bajas temperaturas, particularmente durante la inducción floral (Moura et al., 2015; Caldana et al., 2020), difícilmente aportarán floración natural, dado el requerimiento de estos factores y la falta de herramientas químicas sustitutivas como PBZ (Silva et al., 2021).

Para Carr (2014), en los trópicos, el manejo del riego con estrés hídrico promueve la floración después de 6 a 12 semanas, mientras que en áreas subtropicales y semiáridas el riego es crucial para etapas fenológicas importantes para la producción de fruta a altas temperaturas. Según Zuazo et al. (2021), en los trópicos, el estrés hídrico ejerce una función importante en la floración y fructificación, ya que favorece la inducción floral.

Cuando las condiciones ambientales no son limitantes, se pueden y se deben manejar otros factores para producir mango con una floración natural. En condiciones naturales, la alternancia en la producción se convierte en una característica llamativa provocada por la pesada carga de fruta de los árboles frutales perennes durante el año productivo. Esto se debe parcialmente a los bajos niveles de

carbohidratos que permanecen después del año productivo (Pongsomboon et al., 1997). Uno de los factores es el suelo, debido a que, según Kumari et al. (2020), las plantas frutales se consideran los sistemas biológicos más eficientes. Realizan la transformación eficaz del dióxido de carbono atmosférico en carbono del suelo de larga duración, pese a su valor nutricional y de exportación. Las mayores reservas de carbono ayudan a mantener la producción del suelo y los servicios de los ecosistemas. Por lo tanto, una mejor nutrición de los cultivos promueve las reservas de carbono. Los autores citados evaluaron la viabilidad del manejo integrado de nutrientes para mejorar las propiedades del suelo, disponibilidad de nutrientes, producción de frutas, y las reservas de carbono en los árboles de mango. Concluyeron que esas prácticas, como la aplicación de abono, vermicompost, y cobertura orgánica con paja mantienen la producción de fruta y las reservas de carbono en el suelo, además de promover el secuestro de CO<sub>2</sub> en el suelo y disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero. Todas estas son opciones económicamente viables, ya que mitigan el cambio climático.

Dada la importancia del uso sostenible de los insumos agrícolas y la necesidad de racionalizar los sistemas de producción de mango, en 2020 se lanzó el primer sistema de producción de mango orgánico en Brasil (Embrapa, 2020). Las recomendaciones están dirigidas a las variedades 'Palmer' y 'Ubá' y a una región específica, Chapada Diamantina. Sin embargo, pueden servir de modelo, después de haber hecho los ajustes adecuados, para otras regiones productoras. La inducción floral recomendada se describe en la Figura 1.



\*Sulfato de potasio y sulpomag (22% K<sub>2</sub>O, 18% MgO y 22% S) a una concentración del 2% (20 g L<sup>-1</sup>). Se pueden realizar entre dos y tres pulverizaciones, comenzando 45 días del brote vegetativo de las yemas (hojas coriáceas), y cada 20 días entre pulverizaciones, alternando las fuentes.

\*\*Se recomiendan las pulverizaciones de biofertilizantes, como orina de vaca fermentada, a una concentración del 7% (70 ml L<sup>-1</sup>) y divididas en cuatro aplicaciones semanales.

**Figura 1.** Diagrama de recomendaciones de manejo para la floración de cultivares de mango Ubá y Palmer en Chapada Diamantina (Brasil) bajo un sistema orgánico recomendado por Embrapa (2020) y adaptado por los autores.

Aunque el cultivar de mango 'Ubá' es poliembrionario, el cultivar 'Palmer' tiene un manejo de floración más sencillo en comparación con los demás. Para las condiciones en Chapada Diamantina (Figura 1), el inicio de los signos de floración coincide con bajas temperaturas ambiente entre los meses de junio y agosto (mínimas entre 17 y 18 °C, y máximas entre 27 y 28 °C), así como menores precipitaciones de mayo a septiembre (datos no mostrados). Para Embrapa (2020) el huerto de mango 'Palmer' rindió 15 t ha<sup>-1</sup> en su quinto año de cultivo, pero no se evaluaron parámetros de calidad de la fruta.

Prates et al. (2021) realizaron una revisión para recopilar información sobre actualizaciones y esfuerzos para resolver problemas en cultivos convencionales de mango e identificar alternativas para el manejo orgánico. Concluyeron que en las regiones tropicales las tasas de floración deberían

mejorarse mediante la gestión del riego (estrés por sequía parcial) y el suministro nutricional adecuado, además de mantenimiento con poda.

Pese a que existe la capacidad viable para realizar la producción comercial de mango madurado naturalmente, persisten cuellos de botella que aún deben superarse. El primero entre ellos es la viabilidad económica, que resulta más costosa a raíz de los rendimientos reducidos. Además, faltan datos consistentes y confiables sobre el manejo específico para cada sistema, considerando las fases fenológicas de los cultivos. Por último, los umbrales del mercado se reducen por las necesidades climáticas de floración, lo cual limita el tiempo de suministro del producto.

Asimismo, el mango madurado naturalmente debe considerar el uso de insumos biológicos, no obstante que la información es escasa en la literatura. También hay pocos estudios que comparen fertilizantes biológicos y químicos. Estos últimos son ampliamente utilizados en el cultivo de mango, y han tenido costos masivos en los últimos años. Una forma de mejorar la eficiencia de los fertilizantes químicos, la nutrición de las plantas y, por extensión, la sustentabilidad del sistema de producción es el uso de biofertilizantes. Según Vessey (2003) y Santana et al. (2017), este insumo contiene microorganismos vivos que, al aplicarse a las plantas o directamente al suelo, colonizan la rizosfera o parte interna de las plantas, promoviendo el crecimiento de las plantas al aumentar los suministros y / o disponibilidad de nutrientes. Los biofertilizantes tienen sustancias húmicas (Lag Reid et al., 1999) formadas por transformación de biomoléculas durante la descomposición de residuos vegetales y animales. Estos compuestos son el resultado del fraccionamiento de materia orgánica en ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y huminas. Se ha demostrado que las sustancias húmicas mejoran los rasgos físicos y químicos del suelo, con efectos directos sobre el crecimiento, el desarrollo, la absorción de nutrientes y, en el caso de numerosos cultivos, el rendimiento y la calidad de la fruta.

Específicamente en los árboles de mango, la aplicación de biofertilizantes por fertirrigación han promovido resultados satisfactorios, ya que reducen el uso de fertilizantes sintéticos, mejoran la fertilidad del suelo, además de aumentar la producción y la calidad fisicoquímica de los frutos. Según Poonia et al. (2018), Kumari et al. (2020), Dalvi et al. (2021) y Prates et al. (2021), estos insumos se pueden agregar al sistema de producción de este cultivo. Sin embargo, se necesitan más estudios para proporcionar información precisa y recomendaciones técnicas para el cultivo de mango utilizando biofertilizantes, sin comprometer la productividad o la calidad de la fruta.

#### **4. Manejo de la floración del mango**

En este tema, presentamos la información disponible en la literatura sobre las principales prácticas de manejo adoptadas en la producción tradicional de mango en los siguientes subtemas:

##### *4.1 Poda*

La poda es una de las prácticas culturales más importantes en los huertos de mango. Su objetivo es dar forma al dosel de las plantas y mantener un crecimiento vegetativo equilibrado en toda el área del dosel, manteniendo el equilibrio entre las raíces de las plantas y los brotes. De este modo, se regula el vigor, la floración y la producción, manteniendo el equilibrio en la fructificación, evitando alternancias entre temporadas productivas y pobres (Mouco y Albuquerque, 2004). Por lo tanto, las producciones fuera de temporada pueden ser factibles (Ramírez y Davenport, 2010) ya que se optimiza la penetración de la luz en el dosel, la producción de fruta, y el uso de fotoasimilados (Solanki et al., 2016).

La Tabla 7 contiene los principales resultados del efecto de poda sobre la floración del mango.

**Tabla 7.** Efecto de la poda en la floración del mango.

Ubicación	Clima	Cultivar	Resultados principales	Referencia
Petrolina, BR	Tropical semiárido	Tommy Atkins	El cierre de la cubierta vegetativa de árboles mecánicamente podados ocurre 90 días después de la poda (DAP) y en árboles manualmente podados asciende a 122 DAP	Lopes et al. (2021)
Petrolina, BR	Tropical semiárido	Tommy Atkins	La producción de fruta es mayor cuando la densidad productiva de las ramas es mayor en el dosel de las plantas	Ferraz et al. (2020)
Australia	Subtropical	Honey Gold e B74	El período de la poda influye en la floración. Las plantas del grupo de control registraron un $51 \pm 2.22\%$ del dosel en condición florecido, mientras que aquellas podadas ocho semanas después (Período 2) registraron un $95 \pm 1.45\%$ del dosel en condición florecido	Sarkhosh et al. (2018)
Australia	No informado	No informado	La mejor respuesta se obtuvo con la poda moderada, ya que la poda severa resultó en menos inflorescencias con frutos	Menzel and Lagadec (2017)
Viçosa, BR	Mesotérmico	Ubá	La poda de despunte incrementó la floración del 40% al 80% en las ramas de la planta	Oliveira et al. (2017)
Egypt	Desierto	Alphonso	La poda de la mitad de los brotes terminales provocó un aumento en el número de panículas por planta de 153.7 (poda de rama completa) a 205	Elkhishen (2015)

DAP: días después de la poda

La penetración de la luz en el dosel es crucial para una floración uniforme en los árboles de mango. Una mayor exposición al dosel mejora el uso de la luz, aumentando las tasas fotosintéticas (Sharma y Singh, 2006). Esto es particularmente cierto porque el crecimiento y la reproducción del mango a menudo están vinculados con la morfología del eje, así como su posición dentro de la arquitectura del árbol, que varía según el cultivar utilizado (Normand et al., 2009).

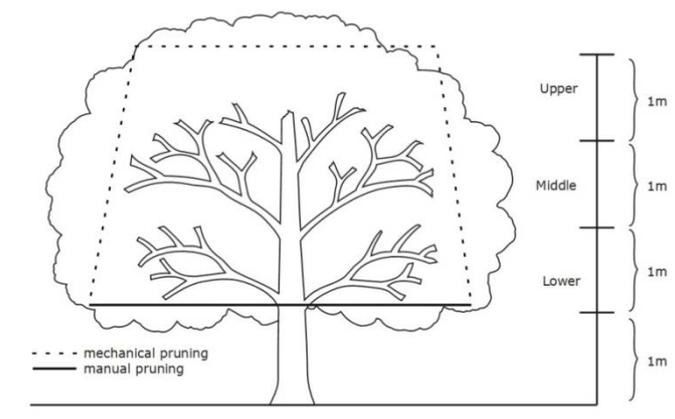
Menzel y Lagadec (2017) afirmaron que la tasa fotosintética se puede utilizar como índice de productividad. Sin embargo, la poda excesiva puede reducir el área foliar que, a su vez, apoya el desarrollo del cultivo. Los autores, asimismo, verificaron que la poda y la poda de despunte aumentaron el número de inflorescencias con frutos en todas las partes del dosel. Según ellos, la poda moderada tuvo un mejor rendimiento que la poda severa. Esto último resultó en menos inflorescencias con frutos en la parte superior y el dosel entero. Además, afirmaron que la poda no causa un aumento en la distribución relativa de la inflorescencia, con frutos en diferentes partes del dosel. Por último, la poda severa puede haber aumentado los niveles de luz, pero a expensas de la reducción del área foliar, disminuyendo el apoyo al desarrollo de los cultivos.

Davenport (2009) informó que las hojas de mango exigen luz solar para florecer en condiciones inductivas desfavorables. Las ramas expuestas a intensidades de luz más bajas tienden a producir ramas vegetativas, mientras que las expuestas al sol a plenitud inician el desarrollo de ramas reproductivas. Por otro lado, otro principio importante que rige la poda está relacionado con la dominancia apical, que se describe como el control ejercido por el vértice de los brotes sobre el crecimiento de los brotes laterales. Si el brote apical permanece intacto, hay poco o ningún crecimiento de brotes laterales o axilares, su eliminación rompe la dominancia apical, y así uno o más brotes laterales pueden crecer. Esta dominancia está regulada principalmente por auxinas que se

producen en el ápice y son transportadas por la vía basípeta, inhibiendo los brotes laterales (Aloni, 2021).

Scarpate Filho et al. (2011) informaron que la poda drástica puede demorar tanto la floración como la fructificación. Esto se debe a que, luego de una poda drástica, el crecimiento vegetativo aumenta, retrasando las funciones reproductivas. Además, la poda drástica hace que las ramas sean más vigorosas, con una circulación de savia cada vez más intensa en las ramas verticales rectas. Aunque estas proporcionan crecimiento vegetativo, las ramas horizontales favorecen las yemas reproductivas, ya que aumentan la acumulación de reservas y favorecen la formación de yemas florales.

Cuando se apunta a la floración del mango, se realiza más de un paso de poda durante el ciclo fenológico. La poda que inicia el ciclo de producción, también conocida como poda de post cosecha, debe estar asociada con la apertura del centro de las bóvedas (con reducciones de altura si es necesario), elevación del dosel, selección del diámetro de la rama (por encima de 8.0 mm) y poda de despunte de ramas en inducción. Ferraz et al. (2020) evaluaron el cultivar 'Tommy Atkins' e ilustraron los procedimientos realizados en la poda de mango. La ilustración muestra que la poda de producción se puede hacer mecánicamente para lograr una forma trapezoidal (línea punteada). Para estos autores, la parte inferior del dosel se puede podar manualmente, como se muestra en la Figura 2. La figura también muestra una división de diferentes alturas de evaluación, como parámetros indicativos del éxito de la poda.



**Figura 2.** Diseño de poda de mango y expresión visual de diferentes alturas de evaluación de ramas de dosel (superior, medio e inferior). Fuente: Ferraz et al. (2020).

Además, la poda (manual o mecánica) influye en la intercepción de la luz por parte de las plantas (Lopes et al., 2021). Cabe destacar que el cierre del dosel en plantas podadas mecánicamente ocurre 90 días después de la poda (DAP), mientras que en la poda manual es de hasta 122 DAP. Por lo tanto, la intercepción de la luz es mayor en las plantas podadas mecánicamente.

Ferraz et al. (2020) estudiaron el cultivar de mango 'Tommy Atkins' cultivado en la región semiárida brasileña y concluyeron que, en árboles podados mecánicamente en forma trapezoidal, el número de ramas terminales, la densidad de ramas, la densidad de frutos, y el número de frutos por rama varían con el lado (este y oeste) y la posición en el dosel. Las ramas terminales y la producción de fruta se concentran en el lado oeste de la planta y la parte inferior del dosel. Los autores notaron que, en huertos de alto rendimiento podados en forma trapezoidal, el número de frutos por rama terminal es de 1.15.

En las condiciones desérticas de Egipto, Elkhishen (2015) evaluó cuatro tratamientos de poda, eliminación de brotes terminales de media longitud, eliminación de brotes terminales completos, poda de despunte y control (sin poda), y concluyó que la eliminación de brotes terminales de media longitud era el tratamiento más efectivo para regular la floración y la productividad del cultivar Alphonso.

La poda de despunte, conocida en Brasil como "poda de desponte" (en portugués), también puede tener efectos positivos en la floración del mango. Oliveira et al. (2017) estudiaron el efecto de PBZ asociado con la brotación de ramas de mango 'Ubá', e informaron que las plantas con brotación de ramas tenían un mayor número de panículas por rama y, en consecuencia, un mayor número de frutos por rama, sin efectos nocivos sobre la calidad de la fruta. Por otro lado, la necesidad de podar o no la punta depende de la madurez de la rama y debe ser evaluada por un productor / consultor experimentado. Además, no es una práctica incluida automáticamente en la producción de variedades de mango de alto rendimiento.

Persello et al. (2019) evaluaron dos factores de poda de mango: intensidad de poda, definida a escala de árbol como la cantidad de biomasa fresca eliminada por unidad de volumen de dosel, y la severidad de la poda, definida a escala de eje como la distancia entre el punto de poda y el extremo distal del eje. Los autores concluyeron que la intensidad del crecimiento vegetativo aumentó con la severidad de la poda (ejes podados) y el diámetro del eje (ejes podados y no podados), pero no se vio afectada por la intensidad de la poda. También observaron que la intensidad y la severidad de la poda influyeron en la dinámica del crecimiento vegetativo. Aunque estos autores no evaluaron directamente la floración del mango, el aumento de las ramas vegetales constituye una medida importante. Según Ferraz et al. (2020), los aumentos en las ramas de las plantas pueden llevar a un aumento proporcional en el número de frutos por planta.

