

Capítulo VII

Prácticas culturales

Lumey Pérez Artilis, Rommel Igor León Pacheco,
Marlon José Yacomelo Hernández y Carlos Alberto Abaunza González

Las prácticas culturales evitan condiciones favorables para el incremento de un insecto o enfermedad y disminuyen sus efectos adversos en el cultivo.

Podas

Los portainjertos de mango adaptados a las condiciones edáficas y climáticas del Caribe colombiano se caracterizan por tener un crecimiento vegetativo vigoroso y por dar lugar, en pocos años, a árboles de gran porte y dosel tupido. Esta arquitectura del árbol dificulta la entrada de luz en el dosel, lo cual favorece el aumento de la humedad relativa. Tales condiciones favorecen el desarrollo de enfermedades, principalmente aquellas causadas por hongos, y también afectan el rendimiento, la calidad de los frutos y el proceso de cosecha (ya que los frutos se concentran en las partes altas del árbol), lo que incrementa considerablemente los costos.

La poda se considera una práctica indispensable para modificar la arquitectura del árbol, y tiene un impacto directo sobre la sanidad y productividad del cultivo. Esta práctica, de demostrada efectividad, debe realizarse de acuerdo con la fenología del cultivo y el estado fitosanitario de la plantación. Mediante la intensidad de la poda, se puede controlar el tamaño del árbol y obtener rendimientos más altos.

Algunos autores limitaban la intervención en los árboles de mango a una poda rutinaria y de mantenimiento, que consistía en la eliminación de ramas bajas, enfermas, quebradas y aquellas del interior de la copa, para favorecer la penetración de luz y mejorar la coloración de los frutos (Avilán et al.,1992).

Pero actualmente las recomendaciones para la poda no se limitan al mantenimiento, ya que se tienen evidencias de que el empleo de otros tipos de poda es fundamental para lograr árboles de porte bajo, evitar la unión entre copas vecinas e incrementar el rendimiento (Rao & Kader, 1980, Gross, 1997; Gil P. et al., 1998).

Para la poda, es necesario tener en cuenta la época y la intensidad del corte, y se recomienda llevarla a cabo inmediatamente después de la cosecha (Oosthuysse, 1994; Ram, 1993). Esto permite que el árbol disponga de un periodo mayor de tiempo para recuperar la copa y madurar los brotes, lo que posibilita que, en condiciones inductivas, los brotes tengan la madurez fisiológica adecuada para florecer. Si se realiza una poda tardía, la floración puede disminuir, retrasarse considerablemente e incluso se puede inhibir. El éxito de la poda está relacionado con la obtención de nuevos crecimientos vegetativos y la capacidad de estos para producir inflorescencias (Oosthuysse, 1994). La poda debe enfocarse en mantener un balance adecuado entre el crecimiento vegetativo y el reproductivo (Gross, 1997).

La poda consiste en eliminar, mediante cortes totales o parciales, diferentes partes del árbol. Sus objetivos son modificar la copa, favorecer una fase fenológica, incrementar el tamaño de los frutos, obtener árboles de bajo porte, entre otros. De acuerdo con el objetivo deseado, las podas se pueden separar según las fases del cultivo (figura 30).