Según Sanjay et al. (2010), el tiempo y la gravedad de la poda no solo cambian el estado fisiológico del mango, sino que también alteran las propiedades bioquímicas, que se pueden observar a través de los patrones de floración, fructificación y producción. Estos autores también verificaron que las nuevas ramas de la poda de producción tenían más azúcares totales y reductores en relación con las ramas sin podar, lo cual es positivo debido a los efectos de estos compuestos en la floración (ver ítem 2.2.2 de esta revisión).

En Australia, Sarkhosh et al. (2018) evaluaron el efecto de seis períodos de poda de despunte entre abril y julio (clima más fresco y seco) a cuatro intervalos semanales en dos cultivares comerciales de mango (Honey Gold y Calypso - B74). Estos autores observaron que los árboles del grupo de control registraron un  $51 \pm 2.22\%$  de su dosel florecido, mientras que los podados ocho semanas después (Período 2) registraron un  $95 \pm 1.45\%$  de su dosel florecido.

Singh et al. (2010) estudiaron el efecto de la intensidad de la poda en los rasgos de floración en los árboles de mango 'Amparali', 'Malika', y Dashehari en la India, y encontraron un número de panículas por rama entre 3.85 en plantas sin podar y 5.66 en árboles sometidos a poda moderada, en los que se eliminó material vegetal de 60 cm del ápice de la rama.

Quijada et al. (2009) obtuvieron resultados satisfactorios sobre el uso de podas en árboles de mango en comparación con plantas sin podar, encontraron una mejora en la producción cuando se asoció con la aplicación de nitrato de potasio ( $\text{KNO}_3$ ).

Ramírez et al. (2010) destacaron que la edad de las ramas es un factor clave para la floración del mango, y que cada cultivar de mango (incluso si es monoembrionario) tiene sus características

individuales. Observaron que la iniciación generativa sincrónica de brotes en árboles 'Keitt' ocurrió en aproximadamente el 75 y el 100% de las ramas, después de la pulverización con  $\text{KNO}_3$ , 5 y 6 meses después de la fecha de poda, respectivamente. Sin embargo, el cultivar 'Tommy Atkins', que tiene más dificultades para inducir la floración que 'Keitt', tuvo un 18% de brotes de floración después de la aplicación de 5 meses, y un 100%, después de la aplicación de  $\text{KNO}_3$ , 6 meses después de la poda. Además, encontraron que ninguno de los árboles no tratados del huerto floreció durante este período. En resumen, estas observaciones indican que no solo es necesaria la edad de las ramas (madurez), sino también la poda para que la edad de las ramas esté estandarizada y, por lo tanto, promueva una floración uniforme.

#### 4.2 Manejo del riego

El manejo del riego en huertos de mango afecta la uniformidad de la floración. El manejo adecuado debe considerar las demandas de la planta en cada etapa fenológica para ser exitosas, pero particularmente el uso de fuentes de nitrato durante la maduración de los brotes, una fase que precede a la inducción floral. Además, muchos de los resultados encontrados en la literatura son inconsistentes, ya que los estudios se realizaron utilizando niveles tecnológicos, variedades, climas y suelos diferentes. Estas divergencias no permiten que el manejo se aplique en otras regiones del mundo donde existe la producción de mango. Por lo tanto, un manejo adecuado debe considerar las especificidades de cada huerto y sistema de producción.

La literatura más antigua (Bally et al., 2000) e incluso reciente (Halder y Hasan, 2020) recomienda la suspensión del riego para estimular el estrés hídrico en los árboles de mango, independientemente del cultivar y el sistema de producción del mango. Sin embargo, la práctica dista mucho de lo recomendable, ya que otros factores están involucrados en el proceso de floración que pueden y deben ser considerados. El principal impacto es la interrupción del crecimiento que impide que las plantas vegeten, además de la disminución de la síntesis de giberelina, un promotor del crecimiento. La aceleración de la maduración de la rama por escasez de agua está relacionada con la síntesis de etileno y ácido abscísico. A su vez, acelera y estandariza la maduración de las ramas y, por lo tanto, la uniformización de la floración.

El riego deficitario es una práctica comúnmente utilizada en el cultivo del mango. La técnica consiste en abastecer parcialmente la demanda de agua del cultivo durante etapas en las que el crecimiento se ve poco afectado (Sampaio et al., 2010). Este estrés tiene como objetivo aumentar la eficiencia del uso del agua (WUE), porque cuando la disponibilidad de agua es un factor limitante, el riego deficitario puede permitir mayores rendimientos económicos, ambientales y fisiológicos. Estudios previos han demostrado que además de ahorrar agua, el déficit de agua puede mantener o incluso mejorar el rendimiento y la calidad de la fruta.

Los valores del coeficiente de cultivo ( $K_c$ ) de los árboles de mango son a menudo bajos y dependen de las condiciones climáticas de la región de cultivo. En Egipto, Mattar (2007) informó que los valores de  $K_c$  para floración, fructificación y crecimiento de frutos fueron 0.66, 0.85 y 0.88, respectivamente. Asimismo, en Brasil, Coelho et al. (2002) señalaron que el  $K_c$  del mango debería aumentar de 0.39 durante la floración a 0.85 durante el crecimiento de la fruta. Por el contrario, Mohammad et al. (2015) reportaron valores casi sin cambios entre 0.71 y 0.77 para todo el período de producción. Sin embargo, Sousa (s.f.) indicó que 0.39 sería un valor de  $K_c$  más adecuado para la maduración de ramas, y agregó que, durante la floración, globalmente, los valores de  $K_c$  registrados estaban por encima de 0.60, oscilando entre 0.50 y 0.70 (Tabla 8).

**Tabla 8.** Valores del coeficiente de cultivo ( $K_c$ ) para el cultivo de mango de alto rendimiento en semiáridos brasileños.

<b>Etapas</b>	<b>Kc</b>	<b>Inicio (DAP)</b>	<b>Fin (DAP)</b>	<b>Duración (días)</b>
Poda – Crecimiento vegetativo 1	0.6	1	40	40
Crecimiento vegetativo 2	0.7	41	120	80
Crecimiento vegetativo 3	0.6	121	130	10
Estrés hídrico 1	0.5	131	140	10
Estrés hídrico 2	0.4	141	150	10
Estrés hídrico 3 – Maduración de ramas	0.3	151	180	30
Floración 1	0.5	181	190	10
Floración 2	0.6	191	200	10
Floración / Fructificación	0.7	201	230	30
2 <sup>da</sup> Caída de fruta fisiológica	0.9	231	250	20
Crecimiento de fruta 1	0.7	251	280	30
Crecimiento de fruta 2	0.6	281	290	10
Maduración / cosecha de fruta	0.5	291	330	40

DAP – días después de la poda. Fuente: Adaptado de Sousa (2015)

En Petrolina, Silva (2000) recomendó valores de Kc de 0.44 para el mango de la variedad 'Tommy Atkins' durante la floración, 0.65 en la caída de la fruta, 0.83 en la formación de la fruta, y 0.84 en la maduración de la fruta. Sin embargo, Sousa (s.f.) consideró que 0.44 es un valor sustancialmente bajo y que se debe especificar a qué fase de floración se refiere. El autor dedujo que podría referirse a la fase de floración inicial, es decir, entre el final de la maduración de la rama y la aparición de los botones florales.

Teixeira et al. (2008) reportaron valores de Kc de 0.65 a 1.05, con valores más altos cuando la capa superior del suelo a menudo había sido mojada por la lluvia o el riego. Por otro lado, vale la pena señalar que, según Sousa (s.f.), generalmente pocos árboles frutales grandes, como el mango, tienen valores de Kc superiores a 0.90 en una etapa de mayor demanda de agua (Allen et al., 1998), y que pueden haber ocurrido errores metodológicos, como el "efecto bouquet", que provoca una sobreestimación de Kc.

Zuazo et al. (2019) llevaron a cabo un experimento de lisímetro con el mango de la variedad 'Osteen' en Granada, España, con el objetivo de evaluar la eficiencia del uso del agua de la planta a través de valores de Kc. Observaron que los valores de Kc presentaron tres etapas principales durante el ciclo fenológico del mango, siendo floración (Kc = 0.43), cuajado (Kc = 0.67) y crecimiento del fruto (Kc = 0.63). Al mismo tiempo, otro estudio realizado por el mismo grupo de investigadores (Pleguezuelo et al., 2018) registró resultados diferentes para Kc, obteniendo valores de 0.51, 0.72, y 0.60 para floración, cuajado y crecimiento de frutos, respectivamente.

En una revisión exhaustiva de las relaciones hídricas y los requisitos de riego para el mango, Carr (2014) concluyó que el valor de Kc varía entre 0.65 y 1.05, con la frecuencia y extensión de la humectación de la superficie del suelo (vinculada al método de riego), así como la densidad del dosel vegetativo. Sin embargo, este autor puede haber sobreestimado el área húmeda y la adecuación de Kc, obteniendo valores de Kc más altos según lo discutido por Sousa (s.f.), lo cual es peligroso para el sistema productivo de los árboles de mango.

Levin et al. (2015 a, b) informaron que el estrés hídrico más severo durante el período posterior a la cosecha da como resultado una floración más temprana. Los autores observaron que los árboles bajo riego deficitario (principalmente T-1) florecieron antes que aquellos que recibieron mayores profundidades de riego (T-3 o T-4). Sin embargo, los tratamientos no afectaron la intensidad de la floración.

Santos et al. (2015) evaluaron el efecto de diferentes valores de ETc en el mango de la variedad 'Tommy Atkins' en Brasil, a saber: a) riego con 100% ETc; b) riego con 100% ETc alternando el lado emisor cada 15 días; c) riego con 80% ETc lado emisor alterno cada 15 días; d) Riego con 60% ETc alternando el lado emisor cada 15 días. El Kc utilizado para calcular la evapotranspiración durante las fases de evaluación varió de 0.45 a 0.87, según lo hecho por Cotrim et al. (2011) y recomendado por Coelho et al. (2002).

La conmutación lateral de los emisores de riego ha sido estudiada por muchos autores y aparentemente puede ser una estrategia relevante (Sousa, s.f.). En un estudio sobre mango del cultivar 'Chok Anan', Spreer et al. (2009) evaluaron la respuesta de la planta a diferentes niveles de agua disponible utilizando un Kc de 0.80 para el control. Observaron que una reducción del 50% de este valor disminuyó la productividad tan solo un 3%, con mejores resultados para la partición de la extracción de agua (lados alternos de riego en sistemas de riego por goteo, con dos líneas de goteros por hilera de plantas) en años secos.

Fonseca et al. (2018) estudiaron el cultivo orgánico de mango de la variedad 'Ubá' en Lençóis, Brasil, y reportaron que durante la floración los porcentajes oscilaron entre 17.59% para aplicación de 100% de profundidad de riego y 45.25% para aplicación de 50%, durante 120 días. Al comparar ambos tratamientos, observaron un aumento del 156% en la tasa de floración con déficit de agua. Sin embargo, es importante destacar que la región de estudio tiene un clima suave durante la fase de inducción de la floración.

En una investigación realizada con árboles de mango de la variedad 'Kent' en la región semiárida brasileña, Simões et al. (2021) concluyeron que una reducción en la profundidad de riego de hasta un 60% de ETc aumentó la eficiencia del uso del agua, pero los mayores ingresos netos se obtuvieron con una profundidad del 80% de ETc. Además, para el cultivar 'Kent' en el semiárido brasileño, Silva (2019) evaluó el efecto de cinco profundidades de riego (24, 36, 48, 60 y 100% de la ETc) e identificó que una profundidad de riego del 54% de la ETc promovió un mayor número de inflorescencias de plantas (102). Estos autores utilizaron los valores de Kc para el cálculo de ETc que oscilaron entre 0.3 y 0.8 con la fase fenológica estudiada, mientras que el Kc utilizado en la granja estudiada fue de 1.0, por lo que se sugiere una reducción de 0.54.

La reducción del nivel de riego al 0% o 25% de la ETc durante la floración y al 100% de la ETc en la etapa de fructificación puede estimular la inducción floral para mango del cultivar 'Tommy Atkins' producido en las regiones semiáridas brasileñas (Faria et al., 2016). En estos estudios, los valores de Kc utilizados para calcular la ETc variaron de 0.3 a 0.8, dependiendo de la fase fenológica.

Al igual que en la Tabla 8, Sousa (2015) sugirió valores de Kc para el cultivo de mango de alto rendimiento cultivado en la región semiárida brasileña.

En un estudio con mango del cultivar 'Kent', Silva (2019) observó valores de Kc bastante discrepantes de los de la literatura en diferentes etapas fenológicas, incluyendo pequeñas variaciones en los valores de Kc entre las fases fenológicas (Tabla 9).

**Tabla 9.** Evapotranspiración de referencia (ETo), evapotranspiración de cultivos (ETc) y coeficiente de cultivo (Kc) para árboles de mango de la variedad 'Kent' irrigados cultivados en el submedio Valle de São Francisco.

<b>Fenología</b>	<b>ETo (mm)</b>	<b>ETc (mm)</b>	<b>Kc</b>
Crecimiento vegetativo	4.98	4.27	0.88
Floración	3.94	3.33	0.84
Caída de fruta	4.52	3.63	0.81
Formación de fruta + maduración	6.12	4.45	0.73
Promedio	5.10	4.08	0.82

Fuente: Silva (2019)

De hecho, el manejo adecuado del riego en el mango en condiciones tropicales y subtropicales es esencial para una floración uniforme del huerto. Sin embargo, el manejo del estrés debe considerar las condiciones del suelo, el cultivar utilizado y la temperatura del aire (día y noche), por lo que no debe ser uniforme para todos los huertos.

### 4.3 Manejo de fertilizantes

El manejo de fertilizantes dirigido a un estado nutricional adecuado de los árboles de mango también influye en su floración, principalmente con relación a nutrientes con efectos específicos sobre este evento fenológico. Entre los nutrientes a los que se debe prestar más atención con relación a la floración, destacan el nitrógeno, el potasio, el calcio, y el boro.

El nitrógeno afecta la floración de dos maneras diferentes, ya sea por exceso o deficiencia. Es bien sabido, y se discutió en el tema 2.2.1, que el exceso de nitrógeno en la planta interfiere negativamente con la iniciación floral en las plantas de mango (Litz, 2009; Ramírez y Davenport, 2010). Sin embargo, el crecimiento de la panícula, lógicamente después del cuajado de la yema floral, está influenciado por el N y debe considerarse en el manejo de la fertilización.

Existen diferentes recomendaciones en la literatura para la distribución de fertilizantes nitrogenados a lo largo del ciclo fenológico de los mangos. Silva y Faria (2004) recomiendan que el N sea manejado con el objetivo de alcanzar el 100% de la recomendación de fertilización propuesta, 50% después de la cosecha, 30% después del cuajado y 20% a los 50 días después del cuajado de la fruta. Por el contrario, Winston (2007), bajo condiciones y variedades estudiadas en Australia, recomendó el siguiente régimen: 60-70% durante el crecimiento vegetativo (después de la poda), 20-30% durante la floración (flor ya cuajada) y 5-10% en el desarrollo temprano de la fruta si es necesario.

Las dos recomendaciones anteriores no son antagónicas, y son propuestas interesantes. Sin embargo, ninguno de los autores citados consideró el factor genotipo (cultivar de mango). Por lo tanto, los productores deben tener cuidado al dividir los fertilizantes, especialmente para cultivares de ciclo más largo. Esto se debe a que la distribución de fertilizantes nitrogenados debe considerar la duración de cada ciclo, evitando aplicaciones no concentradas y altas pérdidas de nutrientes por volatilización y percolación profunda.

Para el mango de la variedad 'Zebda' en Egipto, El-Motaium et al. (2019) concluyeron que la fertilización con nitrógeno aumenta significativamente la longitud de la inflorescencia. En árboles de mango de la variedad 'Kent' en la región semiárida brasileña, Lobo et al. (2019) identificaron que, antes de la floración, el contenido de nitrógeno en la primera temporada evaluada fue de  $17.78 \text{ g kg}^{-1}$ , y durante la plena floración el contenido promedio fue de  $14.84 \text{ g kg}^{-1}$ ; Por lo tanto, hubo una disminución del 16.53% en un corto período de tiempo. Estos resultados indican que el manejo de la fertilización nitrogenada debe considerar este consumo, pero siempre teniendo como referencia el contenido foliar de N al inicio de la inducción floral.

Hamilton et al. (2017) evaluaron el efecto del tiempo de aplicación de fertilizantes nitrogenados en el rendimiento de la fruta y la asignación de N de hojas en el mango de la variedad 'Kensington Pride' en función de los contenidos variables de N en la materia seca de la hoja. Concluyeron que la tasa de N de los fertilizantes era significativamente mayor en los frutos de árboles con bajo contenido foliar de N y cuando se aplicaba N antes de la floración. Los resultados indican que la asignación de N foliar y el contenido de N en los árboles de mango difieren dependiendo del contenido de N foliar y el tiempo de fertilización.

El nitrógeno es un elemento importante para el vigor del árbol de mango, ya que estimula los crecimientos vegetativos y florales (Lopes et al., 2021). Yeshitela et al. (2005) informaron que el N en combinación con K, como  $\text{KNO}_3$  y urea, aumenta el porcentaje de brotes de floración terminal, pero cuando está en exceso estimula el crecimiento vegetativo a expensas de la floración. En cuanto a la fertilización foliar, se sabe que las aplicaciones de nitrato tienen efectos positivos en la rotura de brotes de mango (Silva y Faria, 2004; Morales-Martínez et al., 2020) y por lo tanto la floración. Sin embargo, poco se sabe si las aplicaciones foliares de nitrato pueden suministrar N en las plantas, pero de una manera dirigida a aumentar el nitrato foliar ( $\text{NO}_4$ ).

Un estudio realizado por Patil et al. (2013) en India reveló que la aplicación foliar de  $\text{KNO}_3$  y  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  es más efectiva para inducir la postcosecha, el crecimiento vegetativo profuso, y la floración. Del mismo modo, el  $\text{KNO}_3$  (3%) dio lugar a una floración significativamente mayor y una inducción más temprana de la floración, con un mayor rendimiento. Para inducir la interrupción del reposo vegetativo de los brotes de mango, Silva y Faria (2004) recomendaron aplicaciones foliares de nitrato de potasio (2.0 a 4.0%), nitrato de amonio (1.0 a 1.5%), o de calcio (1.5 a 2.0%). Estos autores informaron que el número de aplicaciones variaría con la etapa fisiológica de la planta con respecto a otros factores necesarios para la floración ya mencionados. Oliveira et al. (2019) afirmaron que es posible que se requieran de tres a cinco aplicaciones. Sin embargo, hay informes de hasta once aplicaciones en casos de plantas en estado de estrés extremo. Aun así, algunos estudios han advertido que las aplicaciones deben suspenderse cuando más del 60% de las ramas han emitido o mezclado panículas.

Los efectos de la aplicación foliar de nitrato sobre la rotura de yemas, además de la inducción de la floración, provienen de la acción del nitrato y no de ningún otro nutriente acompañante. Después de la aplicación, la actividad de la enzima nitrato reductasa aumenta (Silva et al., 2021) y estimula la síntesis de metionina, que, a través del ciclo de Young, desencadena la síntesis de etileno, estimulando la diferenciación floral en ramas de mango fisiológicamente maduras (Taiz et al., 2017).

La Tabla 10 contiene algunos resultados de la literatura científica sobre el manejo de la fertilización en la floración del mango.

**Tabla 10.** Efecto del manejo de fertilizante en la floración del mango.

Ubicación	Clima	Cultivar	Resultados principales	Referencia
Petrolina, BR	Tropical semiárido	Tommy Atkins	El nitrógeno es importante para el crecimiento de inflorescencias.	Lopes et al. (2021)
Phitsanulok, Thailand	Ecuatorial	Mahachanok	Cuatro aplicaciones foliares conteniendo calcio (calcio quelado – 13%), zinc (zinc quelado – 13%), y boro (boro quelado – 10%) a 2.5 ml L <sup>-1</sup> .	Maklad et al. (2020)
Egypt	Desierto	Zebda	Aplicación de ácido húmico al 0.3% con 600 mg L <sup>-1</sup> de ácido bórico dos veces antes de la floración, y una tercera pulverización 30 días después de la primera, por ejemplo, durante el período de floración	El-Hoseiny et al. (2020)
Petrolina, BR	Tropical semiárido	Tommy Atkins	Calcio en la forma de CaCl <sub>2</sub> ·2H <sub>2</sub> O: las tasas de floración más altas se alcanzaron vía fertiirrigación (29.33%) y foliar + fertiirrigación (24.64%). Calcio complejado con ácidos orgánicos o solubles y con aminoácidos aplicado vía foliar: porcentajes de floración más altos (22.52% y 23.10%, respectivamente) comparado con el Ca en la forma de CaCl <sub>2</sub> ·2H <sub>2</sub> O (13.58%).	Tenreiro (2020)
Petrolina, BR	Tropical semiárido	Kent	Reducción del 16.53% en N foliar desde la inducción hasta la plena floración.	Lobo et al. (2019)
Casa Nova, BR	Tropical semiárido	Palmer	Distribución de Potasio en el ciclo: 45% entre la poda e inducción, 20% después del cuajado de la fruta, y 15% a los 50 días después del cuajado de la fruta.	Carneiro et al. (2017)
Casa Nova, BR	Tropical semiárido	Palmer	Existe un efecto con el manejo de la fertilización con B en el cultivo del mango, con recomendación a favor de cinco pulverizaciones con H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> [las primeras dos al 0.3%, y la otra al 0.2%] en suelos con 0.40 mg dm <sup>-3</sup> de B.	Oldoni et al. (2018)
Australia	Subtropical	General	Distribución de Nitrógeno en el ciclo del mango: 60-70% durante la fase vegetativa (después de la poda), 20-30% durante la floración (flor ya formada), y 5-10% al inicio del desarrollo de la fruta, si se requiere. Distribución de Potasio en el ciclo del mango: 20% durante la fase vegetativa (después de la poda), 20% durante la floración (flor ya formada), y 60% al inicio del desarrollo de la fruta. Distribución de la dosis recomendada de Ca a lo largo del ciclo del mango: 50% inmediatamente después de la poda, pero dividida en seis aplicaciones semanales; 20% al momento de emisión de panículas, pero dividida en tres aplicaciones semanales; y 30% al inicio del crecimiento de la fruta, pero dividida en cinco aplicaciones semanales. Distribución de Boro en el ciclo del mango: 20% durante la fase vegetativa (después de la poda), 20% durante la etapa de reposo vegetativo, 40% entre la formación de flores e inicio del desarrollo de la fruta, y 20% al inicio del desarrollo de la fruta.	Winston (2007)
Petrolina, BR	Tropical semiárido	General	Distribución de Nitrógeno en el ciclo del mango: 50% después de la cosecha, 30%	Silva and Faria (2004)

---

después del cuajado de la fruta, y 20% 50 días después del cuajado de la fruta.  
Distribución de Potasio en el ciclo del mango:  
25% después de la cosecha, 20% antes de la inducción floral, 15% durante la floración, 15% después del cuajado de la fruta, y 15% 50 días después del cuajado de la fruta.  
Pretendiendo inducir la floración:  
pulverizaciones con nitrato de potasio (2.0 al 4.0%), nitrato de amonio (1.0 al 1.5%), o nitrato de calcio (1.5 al 2.0%).

---

Aunque K se utiliza para la división y expansión celular durante todas las etapas de crecimiento, particularmente en el desarrollo de la fruta (Cavalcante et al., 2016; Carneiro et al., 2017), este nutriente ayuda en la translocación de azúcares en las plantas (Cavalcante et al., 2018) y, por lo tanto, influye en la floración del mango. De modo que, la distribución de la fertilización con K dentro del ciclo del mango debe ajustarse de acuerdo con sus respectivos eventos fenológicos e incluyendo la floración.

Silva y Faria (2004) recomendaron manejar la fertilización con K para aplicar el 100% de la dosis propuesta: 25% después de la cosecha, 20% antes de la inducción floral, 15% durante la floración, 15% después del cuajado, y 15% 50 días después del cuajado de la fruta. Por el contrario, Winston (2007) recomendó para las condiciones y variedades estudiadas en Australia la siguiente distribución: 20% en la fase vegetativa (después de la poda), 20% entre el cuajado de la floración y el comienzo del desarrollo de la fruta, y 60% en el desarrollo inicial de los frutos. Por el contrario, Carneiro et al. (2017) adoptaron una recomendación del 45% entre la poda y la inducción, 20% después del cuajado de la fruta, y el 15% 50 días después del cuajado de la fruta, y observaron efectos significativos en la productividad del mango de la variedad 'Palmer' en condiciones semiáridas.

En cuanto a los cambios en los niveles foliares de K, Lobo et al. (2019) evaluaron dos temporadas de mango de la variedad 'Kent' y observaron una reducción significativa en los niveles en dos temporadas consecutivas entre la inducción floral y la floración completa, con disminuciones de 43.90% y 48.51%, respectivamente. En este estudio, la fertilización con K se llevó a cabo hasta la maduración de la rama, que precede a la inducción, y se reanudó solo durante el crecimiento de la fruta.

El calcio es otro nutriente clave para la floración del mango, ya que forma parte de la estructura de la pared celular. Es esencial para la formación de nuevos puntos de crecimiento (por ejemplo, raíces, raicillas, hojas, flores y tubos polínicos), lo cual permite la expansión de las células (Freitas et al., 2016). En este sentido, los fertilizantes calcinados también deben ajustarse a los períodos de mayor demanda a lo largo del ciclo del mango. En cuanto al suministro de Ca, el pH del suelo tiene un efecto muy particular, ya que existe la necesidad de aumentar el pH del suelo. Por lo tanto, se recomienda el uso de piedra caliza al inicio del ciclo productivo (poda) pero no excluye su suplementación en otras fases clave como la floración y el crecimiento del fruto. Este último dirigido a la calidad de postcosecha de los frutos. En los últimos años, diversos fertilizantes calcinados se han hecho disponibles para fruticultores, y algunos estudios han demostrado que los polvos líquidos o de malla fina se absorben más rápidamente y, por tanto, se recomiendan para aplicaciones durante la floración y el desarrollo temprano de la fruta.

Uno de los estudios anteriores fue realizado en el semiárido brasileño por Tenreiro (2020). Su objetivo fue evaluar diferentes fuentes de Ca y metodologías de aplicación, así como sus respectivos efectos en la floración, productividad, contenido nutricional de la pulpa y cáscara, y la calidad de la fruta para el cultivar de mango 'Tommy Atkins'. Los autores observaron que, en general, las tasas de floración variaron del 13.58% al 29.33%. Para la fuente de Ca  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , las tasas de floración más altas se observaron en las aplicaciones vía fertiirrigación (29.33%) y foliar + fertiirrigación (24.64%). Cuando se aplicó vía foliar, el uso de fuentes más nobles de calcio, como los complejados con ácidos orgánicos o solubles con aminoácidos, presentaron mayores porcentajes de floración (22.52% y

23.10%, respectivamente) en comparación con  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (13.58%). Por otro lado,  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  registró tasas de floración más altas que el Ca complejado con ácidos orgánicos y que los Ca + L-aminoácidos solubles en agua cuando se aplica por fertiirrigación.

Tenreiro (2020) distribuyó fertilizantes calcinados a lo largo del ciclo fenológico del mango de la variedad 'Tommy Atkins' según recomendaciones de Winston (2007), pero con ajustes. Suministraron el 50% de la dosis recomendada después de la poda (subdividida en seis aplicaciones semanales), el 20% en la emisión de panícula (subdividida en tres aplicaciones semanales) y el 30% en la fase de crecimiento del fruto (subdividida en cinco aplicaciones semanales).

La mayoría de los estudios con potasio y calcio para huertos de mango han tenido como objetivo evaluar el crecimiento y desarrollo de la fruta, específicamente sobre el crecimiento y el sabor (potasio), y la firmeza y el tiempo de postcosecha (calcio). Sin embargo, tan solo unos pocos estudios se han centrado en la floración, particularmente con variedades económicamente importantes que se consumen en los Estados Unidos y Europa. Por otro lado, uno de los nutrientes más estudiados en la floración del mango es el boro, específicamente porque tiene gran importancia en la fertilización y producción de semillas y frutos, ya que es necesario para la germinación del grano de polen y el crecimiento del tubo polínico (Saran y Kumar, 2011).

Un manejo ideal de la fertilización con boro es crucial para alcanzar altos rendimientos. Para ello, se requieren estrategias de fertilización bien definidas, incluyendo micronutrientes como el boro, lo cual es difícil debido al estrecho rango que existe entre sus niveles esenciales y tóxicos. Winston (2007) reportó que, en caso de deficiencia de boro, los árboles de mango tienen panículas con flores dobladas en ángulos rectos. Estas conclusiones corroboran los de Silva (2008), quien agregó que los síntomas de deficiencia son más visibles durante la floración.

Barbosa et al. (2016) destacaron que la mayoría de las tablas de macro y micronutrientes fueron hechas para condiciones sin riego. Por lo tanto, aún se necesitan estudios sobre la disponibilidad de B en condiciones de riego, particularmente en regiones semiáridas donde el suelo y las condiciones climáticas son peculiares. Asimismo, estos autores recomendaron que la fertilización con boratos debe realizarse antes de la floración aplicando dos tratamientos de fertiirrigación con 50 g de  $\text{H}_3\text{BO}_3$  planta<sup>-1</sup> más cinco pulverizaciones con  $\text{H}_3\text{BO}_3$  [las dos primeras (0.3%) y las otras (0.2%)].

Oldoni et al. (2018) evaluaron los efectos de la fertilización con boro en la producción y calidad del fruto de mango de la variedad 'Palmer', y recomendaron cinco pulverizaciones con  $\text{H}_3\text{BO}_3$  [las dos primeras (0.3%) y las restantes (0.2%)] en el suelo con 0.40 mg B dm<sup>-3</sup>.

El-Hoseiny et al. (2020) asociaron ácidos húmicos con boro para minimizar la alternancia en mango 'Zebda', y observaron efectos morfológicos, fisiológicos, bioquímicos y genéticos. Tales efectos influyen en el crecimiento y rendimiento de la planta, así como en la calidad del fruto. Asimismo, recomendaron dos pulverizaciones de ácido húmico al 0.3% con 600 mg L<sup>-1</sup> de ácido bórico antes de la floración, y una tercera 30 días después de la primera, es decir, todavía dentro del período de floración.

El-Motaium et al. (2019) evaluaron el cultivar de mango de la variedad 'Zebda' en Egipto, y encontraron una interacción entre las fertilizaciones con nitrógeno y con boro, en particular cuando el boro se utilizó en forma de ácido bórico a una concentración de 250 mg L<sup>-1</sup>. Estos autores también verificaron que la asociación N x B también se redujo en un 66% en la alternancia en las condiciones de cultivo regionales.

Maklad et al. (2020) evaluaron la eficiencia de la aplicación foliar de calcio, zinc, y boro, tanto en forma individual como en combinación en diferentes épocas y concentraciones, en la floración, rendimiento y calidad del fruto, y observaron efectos sobre la longitud de panícula, flores masculinas, flores hermafroditas, y número de flores por panícula, con efectos en la producción de fruto. Estos autores recomendaron cuatro aplicaciones foliares conteniendo calcio (quelato de calcio - 13%), zinc (quelato de zinc - 13%) y boro (quelato de boro - 10%) a 2.5 ml L<sup>-1</sup>.

La adición de calcio y boro [40% de calcio (Ca (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O) y 0.3% de boro (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>)] promovió un aumento en la germinación de los granos de polen de alrededor del 25 al 60% (Muengkaew et al., 2017). Esto resalta la importancia de estos nutrientes para la floración de los árboles de mango de la variedad 'Mahachanok'. Al mismo tiempo, estos autores también informaron que la aplicación foliar de una solución de Ca-B, a una concentración de 3.0mL L<sup>-1</sup>, también generó efectos positivos en la producción de frutos y, en consecuencia, en la productividad.

Para las condiciones y variedades estudiadas en Australia, Winston (2007) recomendó la siguiente distribución de fertilizantes de borato: 20% durante la fase vegetativa (después de la poda), 20% durante la dormancia, 40% entre el cuajado de las flores y el inicio del desarrollo del fruto, y 20% en el desarrollo temprano del fruto.

#### 4.4 Uso de reguladores del crecimiento

Aunque la floración del mango está regulada por un conjunto de factores, como se presentó y discutió en los temas anteriores de esta revisión, incluyendo el balance hormonal, el uso de reguladores de crecimiento en la producción de mango para tener un impacto positivo en la floración es aún restringido y no constituye un consenso entre los productores. La literatura científica disponible ha destacado el uso de inhibidores de la síntesis de giberelina (paclobutrazol, uniconazol, metconazol, fenpropimorf, prohexadiona-Ca, etil-trinexapac y cloruro de clormecuat), y de inductores de la síntesis de etileno (etefón). Los inhibidores de la giberelina han sido utilizados comercialmente en varios países productores, particularmente el paclobutrazol (PBZ). Este producto se utiliza específicamente en árboles de mango, sin comprometer el proceso de certificación de los huertos. De hecho, los resultados del uso de PBZ en el cultivo de mango dependen de varios factores, entre los que se incluyen el clima, el tipo de suelo, el cultivar de mango y la dosis aplicada en el ciclo anterior.