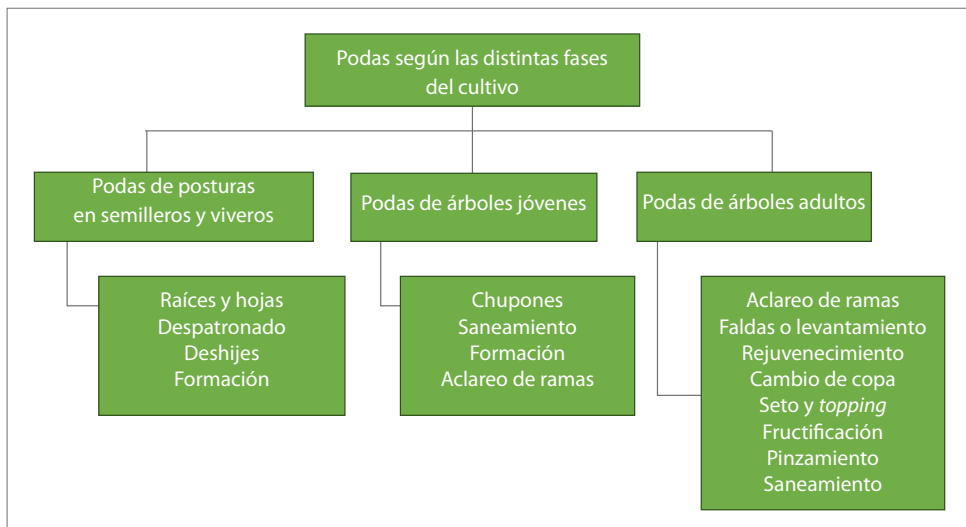


Figura 30. Diferentes tipos de podas y sus funciones de acuerdo con la fase del cultivo.

Fuente: Elaboración propia

Poda de formación

Las podas de formación se prolongan durante los tres o cuatro primeros años de vida del árbol hasta formar la estructura primaria. La primera etapa se recomienda realizarla en el vivero y consiste en eliminar el meristemo apical de la planta, a una altura de 60 a 70 cm y por debajo del segundo nudo de crecimiento (figura 31).



Figura 31. Eliminación del meristemo apical en vivero. a. Desinfección de la tijera de podar; b. Planta con el meristemo apical; c. Corte del meristemo apical a una altura de 70 cm.

Después de la nueva brotación, se dejan tres ramas primarias que broten desde nudos distintos, orientadas en diferentes direcciones (figura 32).



Fotos: Lumei Pérez Artilles

Figura 32. Poda de formación con ramas primarias seleccionadas alternas y en diferentes niveles.

Cuando las ramas seleccionadas tengan tres ciclos de crecimiento y se observe que el brote tiene un tamaño de 20 a 30 cm de longitud, se realiza un nuevo corte en forma de bisel por debajo del segundo nudo de crecimiento. Después de este nuevo corte, se seleccionan tres nuevas ramas (ramas secundarias), se podan para inducir nuevos brotes y posteriormente, con las ramas terciarias, se sigue el mismo proceso de selección para formar la estructura primaria del árbol: tronco, tres ramas primarias, nueve ramas secundarias y 27 ramas terciarias (figura 33). Las podas se siguen realizando durante los primeros tres o cuatro años de vida del árbol, eliminando todos los brotes que tengan crecimiento vertical o hacia al interior del árbol y aquellos que se entrecruzan con otras ramas (figura 34).



Fotos: Lumey Pérez Artiles

Figura 33. Poda de formación del árbol de mango de azúcar. a. Árbol con tres ramas primarias; b. Árbol con nueve ramas secundarias; c. Árbol con 27 ramas terciarias.



Foto: Lumey Pérez Artilles

Figura 34. Poda de formación de un árbol de mango de azúcar de dos años.

Si no se aplica la primera etapa de poda en el vivero, el árbol no quedará bien estructurado y será necesario realizar en campo una poda de retroceso.

Poda de restauración o rejuvenecimiento

Se recomienda aplicar la poda de restauración o rejuvenecimiento en plantaciones improductivas, generalmente huertos con más de 20 años, donde es común tener árboles con una altura mayor a 10 m. El excesivo crecimiento provoca una disminución en la luminosidad, lo que afecta de manera significativa la floración y fructificación.

Este estado del árbol hace que sea poco efectivo el control de plagas y enfermedades y eleva los costos de cosecha. Otros casos en los que se recomienda la poda de restauración es cuando las distancias de plantación no son apropiadas y se unen las copas de los árboles o cuando hay decadencia, envejecimiento de las plantaciones y dificultades en la aplicación de tecnologías.