Según Oliveira et al. (2020), la aplicación de 1g a.i. de PBZ por metro lineal de dosel en mango de la variedad 'Palmer' resulta, a nivel celular, en reducciones de las reservas de almidón y acumulación de cristales de oxalato de calcio, compuestos fenólicos, y sustancias lipofílicas en el mesófilo. La diferenciación floral requiere de 13 días (comenzando 103 días después de la aplicación del PBZ), con la formación de inflorescencia y ejes florales. En México, Morales-Martínez et al. (2020) evaluaron varios tratamientos con PBZ seguidos de aplicaciones de nitratos en árboles de mango del cultivar 'Tommy Atkins'. Registraron que el número de panículas por planta varió de 136.0 ± 58.38 (testigo) a 288.5 ± 75.17 para PBZ a 1.0 g ai por metro lineal de diámetro de dosel cuando se asoció con aplicación de nitrato al 6%. Lobo et al. (2019) probaron bioestimulantes para mango 'Kent' en Brasil durante dos años consecutivos y adoptaron una dosis de PBZ de 9 mL de producto comercial (Cultar® con 25% de PBZ) por metro de diámetro de dosel. Esta dosis excedió la máxima recomendada por el fabricante (6 mL m<sup>-1</sup>), ya que el genotipo tiene un vigor vegetativo intenso. Los autores registraron longitudes de panícula de 26 a 33.5 cm, con un número de frutas por panícula entre 1.2 y 2.0. Asimismo, Souza et al. (2018) concluyeron que la aplicación de PBZ en mango 'Palmer' vía riego fue más eficiente a 1.3 g ai por metro lineal de dosel. Observaron que, a pesar de la mayor productividad y número de frutos por planta, las longitudes de panícula se redujeron de 40 cm a 20 cm entre las dosis de 0.7 y 1.3 g ai por metro lineal de dosel, respectivamente. Por lo tanto, a pesar de la compactación de la panícula, no hubo reducción de la productividad. Sin embargo, para

el cultivar de mango "Ubá", Oliveira et al. (2017) concluyeron que la aplicación de PBZ hasta una dosis de 1.62 g ai por metro lineal de dosel, combinada con la poda de despunte, aumenta la floración y no tiene efecto sobre la calidad de la fruta. Husen et al. (2021) compararon diferentes tratamientos con PBZ y etefón para el cultivar de mango 'Arumanis' en Egipto. Observaron que PBZ potenció la floración (tiempo de floración, número de panículas, longitud de panícula, anchura de panícula, y panículas inmaduras), mientras que etefón aceleró la floración (número de panículas) comparado con el control, particularmente a 400 mL L<sup>-1</sup> y 600 mL L<sup>-1</sup>. En India, Kishore et al. (2019) evaluaron el cultivar de mango 'Arka Neelachal Kesari' e informaron que PBZ adelantó el brote floral y aumentó la intensidad de la floración, el porcentaje de flores bisexuales, la producción de frutos, y la eficiencia productiva a una dosis de 0,25 g ai por metro lineal de dosel. En el cultivo de mango, PBZ o cualquier otro inhibidor de la giberelina puede asociarse con etefón, dependiendo del vigor del cultivar de mango. Las variedades más vigorosas tienden a requerir el uso de etefón, dependiendo de las condiciones climáticas (en especial, la temperatura del aire) durante la inducción de la floración. Ciertas temperaturas, poco estimulantes para la floración, pueden requerir el uso de etefón asociado a PBZ, especialmente para variedades más vigorosas como 'Kent' y 'Tommy Atkins'. En Malasia, Afiqah et al. (2012) estudiaron los efectos de los siguientes tratamientos sobre la floración del mango: T1: control (prácticas normales); T2: KNO<sub>3</sub> pulverizado a concentraciones del 1, 2 y 5%; T3: PBZ aplicado al suelo seguido de pulverización de 2% de KNO<sub>3</sub> y pulverización de 2% de etefón; y T4: etefón pulverizado al 1, 2 y 5%. Los autores concluyeron que la aplicación de PBZ al suelo seguida de la aplicación foliar de 2% de etefón fue eficaz para aumentar la floración de árboles jóvenes de mango de la variedad 'Chok Anan' (MA 224). Sin embargo, las dosis de PBZ deben ser revisadas ya que los autores, lamentablemente, no señalaron la dosis de PBZ adoptada. Silva et al. (2021) encontraron que árboles de mango de la variedad 'Keitt' en el primer ciclo de producción en Brasil tratados con 1.0 g ai PBZ por metro lineal de dosel mostraron un porcentaje mínimo de floración de 70%, alcanzando 100% cuando PBZ fue asociado con ácido fúlvico.

El uniconazol (UCZ) también se ha utilizado como inhibidor de la giberelina en cultivos de mango. En este sentido, Lima et al. (2016) evaluaron el efecto de diferentes dosis de UCZ en varios rasgos de árboles de mango de la variedad 'Palmer' en Brasil. Observaron que todos los tratamientos con UCZ redujeron la elongación de ramas en comparación con el control (81.6% de reducción en promedio). Sin embargo, sólo la aplicación dividida de 4.0 g ai UCZ/planta (1.0 + 1.0 + 2.0) cada 30 días fue eficiente en promover la floración en la temporada baja, permitiendo un incremento promedio de 167% en el número de frutos por planta. Asimismo, Silva et al. (2014) evaluaron la aplicación de UCZ en árboles de mango de la variedad 'Palmer' regados en condiciones semiáridas en Brasil. Los autores observaron que las aplicaciones foliares de 500, 1000 y 1500 mg L<sup>-1</sup> de UCZ no fueron efectivas para controlar el crecimiento vegetativo y promover la floración. Sin embargo, la aplicación de 6000 mg L<sup>-1</sup> de UCZ al suelo aumentó el número de panículas por planta a 171, cifra muy superior a la del control (32.25 panículas/planta).

Otro inhibidor de giberelina con potencial para uso en la producción de mango es metconazole (MTZ). Cavalcante et al. (2020) compararon su uso en el cultivo de mango 'Palmer' en el semiárido brasileño con PBZ. Estos autores observaron que MTZ a 1.3 g ai por metro lineal de dosel tiene un efecto inhibitorio sobre la biosíntesis de giberelinas en mango, pero afecta diversamente a AG1+AG3, y AG4. Aunque MTZ puede ser potencialmente utilizado en el manejo de la floración en mango, aún se requieren estudios para determinar una práctica específica.

Mouco et al. (2011) compararon la aplicación foliar de los reguladores de crecimiento prohexadiona-Ca, etil-trinexapac y cloruro de clormecuat con el uso de PBZ vía suelo sobre la brotación vegetativa y la floración de árboles de mango de la variedad 'Kent' en la región semiárida brasileña. Estos autores encontraron que PBZ en dosis de 4.0 g ai por planta combinado con prohexadiona-Ca (1.0 g ai por planta) fue más eficiente en el control del crecimiento vegetativo de las ramas de mango 'Kent', pero

no con respecto a la floración, en la que no se observaron diferencias significativas entre tratamientos. Los mismos reguladores (prohexadiona-Ca, etil-trinexapac y cloruro de clormecuat) fueron ensayados anteriormente por Mouco et al. (2010) como inhibidores del crecimiento en plántulas de 'Tommy Atkins'. Concluyeron que todos los productos aplicados vía foliar son eficientes en la regulación del crecimiento vegetativo en plántulas a 1.0 g ai por planta, en una o dos aplicaciones de 0.5 g ai por planta, intercaladas durante 30 días. Sin embargo, estos autores no evaluaron la floración, lo que no permite hacer inferencias directas en este sentido.

Fenpropimorf (FPM) fue estudiado como un inhibidor de la síntesis de giberelina en mangos 'Tommy Atkins' por Carreiro et al. (2022a). Ellos observaron efectos significativos sobre el intercambio gaseoso, por lo tanto, promueve una mayor tasa de asimilación de CO<sub>2</sub>. Por el contrario, PBZ es más efectivo en las acumulaciones de clorofila a y clorofila total, mientras que FPM no afectó a estos pigmentos fotosintéticos. En otro estudio, Carreiro et al. (2022b) evaluaron FPM y concluyeron que, a una dosis de 1.3 g ai por metro lineal de dosel, esta molécula es eficiente en la inhibición de la biosíntesis de GA3 y promueve acumulaciones de reservas orgánicas de manera similar a PBZ, pero no influye en el crecimiento vegetativo y la floración del mango 'Tommy Atkins' en el semiárido tropical. Aunque el PBZ podría utilizarse potencialmente para inhibir la biosíntesis de giberelinas en mango, se necesitan más estudios para determinar prácticas de manejo específicas.

En contraste, la aplicación de giberelinas también puede utilizarse para inhibir la floración del mango en momentos no deseados. En este contexto, Oosthuysen (2015) recomendó aplicar 100 ppm GA3 (ProGibb®) para las variedades de mango 'Keitt', 'Kent', 'Tommy Atkins', 'Zill', 'Heidi', y 'Sensation'.

Los principales efectos de los reguladores del crecimiento vegetal en la floración del mango se encuentran en la Tabla 11.

**Tabla 11.** Efecto de los reguladores de crecimiento en la floración de mango.

Ubicación	Clima	Cultivar	Resultados principales	Referencia
Petrolina, BR	Tropical semiárido	Tommy Atkins	La aplicación de fenpropimorf a 1.3 g ai por metro lineal de dosel es eficiente en inhibir la biosíntesis de ácido giberélico (GA3) y promueve acumulaciones de reservas orgánicas de manera similar al paclobutrazol, pero no influye en el crecimiento vegetativo o floración del mango	Carreiro et al. (2022b)
Petrolina, BR	Tropical semiárido	Tommy Atkins	5.72 g de PBZ por planta adulta favorecieron una floración uniforme y rendimientos de 15 a 26 t ha <sup>-1</sup>	Lopes et al. (2021)
Cabrobó, BR	Tropical semiárido	Keitt	En el primer ciclo de producción, 1.0 g de PBZ por metro lineal de dosel promovió una floración mínima del 70%, con un máximo del 100% cuando se asoció con ácido fúlvico.	Silva et al. (2021)
Oaxaca, MX	Cálido subhúmedo	Tommy Atkins	El número de panículas por planta varió de 136.0 ± 58.38 (control) a 288.5 ± 75.17 para el tratamiento con PBZ a 1.0 g ai por metro de diámetro de dosel asociado a la aplicación de nitrato al 6%.	Morales-Martinez et al. (2020)
Petrolina, BR	Tropical semiárido	Palmer	El metconazol (1.3 ml por metro lineal de dosel) tiene un efecto inhibitor sobre la biosíntesis de giberelina, pero afecta a las concentraciones de AG1+AG3 y AG4 de forma diversa.	Cavalcante et al. (2020)
Janaúba, BR	Tropical semiárido	Palmer	Para 1 g ai PBZ por metro lineal de dosel, la diferenciación floral requiere 13 días (comenzando 103 días después de la aplicación de PBZ), con la formación de inflorescencia y ejes florales.	Oliveira et al. (2020)
Petrolina, BR	Tropical semiárido	Kent	La dosis de PBZ de 9 mL de producto comercial (Cultar® con 25% de PBZ) por metro de diámetro de dosel promovió longitudes de panícula que oscilaron entre 26 y 33.5 cm, con número de frutas por panícula entre 1.2 y 2.0	Lobo et al. (2019)
Petrolina, BR	Tropical semiárido	Palmer	La longitud de las panículas se redujo de 40 a 20 cm al aumentar la dosis de PBZ de 0.7 a 1.3 g de ai por metro lineal de dosel, pero sin reducción de la productividad. La dosis recomendada por los autores fue de 1.3 g ai por metro lineal de dosel.	Souza et al. (2018)
Nova Porteirinha, BR	Tropical semiárido	Palmer	Una aplicación dividida de 1.0 + 1.0 + 2.0 g ai UCZ por planta cada 30 días vía foliar fue eficiente en promover la floración en contraestación, con un incremento promedio de 167% en el número de frutos por planta.	Lima et al. (2016)
Petrolina, BR	Tropical semiárido	Palmer	La aplicación de 6000 mg L <sup>-1</sup> UCZ al suelo promovió un incremento en el número de panículas por planta de 32.25 a 171	Silva et al. (2014)

Maloba et al. (2017) compararon el uso de etefón individualmente en las variedades de mango 'Apple' y 'Ngowe' con etefón más nitrato potásico. Observaron que la pulverización con 4% de KNO<sub>3</sub> fue beneficiosa para los parámetros de floración y fructificación, y que el etefón puede ser pulverizado a 600 ppm, ya que una dosis de 1000 ppm tuvo un efecto positivo en la floración, pero aumentó la caída de fruta.

Los cultivos comerciales de mango 'Kent' en Brasil a menudo adoptan aplicaciones foliares de Ethrel® variando las dosis de 0.1 a 25 ppm, con el número de aplicaciones dependiendo del clima, suelo, y estados nutricionales/hormonales de la planta, utilizando dosis más altas cuando las condiciones son más desfavorables.

#### 4.5 *Uso of bioestimulantes*

Mouco y Lima Filho (2004), con el objetivo de alargar las panículas y mejorar el cuajado del mango 'Tommy Atkins' cultivado en semiárido, utilizaron un bioestimulante compuesto por 20% de aminoácidos, 11% de N y 15% de K<sub>2</sub>O aplicado durante la floración y la fructificación. Concluyeron que estos productos fueron eficientes en la expansión de la panícula y la retención de frutos, con la mejor dosis incrementando el número de frutos planta<sup>-1</sup> un 45.32%. En un estudio con el cultivar Haden en Petrolina, Pernambuco, Brasil, Mouco y Lima Filho (2004) compararon los efectos de aplicaciones aisladas y asociadas de cobalto vía suelo y foliar con aminoácidos aplicados vía foliar (0.1%) en la longitud de la panícula y el cuajado de frutos. Estos autores encontraron que el uso de aminoácidos aumentó la longitud promedio de la panícula por 6 cm, mientras que el cobalto aplicado vía suelo proporcionó un mejor cuajado de los frutos al reducir la síntesis de etileno.

En otro experimento en Petrolina-PE, Gomes et al. (2008) evaluaron el rendimiento de un bioestimulante compuesto de biomasa cítrica, bioflavonoides cítricos, ácido ascórbico, fitoalexinas cítricas, ácido láctico, ácido cítrico, polifenoles, glicerina vegetal, y ácidos orgánicos aplicado durante la inducción floral junto con KNO<sub>3</sub> en árboles de mango 'Tommy Atkins'. Observaron que el bioestimulante incrementó la productividad al aumentar el número de panículas por un promedio de 40.16 por planta comparado con el control.

Dash et al. (2021) evaluaron los efectos de las aplicaciones con *Ascophyllum nodosum* (1000, 3000, and 5000 ppm), homobrassinolide (0.1, 0.3, y 0.5 ppm), y triacontanol (1, 3, y 5 ppm) durante la floración y desarrollo temprano de la fruta del cultivar de mango 'Kesar'. Estos autores concluyeron que durante la floración la intensidad en los tratamientos con homobrassinolide osciló entre 67.64 y 70.37%, mientras que para las plantas tratadas con *Ascophyllum nodosum* fue de 64.50 a 66.17%. También reportaron que el triacontanol (5 ppm) produjo las panículas más largas y anchas (26.45 y 17.13 cm).

Para mango de la variedad 'Kent' cultivado en una región semiárida, Sanches (2020) estudió los efectos de diferentes dosis de triacontanol (0.0, 7.5, 15.0, 22.5, y 30.0 µL por planta) aplicadas vía foliar en la maduración de ramas e inducción floral. Observaron un incremento del 26.44% en el número de panículas, alcanzando 70.63 panículas por planta con una dosis estimada de 23.62 µL de alcohol melisílico por planta.

Lobo et al. (2019) estudiaron el efecto de varios bioestimulantes pulverizados entre el final de la inducción floral y la plena floración. Encontraron que el bioestimulante que contenía nutrientes (nitrógeno nítrico 10.0%, óxido de potasio 5.0%, óxido de calcio 7.15%, óxido de magnesio 1.2%, y boro 0.1%) y L-α aminoácido (0.35%) promovió un aumento del 27.1% en la longitud de la panícula, mientras que los tratamientos que contenían extracto de alga *Lithothamnium* redujeron la abscisión de frutos, promoviendo un aumento del 45.5% en la retención de frutos.

Mudo et al. (2020) evaluaron los efectos de diferentes estrategias de maduración de ramas usando fuentes de K (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y K<sub>2</sub>O) combinadas con un bioestimulante compuesto de K soluble en agua (12% KCl), carbón orgánico (9.87%), aminoácidos (20%), surfactantes aniónicos, y extracto de

levadura en la floración de mango de la variedad 'Tommy Atkins' en una región semiárida. Sus resultados mostraron que las aspersiones iniciales de bioestimulante (primera, segunda, y tercer aplicaciones, y primera y segunda aplicaciones) complementadas hasta la cuarta aplicación con  $K_2SO_4$ , así como el bioestimulante combinado con  $K_2SO_4$ , tuvieron mejores resultados en el número de brotes reproductivos e indiferenciados, con un promedio de 7.7 brotes reproductivos por  $m^2$  de cobertura vegetativa. Los tratamientos que contenían KCl en lugar de  $K_2SO_4$  mostraron un bajo rendimiento para floración.

Morales-Payan (2015) aplicaron un bioestimulante (14.4% de aminoácidos libres y 7% de nitrógeno) a 3L por hectárea por aplicación en árboles de mango 'Edward' en Puerto Rico. Observaron un aumento en el número de frutos del 18.1% en comparación con las plantas del tratamiento control (sin bioestimulante), pero no se registró ninguna reducción en el peso promedio de los frutos (Morales-Payan, 2015).

## 5. Conclusiones

La floración del mango se ve afectada por varios factores relacionados con el clima y la planta, incluidos los compuestos bioquímicos.

Las diferencias climáticas entre los lugares de cultivo, tanto en lo que respecta a la temperatura como a la precipitación pluvial, afectan directamente la fenología del mango. Estas disparidades también pueden alterar el período para un crecimiento vegetativo adecuado (temperaturas cálidas, lluvias abundantes) y para una inducción floral óptima (temperaturas frescas, sequía). Las prácticas de cultivo deben adaptarse a estas condiciones locales para estimular un crecimiento vegetativo temprano, y promover así una producción elevada y regular de frutos de mango.

## 6. Reconocimientos

El autor reconoce la acción del Consejo Nacional del Mango por su apoyo a la generación de información científica para la industria del mango, y agradece al Ing. Agr. Agr. Luiz Eduardo Carvalho de Sousa Ferraz por su contribución de información esencial, al Dr. José Sebastião Costa de Sousa por la revisión de la información sobre el riego, y al Dr. Jackson Teixeira Lobo por el apoyo técnico necesario para la realización de esta revisión.

## 7. References

Afiqah, A.N.; Jaafar, H.Z.E.; Rosimah, N.; Misri, K. Mango Flowering Improvement with chemical treatment (*Mejoramiento de la floración del mango con tratamientos químicos*). Malaysian Society of Plant Physiology, 22-26, 2012.

Allen, R.G.; Pereira, L.S.; Raes, D.; Smith, M. Crop evapotranspiration - guidelines for computing crop water requirements (*Evapotranspiración de Cultivos - lineamientos para el cómputo de requerimientos hídricos para cultivos*). FAO Irrigation and drainage paper 56. Rome: Food and Agriculture Organization, 1998.

Aloni, R. Apical dominance and vascularization. In: Aloni, R. Vascular differentiation and plant hormones (*Diferenciación vascular y hormonas vegetales*). Homestead: Springer, 2021, p. 131-139.

Andrade, B.N.; Pinheiro, J.F.; Oliveira, E.M. A importância da produção orgânica para a saúde humana e o meio ambiente (*Importancia de la producción orgánica para la salud humana y el medio*

*ambiente*). South American Journal of Basic Education, Technical and Technological, 1(1): 227-233, 2017.

Andrews, M.; Raven, J.A.; Lea, P.J. Do plants need nitrate? The mechanisms by which nitrogen form affects plants (*¿Las plantas necesitan nitrato? Los mecanismos mediante el cual el nitrógeno afecta a las plantas*). Annals of Applied Biology, 163(2): 174-199, 2013.

Antara, D.; Geetha, G.A.; Ravishankar, K.V.; Shivashankara, K.S.; Roy, T.K.; Dinesh, M.R. Interrelations of growth regulators, carbohydrates and expression of flowering genes (FT, LFY, AP1) in leaf and shoot apex of regular and alternate bearing mango (*Mangifera indica* L.) cultivars during flowering (*Interrelaciones de reguladores de crecimiento, carbohidratos y expresión de genes de floración (FT, LFY, AP1) en ápice de hoja y brote de cultivares de mango (Mangifera indica L.) de porte regular y alterno durante la floración.*). Scientia Horticulturae, 253: 263-269, 2019.

Anusuya, R.; Vijayakumar, R.M.; Srividhya, S.; Sivakumar, R. Comparison of physiological and flowering parameters of main and off season by using different plant nutrients and growth hormone in mango (*Mangifera indica* L.) (*Comparación de los parámetros fisiológicos y de floración de la temporada principal y fuera de ella mediante el uso de diferentes nutrientes vegetales y hormona de crecimiento en mango (Mangifera indica L.) cv. Bangalora*). Journal of Agriculture and Ecology, 5: 76-82, 2018.

Avilán, L.; Azkue, M.; Soto, E.; Rodriguez, M.; Ruiz, J.; Escalante, H. Efeito da poda e do uso de regulador de crescimento no início do florescimento da manga (*Efecto de la poda y del uso de reguladores del crecimiento en el inicio de la floración del mango*). Revista da Faculdade de Agronomia, 20(4), 1-8, 2003.

Avilán, R.L. Nutrición y fertilización del mango. Norcross: International Plant Nutrition Institute, 2008.

Bajpai, Y.; Trivedi, M.; Muthukumar, M.; Bajpai, A. Novel insights into biochemical and hormonal factors regulating floral transition in mango (*Mangifera indica* L.) (*Nuevos conocimientos sobre los factores bioquímicos y hormonales que regulan la transición floral en el mango (Mangifera indica L.)*). Indian Journal of Biotechnology, 20: 54-64, 2021.

Bally, I.S.E.; Harris, M.; Whiley, A.W. Effect of water stress on flowering and yield of 'Kensington Pride' mango (*Efecto del estrés hídrico en la floración y el rendimiento del mango "Kensington Pride"*). Acta Horticulturae, 509: 277-281, 2000.

Barbier, F.; Dun, E.A.; Kerr, S.C.; Chabikwa, T.G.; Beveridge, C.A. An update on the signals controlling shoot branching (*Actualización de las señales que controlan la ramificación de los brotes*). Trends Plant Science, 24: 220-236, 2019.

Barbosa, L.F.S.; Cavalcante, Í.H.L.; Lima, A.M.N. Desordem fisiológica e produtividade de mangueira cv. Palmer associada à nutrição de boro (*Trastorno fisiológico y productividad del mango cv. Palmer asociados a la nutrición con boro*). Revista Brasileira de Fruticultura, 38(1): 1-10, 2016.

Beveridge, C.A., Weller, J.L., Singer, S.R. and Hofer, J.M.I. Axillary meristem development. Budding relationships between networks controlling floración, branching, and photoperiod responsiveness (*Desarrollo del meristema axilar. Relaciones de los brotes entre las redes que controlan la floración, la ramificación y la capacidad de respuesta al fotoperiodo.*). Plant Physiology, 131: 927-934, 2003.

Bithell, S.L.; Hearnden, M.; Diczbalis, Y.; Wicks, C. Preflower irrigation and paclobutrazol dependent fruit number and water use efficiency responses in young mango trees (*Respuestas del número de frutos y de la eficiencia en el uso del agua dependientes de la irrigación previa a la floración y del paclobutrazol en árboles jóvenes de mango*). Acta Horticulturae, 992: 129-138, 2013.

Burondkar, M.M.; Upreti, K.K.; Ambavane, A.R.; Rajan, S.; Mahadik, S.G.; Sanjay G. Bhave, S.G. Hormonal changes during flowering in response to paclobutrazol application in mango cv. Alphonso under Konkan conditions (*Cambios hormonales durante la floración en respuesta a la aplicación de*

*paclobutrazol en mango cv. Alphonso en las condiciones de Konkan*). Indian Journal of Plant Physiology, 21(3): 306-311, 2016.

Caldana, N.F.S.; Nitsche, P.R.; Ferreira, L.G.B.; Martelócio, A.C.; Caramori, P.H.; Zaccheo, P.V.C.; Martins, J.A. Agroclimatic risk zoning of mango (*Mangifera indica*) in the hydrographic basin of Paraná River III, Brazil (*Zonificación del riesgo agroclimático del mango (Mangifera indica) en la cuenca hidrográfica del río Paraná III, Brasil*). African Journal of Agricultural Research, 16(7): 983-991, 2020.

Capelli, M.; Lauri, P.E.; Léchaudel, M.; Normand, F. Hormones and carbohydrates are both involved in the negative effects of reproduction on vegetative bud outgrowth in the mango tree: consequences for irregular bearing (*Las hormonas y los carbohidratos están implicados en los efectos negativos de la reproducción sobre el crecimiento vegetativo de las yemas en el árbol del mango: consecuencias para el porte irregular.*). Tree Physiology, 41(12): 2293-2307, 2021.

Carneiro, M.A.; Lima, A.M.N.; Cavalcante, Í.H.L.; Cunha, J.C.; Rodrigues, M.S.; Lessa, T.B.S. Soil salinity and yield of mango fertigated with potassium sources (*Salinidad del suelo y rendimiento del mango fertirrigado con fuentes de potasio*). Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 21: 310-316, 2017.

Carr, M.K.V. The water relations and irrigation requirements of mango (*Mangifera indica* L.): a review (*Las relaciones hídricas y las necesidades de riego del mango (Mangifera indica L.): una revisión*). Experimental Agriculture, 50(1): 1-23, 2014.

Carreiro, D.A.; Amariz, R.A.; Sanches, L.G.; Amariz, I.A.; Rolim, L.A.; Santos, A.J.S.; Cavalcante, Í.H.L. Fenpropimorph on organic compounds accumulation, biosynthesis of gibberelic acid, and flowering of mango (*Fenpropimorfo sobre la acumulación de compuestos orgánicos, la biosíntesis del ácido giberélico y la floración del mango*). Emirates Journal of Food and Agriculture, ahead of print, 2022b.

Carreiro, D.A.; Amariz, R.A.; Sanches, L.G.; Lobo, J.T.; Paiva Neto, V.B.; Cavalcante, Í.H.L. Gas exchanges and photosynthetic pigments of 'Tommy Atkins' mango as a function of fenpropimorph (*Intercambios gaseosos y pigmentos fotosintéticos del mango 'Tommy Atkins' en función del fenpropimorfo*). Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 26: 239-247, 2022a.

Cavalcante, Í.H.L.; Lima, A.M.N.; Carneiro, M.A.; Rodriguez, M.S.; Silva, R.L. Potassium doses on fruit production and nutrition of mango (*Mangifera indica* L.) cv. Palmer (*Dosis de potasio en la producción de frutos y la nutrición del mango (Mangifera indica L.) cv. Palmer*). Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia, 33(4), 385-399, 2016.

Cavalcante, Í.H.L.; Santos, G.N.F.; Silva, M.A.; Martins, R.S.; Lima, A.M.N.; Modesto, P.I.R.; Alcobia, A.M.; Silva, T.R.S.; Amariz, R.A.; Beckmann-Cavalcante, M.Z. A new approach to induce mango shoot maturation in Brazilian semi-arid environment (*Un nuevo enfoque para inducir la maduración de los brotes de mango en el medio semiárido brasileño*). Journal of Applied Botany and Food Quality, 91: 281-286, 2018.

Cavalcante, Í.H.L.; Silva, G.J.N.E.; Cavacini, J.A.; Amariz, R.A.E.; Freitas, S.T.; Sousa, K.A. O.; Silva, M.A.; Cunha, J.G. Metconazole on inhibition of gibberellin biosynthesis and flowering management in mango (*Metconazol en la inhibición de la biosíntesis de giberelina y la gestión de la floración en mango*). Erwerbs-Obstbau, 62: 89-95, 2020.

Chacko, E.K. Physiology of vegetative and reproductive growth in mango (*Mangifera indica* L.) tres (*Fisiología del crecimiento vegetativo y reproductivo en árboles de mango (Mangifera indica L.)*). In: Australian mango research workshop, 1986.

Clonan, M.; Hernaman, V.; Pearce, K.; Hopkins, M.; Moise, A.; McConchie, C. Impact of climate change on flowering induction in mangoes in the Northern Territory (*Impacto del cambio climático en la inducción de la floración del mango en el Territorio del Norte*). Earth Systems and Climate Change Hub Report No. 16, NESP Earth Systems and Climate Change Hub, Australia, 2020.

- Clonan, M.; McConchie, C.; Hall, M.; Hearnden, M.; Olesen, T.; Sarkhosh, A. Effects of ambient temperatures on floral initiation in Australian mango (*Mangifera indica* L.) selections (*Efectos de la temperatura ambiente sobre la iniciación floral en selecciones australianas de mango (Mangifera indica L.)*). *Scientia Horticulturae*, 276: 109767, 2021.
- Coelho, E.F.; Oliveira, A.S.; Neto, A.O.A.; Teixeira, A.E.C.; Araújo, E.C.E.; Bassoi, L.H. Irrigação (Riego). In: Genú, P.J.C; Pinto, A.C.Q. (Ed.). A cultura da mangueira. Brasília: Embrapa, 2002, p.167-189.
- Cotrim, C.E.; Coelho Filho, M.A.; Coelho, E.F.; Ramos, M.M.; Cecon, P.R. Regulated deficit irrigation and 'Tommy Atkins' mango orchard productivity under microsprinkling in Brazilian semiárido (*Riego deficitario regulado y productividad del huerto de mango 'Tommy Atkins' bajo microaspersión en el semiárido brasileño*). *Engenharia Agrícola*, 31(6): 1052-1053, 2011.
- Coutinho, G., Costa, I.J.S., Pio, L.A.S. Indução floral em mangueira (*Mangifera indica* L.) (*Inducción de la floración en el mango (Mangifera indica L.)*). Lavras: Editora UFLA, 2016.
- Cunha, J.G. Fornecimento de prolina e extrato de algas como atenuante do estresse abiótico em mangueira 'Tommy atkins' cultivada no semiárido (*Suministro de prolina y extracto de algas como atenuantes del estrés abiótico en el árbol de mango 'Tommy atkins' cultivado en una región semiárida*). M.Sc. Dissertation – Federal University of São Francisco Valley, Petrolina. 90 p. 2019.
- Cunha, J.G.; Cavalcante, Í.H.L.; Silva, L.S.; Silva, M.A.; Souza, K.Â.O.; Paiva Neto, V.B. Algal extract and proline promote physiological changes in mango trees during shoot maturation (*El extracto de algas y la prolina promueven cambios fisiológicos en los árboles de mango durante la maduración de los brotes*). *Revista Brasileira de Fruticultura*, 44(3): e-854, 2022a.
- Cunha, J.G.; Cavalcante, Í.H.L.; Silva, M.A.; Carmo, R.N.; Lobo, J. T. Proline and algal extract to alleviate the abiotic stress in mango 'Tommy Atkins' in the tropical semiárido (*Prolina y extracto de algas para aliviar el estrés abiótico en mango 'Tommy Atkins' en el semiárido tropical*). *Erwerbs-Obstbau*, 64: 1-12, 2022b.
- Dalvi, M.B.; Pushpa, P.D.; Pawar, H.D.; Raut, R.A.; Bhure, S.S.; Desai, V.S. Efficacy of different bio-organics for the management of important diseases of mango (*Mangifera indica* L.) (*Eficacia de diferentes bio-orgánicos para el manejo de importantes enfermedades del mango (Mangifera indica L.)*). *Crop Research*, 56(6): 308-312, 2021.
- Dash, A.; Samant, D.; Dash, D.K.; Dash, S.N.; Mishra, M.N. Influence of *Ascophyllum nodosum* extract, homobrassinolide and triacontanol on fruit retention, yield and quality of mango (*Influencia del extracto de Ascophyllum nodosum, homobrassinolide y triacontanol en la retención del fruto, el rendimiento y la calidad del mango*). *Journal of Environmental Biology*, 42: 1085-1091, 2021.
- Davenport, T.L. Management of flowering in three tropical and subtropical fruit tree species (*Manejo de la floración en tres especies de frutales tropicales y subtropicales*). *HortScience*, 38: 1331-1335, 2003.
- Davenport, T.L. Processes influencing floral initiation and bloom: the role of phytohormones in a conceptual flowering model (*Procesos que influyen en la iniciación floral y la floración: el papel de las fitohormonas en un modelo conceptual de floración*). *HortTechnology*, 10: 733-739, 2000.
- Davenport, T.L. Reproductive physiology of mango (*Fisiología reproductiva del mango*). 2007. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 19(4): 363-376, 2007.
- Davenport, T.L. Reproductive physiology. In: Litz, R.E. (Ed.). The mango: botany, production and uses (*El mango: botánica, producción y usos*). Homestead: CABI, 2009, p.97-169.
- Dias, V.V.; Schultz, G.; Schuster, M.S.; Talamini, E.; Révillion, J.P. O mercado de alimentos orgânicos: um panorama quantitativo e qualitativo das publicações internacionais (*El mercado de los alimentos ecológicos: panorama cuantitativo y cualitativo de las publicaciones internacionales*). *Ambiente & Sociedade*, 18(1): 161-182, 2015.