La poda de restauración es la más drástica de todas y consiste en eliminar por completo toda la copa de los árboles para dejar solo el tronco (figura 35). El corte se realiza con motosierra a una altura de 0,90 a 1,10 m con respecto a la superficie del suelo y debe ser inclinado, con el fin de facilitar el escurrimiento de las aguas lluvias (Vázquez et al., 2010). Es necesario aplicar un cicatrizante en las superficies del árbol que queden expuestas después de la poda.



Fotos: Lumey Pérez Artilles

Figura 35. Planta con poda de restauración, con un corte de 0,90 a 1,10 m de alto y brotación posterior.

El objetivo de esta poda es principalmente el rejuvenecimiento de plantas viejas y de gran altura, y con ella se modifica el tamaño de los árboles para facilitar la cosecha. Se forma una nueva copa con una adecuada circulación del aire y penetración de luz y se le da una buena estructura a las ramas para que resistan el peso de los frutos.

Vázquez et al. (2010) recomiendan podar todo el huerto para tener un rejuvenecimiento uniforme de toda la plantación y para que a los tres años se tengan copas bien formadas que entren en producción.

Cuando las nuevas ramas de los árboles podados alcancen una altura de 1,7 m, se realiza una poda de formación, para controlar el crecimiento y conformar la estructura de la copa.

Si la poda de restauración se lleva a cabo en los meses de noviembre y diciembre (periodo seco), las plantas pueden comenzar a producir un año y medio después, siempre que se aplique el manejo agronómico establecido para el cultivo, con énfasis en el riego y la nutrición.

Para garantizar la sostenibilidad de la finca, en los tres primeros años posteriores a la poda de rejuvenecimiento, se pueden establecer cultivos intercalados de ciclo corto de productos como papaya, frijol, maíz, yuca, entre otros.

Poda de producción

Consiste en eliminar ramas improductivas y frutos que impidan lograr una cosecha abundante y de calidad. Este tipo de poda puede ser de aclareo, de panícula floral, de *topping* o altura y lateral.

- *De aclareo*: Consiste en abrir una ventana en el centro de la copa, eliminando las ramas que tengan un crecimiento vertical con un ángulo de inserción menor de 45°.
- *De panícula floral*: Se elimina la panícula floral con el fin de concentrar la producción en un solo ciclo.
- *Poda de topping o altura*: Se elimina la parte superior de la copa (*topping*), para controlar la altura del árbol, facilitar la cosecha y unificar el tamaño de la plantación.

- *Poda lateral*: Se cortan los extremos de las ramas laterales para evitar la unión de las copas. Es fundamental en plantaciones con altas densidades, donde se deben realizar anualmente cortes de 30 a 40 cm en las ramas laterales para mantener el ancho deseado de la copa.

Manejo de arvenses

En toda etapa de la plantación es fundamental el manejo de las arvenses (malas hierbas o malezas) para evitar la competencia con el cultivo principal (figura 36). La línea debe permanecer limpia de malas hierbas y se recomienda que las calles permanezcan con una cubierta vegetal.



Fotos: Lumey Pérez Artiles

Figura 36. Plantación de mango con deficiente manejo de arvenses.

El control de malezas se puede realizar mediante la aplicación de herbicidas, principalmente con una o dos aplicaciones de glifosato, en dosis de 1 a 1,5 L/100 L de agua, complementadas con 2 o 3 kg de sulfato de amonio o urea. Se recomienda utilizar un adherente comercial para potenciar el efecto del herbicida. En plantaciones adultas, el sombreado disminuye la presencia de malezas, por lo que solo es necesario mantener las calles mediante control mecánico o manual.

El uso de coberturas, principalmente de leguminosas nativas, favorece el control de las malezas, protege el suelo y favorece a la fauna del suelo.