- El-Hoseiny, H.M.; Helaly, M.N.; Elsheery, N.I.; Alam-Eldein, S.M. Humic acid and boron to minimize the incidence of alternate bearing and improve the productivity and fruit quality of mango trees (*Ácido húmico y boro para minimizar la incidencia de la alternancia y mejorar la productividad y la calidad del fruto de los árboles de mango*). Hortscience, 55(7): 1026-1037, 2020.
- Elkhishen, M.A. Effect of pruning severity on flowering and fruiting of mango (*Mangifera indica*) cv. Alphonso in off-year season (*Efecto de la severidad de la poda sobre la floración y fructificación del mango (Mangifera indica) cv. Alphonso en temporada baja*). Egyptian Journal of Horticulture, 42(2): 785-794, 2015.
- El-Motaium, R.A.; Shaban, A.E.A.; Badawy, S.H.; Ibrahim, A.S.A. Alleviation of alternate bearing phenomenon in mango (*Mangifera indica* L.) trees using boron and nitrogen fertilization (*Alivio del fenómeno de porte alterno en árboles de mango (Mangifera indica L.) mediante fertilización con boro y nitrógeno*). Journal of Plant Nutrition, 42(20): 2861-2872, 2019.
- Embrapa. Sistema Orgânico de Produção de Manga para a Região da Chapada Diamantina, Bahia (*Sistema de Producción Orgánica de Mango para la Región de Chapada Diamantina, Bahia*). 2020. Available at : [https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p\\_p\\_id=conteudoportlet\\_WAR\\_sistemasdeproducaoif6\\_1galceportlet&p\\_p\\_lifecycle=0&p\\_p\\_state=normal&p\\_p\\_mode=view&p\\_p\\_col\\_id=column-1&p\\_p\\_col\\_count=1&p\\_r\\_p\\_-76293187\\_sistemaProducaoId=10004&p\\_r\\_p\\_-996514994\\_topicoId=11534](https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducaoif6_1galceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaoId=10004&p_r_p_-996514994_topicoId=11534). Access in: Feb. 2022
- Fan, Z.; He, X.; Fan, Y.; Yu, H.; Wang, Y.; Xie, X.; Liu, Y.; Mo, X.; Wang, J.; Luo, C. Isolation and functional characterization of three *MiFTs* genes from mango (*Aislamiento y caracterización funcional de tres genes MiFTs del mango*). Plant Physiology and Biochemistry, 155: 169-176, 2020.
- Faria, L.N.; Soares, A.A.; Donato, S.L.R.; Santos, M.R.; Castro, L.G. The effects of irrigation management on floral induction of 'Tommy Atkins' mango in Bahia Semiárido (*Efectos del manejo del riego en la inducción floral del mango 'Tommy Atkins' en Bahía Semiárido*). Engenharia Agrícola, 36(3): 387-398, 2016.
- Ferraz, L.E.C.S.; Cavalcante, Í.H.L.; Lobo, J.T.; Cunha, J.G. Terminal branch density and fruit production in the canopy of high-yield mango orchards (*Densidad de ramas terminales y producción de fruta en la canopia de huertos de mango de alto rendimiento*). European Journal of Horticultural Science, 85(2): 118–122, 2020.
- Fonseca, N.; Coelho, E.F.; Vieira, R.S. Déficit hídrico na indução do florescimento e do aumento da produtividade da mangueira 'Uba' em cultivo orgânico na região da Chapada Diamantina, Bahia (*Déficit hídrico en la inducción de la floración y aumento de la productividad del mango 'Uba' en cultivo orgánico en la región de Chapada Diamantina, Bahia*). Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2018.
- Freitas, S.T.; Amarante, C.V.T.; Mitcham, E.J. Calcium deficiency disorders in plants (*Trastornos por carencia de calcio en las plantas*). In: Sunil Pareek. (Org.). Postharvest ripening physiology of crops (*Fisiología de la maduración postcosecha de los cultivos*). 2ed. Boca Raton: CRC Press, 2016, p. 478-512.
- Gamboa-Porras, J.R.; Marín-Méndez, W. Fenología, producción y contenido de almidón en árboles de mango en Guanacaste, Costa Rica. Agronomía mesoamericana, 23(1): 81-91, 2012.
- Geetha, G.A.; Shivashankara, K.S.; Reddy, Y.T.N. Varietal variations in temperature response for hermaphrodite flower production and fruit set in mango (*Mangifera indica* L.) (*Variaciones varietales en la respuesta a la temperatura para la producción de flores hermafroditas y el cuajado del fruto en mango (Mangifera indica L.)*). South African Journal of Botany, 106: 196-203, 2016.
- Gomes, E.C.; Barbosa, J.; Ribeiro, W.S.; Marques, M.A.D.; Perez, J.O.; Freire, J.L.O.; Lima, A.N. Utilização do bioestimulante Ecolife na indução de florada em manga (*Mangifera indica* L.) "Tommy Atkins" no vale do São Francisco, em Petrolina-PE (*Uso del bioestimulante Ecolife en la inducción de la floración en mango (Mangifera indica L.) "Tommy Atkins" en el valle de São Francisco, Petrolina-PE*). Engenharia Ambiental, 5(2): 86-93, 2008.

- Halder, S.; Hasan, M.A. Climate change and mango production (*Cambio climático y producción de mango*). Chemical Science Review and Letters, 9(33): 55-57, 2020.
- Hamilton, D.; Martin, C.; Bennet, M.; Hearnden, M.; Asis, C.A. Effect of tree leaf N status and N application time on yield and fruit N partitioning of mango (*Efecto del estado del N en la hoja del árbol y del momento de aplicación del N sobre el rendimiento y la partición del N en el fruto del mango*). Acta Horticulturae, 1183: 161-166, 2017.
- Huang, J.; Ma, W.; Liang, G.; Zhang, L.; Wang, W.; Cai, Z.; Wen, S. Effects of low temperatures on sexual reproduction of 'Tainong 1' mango (*Mangifera indica*) (*Efectos de las bajas temperaturas en la reproducción sexual del mango 'Tainong 1' (Mangifera indica)*). Scientia Horticulturae, 126, 109-119, 2010.
- Husen, S.; Ishartati, E.; Muhidin, M.; Dwi Siskawardani, D.; Rizky, A.; Syaifudin, A.; Onthong, J. Modified off-season technology to the flowering time and fruit yield of arumanis mango (*Mangifera indica* L.) (*Tecnología de contraestación modificada para la época de floración y el rendimiento de fruta del mango arumanis (Mangifera indica L.)*). E3S Web of Conferences, 226: 00045, 2021.
- Ibrahim, H.I.M.; Mohamed, A.Y.; Ahmed, F.F. Relation of Fruiting in hindy bisinara mangoes to foliar nutrition with Mg, B and Zn and some antioxidants (*Relación de la fructificación en mango hindy bisinara con la nutrición foliar con Mg, B, y Zn, así como algunos antioxidantes*). African Crop Science Conference Proceedings, 8: 411- 415, 2007.
- Kaur, G.; Asthir, B.; Bains, N.S.; Farooq, M. Nitrogen nutrition, its assimilation and remobilization in diverse wheat genotypes (*Nutrición nitrogenada, su asimilación y removilización en diversos genotipos de trigo*). International Journal of Agriculture and Biology, 17: 531-538, 2015.
- Khan, M.M.H.; Ahmeda, N.; Ghafoor, N.; Ali, M.; Ali, M.A.; Irfan, M.; Hussain, S.; Fahade, S.; Agarwal, V.; Abdel-Hafez, S.H.; Ali, R.; Asdaq, S.M.B.; Alabdallah, N.M.; Zuan, A.T.K.; Danish, S.; Dattan, R. Synchronization of boron application methods and rates is environmentally friendly approach to improve quality attributes of *Mangifera indica* L. on sustainable basis (*La sincronización de los métodos y tasas de aplicación de boro es un enfoque respetuoso con el medio ambiente para mejorar los atributos de calidad de Mangifera indica L. de forma sostenible.*). Saudi Journal of Biological Sciences, 29(3): 1869-1880, 2022.
- Kishore, K.; Singh, H.S.; Sharma, D.; Rupa, T.R.; Kurian, R.M.; Samant, D. Influence of Paclobutrazol on Vegetative Growth, Nutrient Content, Flowering and Yield of Mango (*Mangifera indica* L.) and Its Residual Dynamics (*Influencia del Paclobutrazol en el Crecimiento Vegetativo, Contenido de Nutrientes, Floración y Rendimiento del Mango (Mangifera indica L.) y su Dinámica Residual*). Journal of Agricultural Science and Technology, 21(6): 1557-1567, 2019.
- Konishi, M.; Yanagisawa, S. The regulatory region controlling the nitrate-responsive expression of a nitrate reductase gene, NIA1, in Arabidopsis (*La región reguladora que controla la expresión sensible al nitrato de un gen de la nitrato reductasa, NIA1, en Arabidopsis*). Plant and Cell Physiology, 52(5): 824-836, 2011.
- Kumar, K.N.R.; Nachegowda, V.; Reddy, P.V.K.; Rajegowda, M.B.; Janardhana Gowda, N.A. Studies on water balance in mango (*Mangifera indica* L.) orchard (*Estudios sobre el balance hídrico en huertos de mango (Mangifera indica L.)*). Acta Horticulturae, 1066: 129-134, 2015.
- Kumar, M.; Ponnuswami, V.; Jeya Kumar, P.; Saraswathy, S. Influence of season affecting flowering and physiological parameters in mango (*Influencia de la estación en la floración y los parámetros fisiológicos del mango*). Scientific Research and Essays, 9(1): 1-6, 2014.
- Kumari, R.; Kundu, M.; Das, A.; Rakshit, R.; Sahay, S.; Sengupta, S.; Ahmad, Md. F. Long-term integrated nutrient management improves carbon stock and fruit yield in a subtropical mango (*Mangifera indica* L.) orchard (*La gestión integrada de nutrientes a largo plazo mejora las reservas de carbono y la producción de fruta en un huerto subtropical de mango (Mangifera indica L.)*). Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 20: 725-737, 2020.

- Kusano, M.; Fukushima, A.; Redestig, H.; Saito, K. Metabolomic approaches toward understanding nitrogen metabolism in plants (*Enfoques metabolómicos para comprender el metabolismo del nitrógeno en las plantas*). *Journal of Experimental Botany*, 62(4): 1439–1453, 2011.
- Lag Reid, M.; Bøckman, O.C.; Kaarstad, E.O. Agriculture, fertilizers and environment (*Agricultura, fertilizantes y medio ambiente*). Wallingford: CABI Publishing, 1999. 294p.
- Laxman, R.H.; Annapoornamma, C.J.; Biradar, G. Mango. In: Srinivasa Rao, N.K.; Shivashankara, K.S.; Laxman, R.H. (Ed). Abiotic stress physiology of horticultural crops (*Fisiología del estrés abiótico en cultivos hortícolas*). Bengaluru: Springer India, 2016. p.169-181.
- Léchaudel, M.; Joas, J. An overview of preharvest factors influencing mango fruit growth, quality and postharvest behaviour (*Una visión general de los factores precosecha que influyen en el crecimiento, la calidad y el comportamiento postcosecha de los frutos de mango*). *Brazilian Journal Plant Physiology*, 19 (4): 287-298, 2007.
- Lemoine, R.; La Camera, S.; Atanassova, R.; Dédaldéchamp, F.; Allario, T.; Pourtau, N.; Bonnemain, J.-L.; Laloi, M.; Coutos-Thévenot, P.; Maurousset, L.; Faucher, M.; Girousse, C.; Lemonnier, P.; Parrilla, J.; Durand, M. Source-to-sink transport of sugar and regulation by environmental factors (*Transporte de azúcar de origen a sumidero y regulación por factores ambientales*). *Frontier in Plant Science*, 4: 272, 2013.
- Lemos, L.M.C.; Salomão, L.C.C.; Siqueira, D.L.; Pereira, O.L.; Cecon, P.R. Heat unit accumulation and inflorescence and fruit development in ‘Ubá’ mango trees grown in Visconde do Rio Branco-MG (*Acumulación de unidades de calor y desarrollo de inflorescencias y frutos en árboles de mango 'Ubá' cultivados en Visconde do Rio Branco-MG*). *Revista Brasileira de Fruticultura*, 40(2): e-491, 2018.
- Levin, A.G.; Naor, A.; Noy, M.; Love, C.; Gal, Y.; Peres, M. Mango response to deficit irrigation at different phenological periods (*Respuesta del mango al riego deficitario en diferentes periodos fenológicos*). *Acta Horticulturae*, 1075: 103-113, 2015a.
- Levin, A.G.; Naor, A.; Noy, M.; Love, C.; Gal, Y.; Peres, M.; Bernstein, N. The response of field-grown Mango (cv Keitt) trees to regulated deficit irrigation at different phenological stages (*Respuesta de árboles de Mango (cv Keitt) cultivados en campo al riego deficitario regulado en diferentes estados fenológicos*). XI International Mango Symposium. Darwin, Northern Territory (Australia). September 28- October 2, 2015b.
- Lima, G.M.S.; Pereira, M.C.T.; Oliveira, M.B.; Mizobutsi, S.N.G.P.; Públío Filho, W.M.; Mendes, D.S. Floral induction management in ‘Palmer’ mango using uniconazol (*Manejo de la inducción floral en mango 'Palmer' mediante uniconazol*). *Ciência Rural*, 46(8):1350-1356, 2016.
- Litz, R.E. The Mango: botany, production and uses (*El mango: botánica, producción y usos*). 2.ed. Wallingford: CAB Internacional, 669 p. 2009.
- Liu, N.; Wu, S.; Guo, Q.; Wang, J.; Cao, C.; Wang, J. Leaf nitrogen assimilation and partitioning differ among subtropical forest plants in response to canopy addition of nitrogen treatments (*La asimilación y partición del nitrógeno foliar difieren entre plantas forestales subtropicales en respuesta a tratamientos de adición de nitrógeno al dosel*). *Science of the Total Environment*, 637: 1026-1034, 2018.
- Lobo, J.T.; Cavalcante, Í.H.L.; Lima, A.M.N.; Vieira, Y.A.C.; Modesto, P.I.R.; Cunha, J.G. Biostimulants on nutritional status and fruit production of mango ‘Kent’ in the Brazilian Semi-arid Region (*Bioestimulantes sobre el estado nutricional y la producción de fruta de mango 'Kent' en la Región Semiárida Brasileña*). *HortScience*, 54(9): 1501-1508, 2019.
- Lobo, M.G.; Sidhu, J.S. Biology, postharvest physiology, and biochemistry of mango (*Biología, fisiología postcosecha y bioquímica del mango*). In: Siddiq, M.; Brecht, J.K.; Sidhu, J.S. (Ed). Handbook of mango fruit: production, postharvest science, processing technology and nutrition. New Jersey: John Wiley & Sons Ltd, 2017. p.37-59.

- Lopes, R.C.; Pereira, R.N.; Silva, L.S.; Lobo, J.T.; Amariz, R.A.; Cavalcante, Í.H.L. Impact of first mechanical fructification pruning on mango orchards (*Impacto de la poda de primera fructificación mecánica en los huertos de mango*). International Journal of Fruit Science, 21(1): 1059-1072, 2021.
- Luo, C.; Yu, H.X.; Fan, Y.; Zhang, X.J.; He, X.H. Research advance on the flowering mechanism of mango (*Avance de la investigación sobre el mecanismo de floración del mango*). Acta Horticulturae, 1244: 17-22, 2019.
- Maklad, T.N.; El-Sawwah, O.A.O.; Nassar, S.A. Effect of calcium, zinc and boron treatments on floración, yield and fruit quality of mango ewais cultivar (*Efecto de los tratamientos con calcio, zinc y boro sobre la floración, el rendimiento y la calidad del fruto del cultivar de mango ewais*). Journal of Plant Production, 11(12): 1463-1468, 2020.
- Maloba, S.; Ambuko, J.; Hutchinson, M.; Owino, W.O. Effects of ethephon and potassium nitrate on off-season flower induction in mango (*Efectos del etefón y el nitrato potásico en la inducción de la floración fuera de temporada en el mango*). In: Fourth RUFORUM Biennial Regional Conference, p. 241-246, 2017.
- Martuscello, J.A.; Majerowicz, N.; Cunha, D.N.F.V.; Amorim, P.L.; Braz, T.G.S. Características productivas e fisiológicas de capim-elefante submetido à adubação nitrogenada (*Características productivas y fisiológicas del pasto elefante sometido a fertilización nitrogenada*). Archivos de Zootecnia, 65(252): 565-570, 2016.
- Mattar, M.A. Irrigation systems effect on growth and productivity in mango orchard (*Efecto de los sistemas de riego en el crecimiento y la productividad de los huertos de mango*). Misr Journal of Agricultural Engineering, 24(1): 103-121, 2007.
- Menzel, C.M.; Le Lagadec, M.D. Can the productivity of mango orchards be increased by using high-density plantings? (*¿Se puede aumentar la productividad de los huertos de mango utilizando plantaciones de alta densidad?*) Scientia Horticulturae, 219: 222-263, 2017.
- Mo, X.; Luo, C.; Yu, H.; Chen, J.; Liu, Y.; Xie, X.; Fan, Z.; He, X. Isolation and functional characterization of two short vegetative phase homologous genes from mango (*Aislamiento y caracterización funcional de dos genes homólogos de fase vegetativa corta del mango*). International Journal Molecular Sciences, 22: 9802, 2021.
- Mohammad, F.S.; Alamoud, A.I.; Mahmoud, S.H. 2015. Water requirements and water use of mango orchards in Jazan region, Saudi Arabia (*Necesidades hídricas y utilización del agua en los huertos de mango de la región de Jazan (Arabia Saudí)*). Journal Animal Plant Science, 25: 1008-1015, 2015.
- Mok, M.C. Cytokinins and plant development: an overview (*Citoquininas y desarrollo vegetal: visión general*). In: Mok D.W.S.; Mok M.C. (Eds), Cytokinins: chemistry, activity and function. Boca Raton: CRC Press, 1994. p. 155-166.
- Morales-Martinez, M.; Moscoso-Ramírez, P.A.; Castelán-Estrada, M.; Contreras-Oliva, A. Effect of nitrates alone or with paclobutrazol on flowering induction and production in mango cv. Tommy Atkins (*Efecto de los nitratos solos o con paclobutrazol sobre la inducción de la floración y la producción en mango cv. Tommy Atkins*). Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud, 22(2): 20-27, 2020.
- Morales-Payan, J.P. Influence of foliar sprays of an amino acid formulation on fruit yield of 'Edward' mango (*Influencia de las pulverizaciones foliares de una formulación de aminoácidos en el rendimiento de fruta del mango 'Edward'*). Acta Horticulturae, 1075: 157-159, 2015.
- Mostert, P.G.; Hoffman, J.E. Water requirements and irrigation of mature mango tres (*Necesidades de agua y riego de los mangos maduros*). Acta Horticulturae, 296, 331-338, 1996.
- Mouco, M.A.C.; Albuquerque, J.A.S. Cultivo da Mangueira: Manejo da floração (*Cultivo del mango: Gestión de la floración*). Petrolina: Embrapa semi-árido. 2004. 5p.
- Mouco, M.A.C.; Lima Filho, J.M.P. Efeito da aplicação de aminoácidos na mangueira (*Mangifera indica* L.) na região semi-árida brasileira (*Efecto de la aplicación de aminoácidos en el mango*

(*Mangifera indica* L.) en la región semiárida brasileña). In: Seminário Brasileiro de Produção Integrada de Frutas, 6., 2004.

Mouco, M.A.C.; Ono, E.O.; Rodrigues, J.D. Controle do crescimento vegetativo e floração de mangueiras cv. Kent com reguladores de crescimento vegetal (*Control del crecimiento vegetativo y la floración del mango cv. Kent con reguladores del crecimiento vegetal*). Revista Brasileira de Fruticultura, 33 (4): 1043-1047, 2011.

Mouco, M.A.C.; Ono, E.O.; Rodrigues, J.D. Synthesis inhibitors of gibberellins and mango 'Tommy Atkins' seedlings growth (*Inhibidores de síntesis de giberelinas y crecimiento de plántulas de mango 'Tommy Atkins'*). Ciência Rural, 40(2): 273-279, 2010.

Moura, M.S.B.; Oliveira, L.D.S.; Evangelista, S.R.M.; Mouco, M.A.C.; Souza, L.S.B.; Silva, T.G.F. Aptidão climática da mangueira frente ao clima atual e aos cenários futuros (*Aptitud climática del árbol del mango en relación con el clima actual y los escenarios futuros*). Revista Brasileira de Geografia Física, 8: 496-509, 2015.

Mudo, L.E.D.; Lobo, J.T.; Carreiro, D.A.; Cavacini, J.A.; Silva, L.S.; Cavalcante, Í.H.L. Leaf gas exchange and flowering of mango sprayed with biostimulant in semi-arid region (*Intercambio gaseoso foliar y floración del mango rociado con bioestimulante en una región semiárida*). Caatinga, 33(2), 332-340, 2020.

Muengkaew, R.; Chairasart, P.; Wongsawad, P. Calcium-boron addition promotes Germinación de polen and fruit set of mango (*La adición de calcio-boro favorece la germinación de polen y el cuajado del mango*). International Journal of Fruit Science, 17(2): 147-158, 2017.

Muñoz, E.F.P.; Niederle, P.A.; de Gennaro, B.C.; Roselli, L. Mercados agroalimentares em direção à agroecologia: tensões e compromissos enfrentados por pequenos agricultores no Brasil e no Chile (*Mercados agroalimentarios hacia la agroecología: tensiones y compensaciones a las que se enfrentan los pequeños agricultores de Brasil y Chile*). Sustentabilidade, 13(6): 3096, 2021.

Murti, G.S.R.; Upreti, K.K. Morpho-physiological changes in response to photoperiod in mango (*Mangifera indica* L.) (*Cambios morfofisiológicos en respuesta al fotoperiodo en mango (Mangifera indica L.)*). Indian Journal of Plant Physiology, 3(4): 306-309, 1998.

Naphrom, D.; Sruamsiri, P.; Hegele, M.; Boonplod, N.; Bangerth, F.; Manochai, P. Hormonal changes in various tissues of mango trees during flower induction following cold temperatura (*Cambios hormonales en diversos tejidos de árboles de mango durante la inducción floral tras el frío*). Acta Horticulturae, 645: 453-457, 2004.

Normand, F.; Bello, A.K.; Trotter, C.; Lauri, P.E. Is axis position within tree architecture a determinant of axis morphology, branching, flowering and fruiting? An essay in mango (*¿Es la posición del eje del mango en la arquitectura del árbol un factor determinante de la morfología del eje, la ramificación, la floración y la fructificación? Un ensayo sobre el mango*). Annals of Botany, 103(8): 1325-1336, 2009.

Núñez-Elisía, R.; Davenport, T.L. Effect of leaf age, duration of cool temperature treatment, and photoperiod on bud dormancy release and floral initiation in mango (*Efecto de la edad de la hoja, la duración del tratamiento con temperaturas frías y el fotoperiodo sobre la liberación de la dormancia de la yema y la iniciación floral en mango*). Scientia Horticulturae, 62: 63-73, 1995.

Núñez-Elisea, R.; Davenport, T.L. Gibberellin and temperature effects on dormancy release and shoot morphogenesis of mango (*Mangifera indica* L.) (*Efectos de la giberelina y la temperatura en la liberación de la dormancia y la morfogénesis de brotes de mango (Mangifera indica L.)*). Scientia Horticulturae, 77: 11-21, 1998.

Oldoni, F.C.A.; Lima, A.M.N.; Cavalcante, Í.H.L.; Sousa, K.S.M.; Carneiro, M.A.; Carvalho. Boron fertilizing management on fruit production and quality of mango cv. Palmer in semiárido (*Manejo de la fertilización con boro en la producción y calidad del fruto de mango cv. Palmer en semiárido*). Revista Brasileira de Fruticultura, 40: e-622, 2018.

- Oliveira, G.P.; Siqueira, D.L.; Salomão, L.C.C.; Cecon, P.R.; Machado, D.L.M. Paclobutrazol and branch tip pruning on the flowering induction and quality of mango tree fruits (*El paclobutrazol y la poda de despunte de las ramas en la inducción de la floración y la calidad de los frutos del árbol de mango*). *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 47(1), 7-14, 2017.
- Oliveira, M.B.; Figueiredo, M.G.F.; Pereira, M.C.T.; Mouco, M.A.C.; Ribeiro, L.M.; Mercadante-Simões, M.O. Structural and cytological aspects of mango floral induction using paclobutrazol (*Aspectos estructurales y citológicos de la inducción floral del mango mediante paclobutrazol*). *Scientia Horticulturae*, 262: 109057, 2020.
- Oosthuysen, S.A. Spray application of KNO<sub>3</sub>, low biuret urea and growth regulators and hormones during and after flowering on fruit retention, fruit size and yield of mango (*Aplicación por pulverización de KNO<sub>3</sub>, urea de bajo biuret y reguladores del crecimiento y hormonas durante y después de la floración sobre la retención del fruto, el tamaño del fruto y el rendimiento del mango*). *Acta Horticulturae*, 1075: 135-142, 2015.
- Padua, J.B.; Schlindwein, M.M.; Gomes, E.P. Agricultura familiar e produção orgânica: uma análise comparativa considerando os dados dos censos de 1996 e 2006 (*Agricultura familiar y producción ecológica: un análisis comparativo a partir de los datos de los censos de 1996 y 2006*). *Interações*, 14(2): 225-235, 2013.
- Patil, K.R.; Burondkar, M.M.; Bhave, S.G.; Nigade, P.M.; Jadhav, B.B. Post harvest chemical induction of vegetative growth and its physiological behavior in relation to regulation of flowering in 'Alphonso' mango (*Mangifera indica* L.) (*Inducción química postcosecha del crecimiento vegetativo y su comportamiento fisiológico en relación con la regulación de la floración en mango 'Alphonso' (Mangifera indica L.)*). *Acta Horticulturae*, 992: 193-200, 2013.
- Patil, S.I.; Vyavahare, S.N.; Krishna, B.; Sane, P.V. Studies on the expression patterns of the circadian rhythm regulated genes in mango (*Estudios sobre los patrones de expresión de los genes regulados por el ritmo circadiano en mango*). *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 27(9): 2009-2025, 2021.
- Pérez, V.; Herrero, M.; Hormaza, J.I. Pollen performance in mango (*Mangifera indica* L., Anacardiaceae): Andromonoecy and effect of temperature (*Rendimiento del polen en el mango (Mangifera indica L., Anacardiaceae): Andromonocia y efecto de la temperatura*). *Scientia Horticulturae*, 253, 439-446, 2019.
- Pérez, V.; Herrero, M.; Hormaza, J.I. Different factors involved in the low fruit set of mango (*Mangifera indica*) (*Diferentes factores implicados en el bajo cuajado del mango (Mangifera indica)*). *Acta Horticulturae*, 1231: 43-48, 2019.
- Pérez-Barraza, H.; Avitia-García, E.; Cano-Medrano, E.; Gutiérrez-Espinosa, A.; Osuna-Enciso, T.; Pérez-Luna, A.I. 2018. Temperatura e inhibidores de giberelinas en el proceso de floración del mango 'Ataulfo'. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 41(4-A), 543-549, 2018.
- Persello, S.; Grechi, I.; Boudon, F.; Normand, F. Nature abhors a vacuum: deciphering the vegetative reaction of the mango tree to pruning (*La naturaleza aborrece el vacío: descifrar la reacción vegetativa del mango a la poda*). *European Journal of Agronomy*, 104: 85-96, 2019.
- Pleguezuelo, C.R.R.; Rodríguez, B.C.; Tejero, I. F.G.; Ruíz, B.G.; Tarifa, D.F.; Martínez, J. R.F.; Zuazo, V.H.D. Irrigation strategies for mango (*Mangifera indica* L.) under water-scarcity scenario in the mediterranean subtropical environment. *Water Scarcity and Sustainable Agriculture in Semiarid Environment (Estrategias de riego para el mango (Mangifera indica L.) bajo un escenario de escasez de agua en el ambiente subtropical mediterráneo. Escasez de agua y agricultura sostenible en un entorno semiárido)*, 299-316, 2018.
- Pongsomboon, W.; Subhadrabandhu, S.; Stephenson, R.A. Some aspects of the ecophysiology of flowering intensity of mango (*Mangifera Indica* L.) cv. Nam Dok Mai in a semi-tropical monsoon Asian climate (*Algunos aspectos de la ecofisiología de la intensidad de floración del mango*

(*Mangifera Indica L.*) cv. *Nam Dok Mai* en un clima asiático monzónico semitropical). *Scientia Horticulturae*, 70(1): 45-56, 1997.

Poonia, K.D.; Bhatnagar, P.; Sharma, M.K.; Singh, J. Efficacy of biofertilizers on growth and development of mango plants cv. *Dashehari* (*Eficacia de los biofertilizantes en el crecimiento y desarrollo de plantas de mango cv. Dashehari*). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7: 2158-2162, 2018.

Prasad, S.S.; Reddy, Y.T.N.; Upreti, K.K.; Rajeshwara, A.N. Studies on changes in carbohydrate metabolism in regular bearing and “off” season bearing cultivars of mango (*Mangifera indica L.*) during flowering (*Estudios sobre los cambios en el metabolismo de los carbohidratos en cultivares de mango (Mangifera indica L.) de ciclo regular y fuera de ciclo durante la floración*). *International Journal of Fruit Science*, 14(4): 437-459, 2014.

Prates, A.R.; Züge, P.G.U.; Leonel, S.; Souza, J.M.A.; Ávila, J. Flowering induction in mango tree: updates, perspectives and options for organic agricultura (*Inducción de la floración en el mango: actualizaciones, perspectivas y opciones para la agricultura ecológica*). *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 51: e68175, 2021.

Protacio, C.M.; Quinto, J.E.; Serrano, E.P.; Marquez, I.P.; Rodriguez, F.M. Unravelling the mechanism of mango flowering (*Desentrañar el mecanismo de la floración del mango*). *Acta Horticulturae*, 820: 259-270, 2009.

Puche, M.; Macias, M.P.; Soto, E.; Figueroa, R.; Gutierrez, M.; Rovira, L.A. La temperatura mínima como determinante ambiental en la iniciación floral del mango. *Revista Científica UDO Agrícola*, 12(1): 83-90, 2012.

Quaggio, J.A. Adubação e calagem para a mangueira e qualidade dos frutos (*Fertilización y encalado para el mango y la calidad de la fruta*). In: São José, A.R.; Souza, I.V.B.; Martins Filho, J.; Morais, O.M. (Ed.) *Manga, tecnologia de produção e mercado*. Vitória da Conquista: DBZ/UESB, 1996. p.106-135.

Queiroga, R.C.F.; Puiatti, M.; Fontes, P.C.R.; Cecon, P.R.; Finger, F.L. Influência de doses de nitrogênio na produtividade e qualidade do melão *Cantalupensis* sob ambiente protegido (*Influencia de las dosis de nitrógeno en la productividad y calidad del melón Cantalupensis en ambiente protegido*). *Horticultura Brasileira*, 25 (4): 550-556, 2007.

Quijada, O., Herrero, B.; González, R.; Casanova, A.; Camacho, R. Influencia de la poda y de la aplicación de nitrato potásico y tiosulfato potásico sobre el mango en Maracaibo, Venezuela . II. Producción e índices de eficiencia productiva. *Agronomía Tropical*, 59(3): 289-296, 2009.

Ramírez, F.; Davenport, T.L. Mango (*Mangifera indica L.*) flowering physiology (*Fisiología de la floración del mango (Mangifera indica L.)*). *Scientia Horticulturae*, 126 (2), 65-72. 2010.

Ravishankar, H.; Sharma, N.; Singh, V.K. The mango genoma (*El genoma del mango*). In: Kole, C. (Ed.). *Alternate Flowering in Mango*. Homestead: Springer, 2021, p.95-110.

Rezende, J.S. Diagnose nutricional e teor de ca-ligado em frutos de manga no Vale do São Francisco (*Diagnóstico nutricional y contenido de cadmio en frutos de mango en el Valle de São Francisco*). D.Sc. thesis – Federal University of Pernambuco, Recife. 172p. 2021.

Saidha, T.; Rao, V.N.M.; Santhanakrishnan, P. Internal leaf ethylene levels in relation to flowering in mango (*Mangifera indica L.*) (*Niveles internos de etileno foliar en relación con la floración en mango (Mangifera indica L.)*). *Indian Journal of Horticulture*, 40:139-145, 1983.

Sampaio, H.R.; Coelho Filho, M.A.; Coelho, E.F.; Daniel, R.; Machado, V.V.; Carvalho, G.C.; Santana Junior, E.B. Déficit hídrico e secamento parcial do sistema radicular em pomar de lima ácida. *Pesquisa Agropecuária Brasileira (Déficit hídrico y desecación parcial del sistema radicular en un huerto de lima ácida. Investigación agrícola brasileña)*, 45(10): 1141-1148, 2010.

Sanches, L.G. Mitigação de estresse abiótico com aplicação exógena de melissil álcool em mangueira cv. kent cultivada no semiárido (*Mitigación del estrés abiótico con la aplicación exógena de alcohol*

*melisil en mango cv. kent cultivado en la región semiárida*). M.Sc. Dissertation – Federal University of São Francisco Valley, Petrolina. 72 p. 2020.

Sandip, M.; Makwana, N.A.; Barad, A.V.; Nawade, B.D. Physiology of Flowering - The Case of Mango (*Fisiología de la floración - El caso del mango*). International Journal of Applied Research, 1(11): 1008-1012, 2015.

Sanjay, K.S.; Ram, R.S. Effects of pruning intensity on the biochemical status of shoot buds in three mango (*Mangifera indica* L.) cultivars planted at high density (*Efectos de la intensidad de la poda sobre el estado bioquímico de las yemas en tres cultivares de mango (Mangifera indica L.) plantados a alta densidad*). The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 85(6): 483-490, 2010.

Santana, E.A.; Cavalcante, Í.H.L.; Brito, D.S.; Carmo, R.N.; Sousa, K.S.M. Fruit production and quality of guava as a function of biofertilizer and nitrogen fertigation in Brazilian semiárido (*Producción de frutos y calidad de guayaba en función de biofertilizantes y fertirrigación nitrogenada en el semiárido brasileño*). Emirates Journal of Food and Agriculture, 29: 242-249, 2017.

Santos, A.J.S.; Paiva Neto, V.B.; Sanches, L.G.; Carreiro, D.A.; Pereira, M.P.M.; Borges, M.C.R.Z.; Santos, S.E.R.; Cavalcante, Í.H.L. Nitrate reductase activity in the different phenophases of 'palmer' mango cultivated in the semiárido (*Actividad de la nitrato reductasa en las diferentes fenofases del mango 'palmer' cultivado en el semiárido*). Journal of Applied Botany and Food Quality, 94: 192-198, 2021.

Santos, M.R.; Neves, B.R.; Silva, B.L.; Donato, S.L.R. Yield, Water Use Efficiency and physiological characteristic of "Tommy Atkins" mango under partial rootzone drying irrigation system. Journal of Water Resource and Protection (*Rendimiento, Eficiencia en el Uso del Agua y características fisiológicas del mango "Tommy Atkins" bajo un sistema de riego de secado parcial de la zona radicular*). Journal of Water Resource and Protection, 7: 1029-1037, 2015.

Santos-Villalobos, S.; Folter, S.; John P. Délano-Frier, J.P.; Gómez-Lim, M.A.; Doralinda A. Guzmán-Ortiz, D.A.; Peña-Cabriales, J.J. Growth Promotion and Flowering Induction in Mango (*Mangifera indica* L. cv "Ataulfo") Trees by *Burkholderia* and *Rhizobium* Inoculation: Morphometric, Biochemical, and Molecular Events (*Promoción del Crecimiento e Inducción de la Floración en Árboles de Mango (Mangifera indica L. cv "Ataulfo") por Inoculación de Burkholderia y Rhizobium: Eventos morfológicos, bioquímicos y moleculares*). Journal of Plant Growth Regulation, 32: 615-627, 2013.

Saran, P.L.; Kumar, R. Boron deficiency disorders in mango (*Mangifera indica* L.): field screening, nutrient composition and amelioration by boron application (*Trastornos por carencia de boro en mango (Mangifera indica L.): cribado de campo, composición de nutrientes y mejora mediante la aplicación de boro*). Indian Journal of Agricultural Sciences, 81(6): 506-510, 2011.

Sarkhosh, A.; McConchie, C.; Khadivi, A. The effects of different tip-pruning times on floración, yield, and maturity of two mango cultivars in clima subtropical of Northern Territory (Katherine region) from Australia (*Los efectos de diferentes épocas de poda de despunte sobre la floración, rendimiento y madurez de dos cultivares de mango en el clima subtropical del Territorio del Norte (región de Katherine) de Australia.*). Scientia Horticulturae, 234: 140-145, 2018.

Scarpore Filho, J.A.; Medina, R.B.; Silva, S.R. Poda de árvores frutíferas (*Poda de árvores frutales*). 1<sup>st</sup> Ed. Piracicaba: USP/ESALQ/Casa do Produtor Rural, 2011, 54 p.

Schaffer, B.; Whiley, A.W.; Crane J.H. 1994. Mango. In: Schaffer, B.; Anderson, P.C. Boca Raton: CRC Press, 1994. p. 165-196.

Sharma, R.; Singh, R. Effect of pruning intensity on light penetration and leaf physiology in Amrapali mango trees under high density planting (*Efecto de la intensidad de poda sobre la penetración de la luz y la fisiología foliar en árboles de mango Amrapali en plantación de alta densidad*). Tropical Science, 46(1): 16-19, 2006.

- Silva, D.J. Nutrição e Adubação da Mangueira em Sistema de Produção Integrada (*Nutrición y fertilización del mango en el sistema de producción integrada*). Petrolina: Embrapa Semiárido, 2008.12p.
- Silva, D.J.; Quaggio, J.A.; Pinto, P.A.C.; Pinto, A.C.Q.; Magalhães, A.F.J. Nutrição e Adubação (*Nutrición y fertilización*). In: Genú, P.J.C.; Pinto, C.A.Q. (Ed.). A cultura da mangueira. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. p.191-222.
- Silva, K.K.A; Ono, E.O.; Mouco, M.A.C.; Silva, G.J.N.; Souza, R.J.M.; Silva, N.C.; Silva, R.C.B. Uniconazole no florescimento e produção da mangueira (*Mangifera indica L.*) cv. Palmer (*Uniconazol en la floración y la producción de mango (Mangifera indica L.) cv. Palmer*). *Magistra*, 26 (4), 505–514, 2014.
- Silva, L. S.; Sousa, K. A. O.; Pereira, E. C. V.; Rolim, L. A.; Cunha, J. G.; Oliveira, M. P.; Silva, M. A.; Cavalcante, Í. H. L. Advances in mango 'Keitt' production system: PBZ interaction with fulvic acids and free amino acids (*Avances en el sistema de producción de mango 'Keitt': Interacción de PBZ con ácidos fúlvicos y aminoácidos libres*). *Scientia Horticulturae*, 277: 109787, 2021.
- Silva, L.S.; Silva, P.T.S.E.; Cavalcante, Í.H.L. Impact of fulvic acid and free amino acids on paclobutrazol absorption by 'Keitt' mango (*Efecto del ácido fúlvico y los aminoácidos libres en la absorción de paclobutrazol por el mango 'Keitt'*). *Revista Ambiente e Água*, 15(4): e-2519, 2020a.
- Silva, M.A.D.; Cavalcante, Í.H.L.; Mudo, L.E.; Paiva Neto, V.B.; Amariz, R.A.; Cunha, J.G. Biostimulant alleviates abiotic stress of mango grown in semiárido environment (*Un bioestimulante alivia el estrés abiótico del mango cultivado en un entorno semiárido*). *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 24: 457-464, 2020b.
- Silva, M.J. Evapotranspiração e coeficiente da cultura da mangueira 'kent' cultivada no submédio do Vale São Francisco (*Evapotranspiración y coeficiente de cosecha del mango 'Kent' cultivado en el submedio del Valle de São Francisco*). M.Sc. Dissertation – Federal University of São Francisco Valley, Juazeiro. 60p. 2019.
- Silva, V.P.R. Estimativa das necessidades hídricas da mangueira (*Estimación de las necesidades hídricas del mango*). D.Sc. Thesis – Federal University of Paraíba, Campina Grande. 129 p. 2000.
- Simões, W.L.; Andrade, V.P.M.; Mouco, M.A.C.; Sousa, J.S.C., Lima, J.R.F. Production and quality of Kent Mango (*Mangifera indica L.*) under different irrigation systems in the Semiárido Northeastern Brazil (*Producción y calidad del Mango Kent (Mangifera indica L.) bajo diferentes sistemas de irrigación en el Semiárido Nordeste de Brasil*). *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, 14(2): 305-314, 2021.
- Singh, S.K.; Singh, S.K.; Sharma, R.R.; Patel, V.B. Influence of pruning intensity on floración, fruit yields and floral malformation in three mango cultivars planted under high density (*Influencia de la intensidad de poda sobre la floración, el rendimiento de frutos y la malformación floral en tres cultivares de mango plantados en alta densidad*). *Indian Journal of Horticulture*, 67(Special Issue): 84-89, 2010.
- Solanki, P.D.; Shah, N.I.; Prajapati, D.; Patel, H.R. Response of mango (*Mangifera indica L.*) to different pruning time and intensity for vegetative, flowering and fruiting parameters (*Respuesta del mango (Mangifera indica L.) a diferentes tiempos e intensidades de poda para parámetros vegetativos, de floración y fructificación*). *The Bioscan*, 11(4): 2317-2322, 2016.
- Sousa, J.S.C. Planilha para manejo de irrigação baseada no balanço hídrico da cultura (*Hoja de cálculo de gestión del riego basada en el balance hídrico de los cultivos*). Petrolina: If-Sertão, 2015. (Excel file)
- Souza, M.A.; Simões, W.L.; Mesquita, A.C.; Mouco, M.A.C.; Cavalcante, B.L.S.; Guimarães, M.J. M. Manejo da quimigação para indução floral da mangueira 'Palmer' no submédio do Vale do São Francisco (*Manejo de la quimigación para la inducción floral del mango 'Palmer' en el submedio del Valle de São Francisco*). *Irriga*, 23(3): 442-453, 2018.

- Souza, P.J.O.P.; Rodrigues, J.C.; Sousa, A.M.L.; Lima, R.T.; Rocha, E.J.P.; Ortega-Farias, S. Water requirement estimate for the reproductive period of mango orchards in the northeast of the state of Pará, Brazil (*Estimación de las necesidades hídricas para el período reproductivo de las huertas de mango en el nordeste del estado de Pará, Brasil*). *Revista Brasileira de Fruticultura*, 38(3): e-311, 2016.
- Spreer, W.; Ongprasert, S.; Hegele, M.; Wünsche, J.N.; Müller, J. Yield and fruit development in mango (*Mangifera indica* L. cv. Chok Anan) under different irrigation regimes (*Rendimiento y desarrollo del fruto en mango (Mangifera indica L. cv. Chok Anan) bajo diferentes regímenes de riego*). *Agricultural water management*, 96(1): 574-584, 2009.
- Sudha, R.; Balamohan, T.N.; Soorianathasundaram, K. Effect of foliar spray of nitrogenous chemicals on floración, fruit set and yield in mango (*Mangifera indica* L.) cv. Alphonso (*Efecto de la pulverización foliar de productos químicos nitrogenados sobre la floración, el cuajado y el rendimiento en mango (Mangifera indica L.) cv. Alphonso*). *Journal of Horticultural Sciences*, 7(2): 190-193. 2012.
- Sukhvibul, N.; Whiley, A.W.; Smith, M. K.; Hetherington, S.E. Susceptibility of mango (*Mangifera indica* L.) to cold-induced photoinhibition and recovery at different temperaturas (*Susceptibilidad del mango (Mangifera indica L.) a la fotoinhibición inducida por el frío y recuperación a diferentes temperaturas*). *Australian Journal of Agricultural Research*, 51(4): 503-513, 2000.
- Sukhvibul, N.; Whiley, A.W.; Smith, M.K.; Hetherington, S.E.; Vithanage, V. Effect of temperature on inflorescence development and sex expression of mono- and poly-embryonic mango (*Mangifera indica* L.) cultivars (*Efecto de la temperatura sobre el desarrollo de la inflorescencia y la expresión del sexo de cultivares mono- y poli-embriónicos de mango (Mangifera indica L.)*). *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 74(1): 64-68, 1999.
- Taiz, L.; Zeiger, E.; Moller, I.; Murphy, A. *Fisiología e desenvolvimento vegetal (Fisiología y desarrollo vegetal)*. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.
- Talib, S.A.A.; Hassan, M.H.M.; Rashid, M.A.; Sabdin, Z.H.M.; Rashid, M.Z.A.; Ibrahim, W.M.W.; Rahman, M.H.A.; Rusli, M.G.; Bakar, S.N.A; Mustaffa, M.A.O. Effects of environmental temperature and precipitation pattern on growth stages of mangifera indica cv. Harumanis Mango (*Efectos de la temperatura ambiental y el régimen de precipitaciones en las fases de crecimiento del mango mangifera indica cv. Harumanis*). *Journal of Agricultural Science*, 12(12): 26-31, 2020.
- Teixeira, A.H.C.; Bastiaanssen, W.G.M.; Moura, M.S.B.; Soares, J.M.; Ahmad, M.D.; Bos, M.G. Energy and water balance measurements for water productivity analysis in irrigated mango trees, Northeast Brazil (*Mediciones del balance energético e hídrico para el análisis de la productividad del agua en mangos irrigados, Nordeste de Brasil*). *Agricultural and Forest Meteorology*, 148: 1524-1537, 2008.
- Tenreiro, I.G.P. Fontes e formas de aplicação de cálcio na produtividade e qualidade de frutos de mangueira no Vale do Submédio São Francisco (*Fuentes y formas de aplicación del calcio en la productividad y calidad de los frutos de mango en el Valle Submédio São Francisco*). M.Sc. Dissertation – Federal University of São Francisco Valley, Petrolina. 73p. 2020.
- Tiwari, D.K.; Patel, V.B.; Pandey, A.K. Floral induction in mango: physiological, biochemical and molecular basis (*Inducción floral en mango: bases fisiológicas, bioquímicas y moleculares*). *International Journal of Chemical Studies*, 6(1): 252-259, 2018.
- Upreti, K.K.; Reddy, Y.T.N.; Prasad, S.R.; Bindu, G.V.; Jayaram, H.L.; Rajan, S. Hormonal changes in response to paclobutrazol induced early flowering in mango cv. Totapuri (*Cambios hormonales en respuesta a la floración temprana inducida por paclobutrazol en mango cv. Totapuri*). *Scientia Horticulturae*, 150: 414-418, 2013.
- Urban, L.; Montpied, P.; Normand, F. Season effects on leaf nitrogen partitioning and photosynthetic water use efficiency in mango (*Efectos estacionales sobre la partición del nitrógeno foliar y la eficiencia fotosintética del uso del agua en mango*). *Journal of Plant Physiology*, 163: 48-57, 2006.

- Vessey, J.K. Plant growth promoting Rhizobacteria as biofertilizers (*Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal como biofertilizantes*). Plant and Soil, 255: 571-586, 2003.
- Wang, Y.; Tan, P.; Chang, L.; Yue, Z.; Zeng, C.; Li, M.; Liu, Z.; Dong, X.; Yan, M. Exogenous proline mitigates toxic effects of cadmium via the decrease of cadmium accumulation and reestablishment of redox homeostasis in *Brassica juncea* (La prolina exógena mitiga los efectos tóxicos del cadmio mediante la disminución de la acumulación de cadmio y el restablecimiento de la homeostasis redox en *Brassica juncea*). BMC Plant Biology, 22: 182, 2022.
- Whiley, A.W. Environmental effects on phenology and physiology of mango - a review (*Efectos medioambientales en la fenología y fisiología del mango - una revisión*). Acta Horticulturae, 341: 168-176, 1993.
- Winston, T. Understanding crop nutrition: A guide for Australian mango growers (*Comprensión de la nutrición de los cultivos: Guía para los cultivadores australianos de mango*). Horticulture Innovation Australia Limited, 2007. 15p.
- Yeshitela, T.; Robbertse, P.J.; Fivas, J. Effects of fruit thinning on 'Sensation' mango (*Mangifera indica*) trees with respect to fruit quantity, quality and tree phenology (*Efectos del raleo de frutos en árboles de mango 'Sensation' (Mangifera indica) con respecto a la cantidad y calidad de los frutos y a la fenología del árbol*). Experimental Agriculture, 40: 433-444, 2004.
- Yeshitela, T.; Robbertse, P.J.; Stassen, P.J.C. Effects of pruning on floración, yield and fruit quality in mango (*Mangifera indica*) (*Efectos de la poda sobre la floración, el rendimiento y la calidad del fruto en mango (Mangifera indica)*). Australian Journal of Experimental Agriculture, 45(10): 1325-1330, 2005.
- Zuazo, V.H.D.; Pleguezuelo, C.R.R.; Ruiz, B.G.; Gordillo, S.G.; García-Tejero, I.F. Water use and fruit yield of mango (*Mangifera indica* L.) grown in a subtropical Mediterranean climate (*Uso del agua y rendimiento del fruto del mango (Mangifera indica L.) cultivado en un clima mediterráneo subtropical*), International Journal of Fruit Science, 19(2): 136-150, 2019.
- Zuazo, V.H.D.; García-Tejero, I.F.; Rodríguez, B.C.; Tarifa, D.F.; Ruiz, B.G.; Sacristán, P.C. Deficit irrigation strategies for subtropical mango farming. A review (*Estrategias de riego deficitario para el cultivo subtropical del mango. Una revisión*). Agronomy for Sustainable Development, 41: 13, 2021.