Riego y drenaje

El requerimiento de agua en las diferentes etapas del sistema de producción de mango es uno de los temas técnicos menos investigados en el mundo. Sin embargo, dada la creciente demanda de mango de azúcar en los mercados nacionales y en vista de la perspectiva de un clima futuro con temperaturas más altas y menos precipitaciones, es necesario implementar estrategias de uso eficiente del agua.

Una disminución en la disponibilidad de agua en el cultivo genera estrés hídrico, el cual dificulta a la planta absorber o extraer el agua y los nutrientes necesarios para sus funciones fisiológicas. Una mayor demanda de agua para el llenado y producción de la fruta ocasiona múltiples deficiencias nutricionales.

La poca disponibilidad de agua favorece la incidencia de insectos plaga como la escama protegida, la escama blanda, la cochinilla acanalada del mango y los trips, todos los cuales viven en colonias y atacan troncos, ramas, hojas y frutos. Cuando su ataque es severo, estas plagas llegan a causar secamiento del árbol o síntomas de clorosis en las hojas y caída de las mismas. También pueden causar daños cosméticos directos cuando infestan los frutos o cuando el hongo de la fumagina se desarrolla sobre la miel de rocío que excretan, con lo cual afectan la calidad de la fruta y, por consiguiente, el abastecimiento y el valor comercial de la producción (García Lozano et al., 2017).

El riego suplementario es muy importante para obtener una producción de mango suficiente y de calidad y es necesario para suplir las demandas de agua en la época seca o de menos lluvias o en aquellas zonas donde la evapotranspiración es mayor a la precipitación. Este riego se aplica de acuerdo con la edad de los

árboles. Se ha establecido que un árbol pequeño, en etapa juvenil, requiere un suministro por riego suplementario de 5 a 10 L de agua cada cinco días, y en etapa productiva, de 90 L por semana. El riego suplementario contribuye a estimular el crecimiento vegetativo de los árboles, aumentar el cuaje y llenado de los frutos, reducir la caída de flores y frutos, aumentar la producción por área y mejorar la calidad de los frutos (García Lozano et al., 2017).

El inicio del estado fenológico de los brotes es estimulado por la poda, defoliación e irrigación en condiciones secas, o por la transición de la estación seca a la lluviosa en los trópicos. En ausencia de temperaturas bajas, como suele suceder en los trópicos, los árboles de mango pueden florecer en respuesta al riego o la lluvia después de periodos de estrés hídrico de seis a doce semanas o más. Se presume que el estrés hídrico en las plantas proporciona el estímulo para la floración (Schaffer et al., 2009).

De cuatro a seis semanas después de iniciada la fructificación, el riego aumenta el tamaño y el rendimiento del fruto individual. Este es un periodo crítico para el fruto, ya que es entonces cuando la división celular es más rápida y las paredes celulares se desarrollan. Una ligera reducción en el estado del agua de la planta durante este periodo puede ocasionar efectos adversos sobre el crecimiento y la retención del fruto. De igual forma, Schaffer et al. (2009) señalan que, aunque la tolerancia a la sequía del árbol de mango es bien conocida, esta tiene un costo considerable para el rendimiento, particularmente en áreas con estaciones secas que se extienden a las etapas de floración y fructificación. El riego es, por tanto, una de las herramientas más poderosas para evitar la disminución en el rendimiento.

Punto óptimo del riego

Existen tres métodos para determinar el punto óptimo del riego, con el objetivo de que no haya disminución en el rendimiento: estado hídrico del suelo, estado hídrico de la planta y balance hídrico suelo-planta-atmósfera.

Estado hídrico del suelo

Se puede determinar por resistencia eléctrica (bloques de yeso o de nailon enterrados en el suelo), radioactividad (sonda de neutrones) o potencial hídrico (tensiómetro) (figura 37). Este último método es el más utilizado y extendido por lo económico y por la facilidad para interpretar el instrumento (tabla 18).

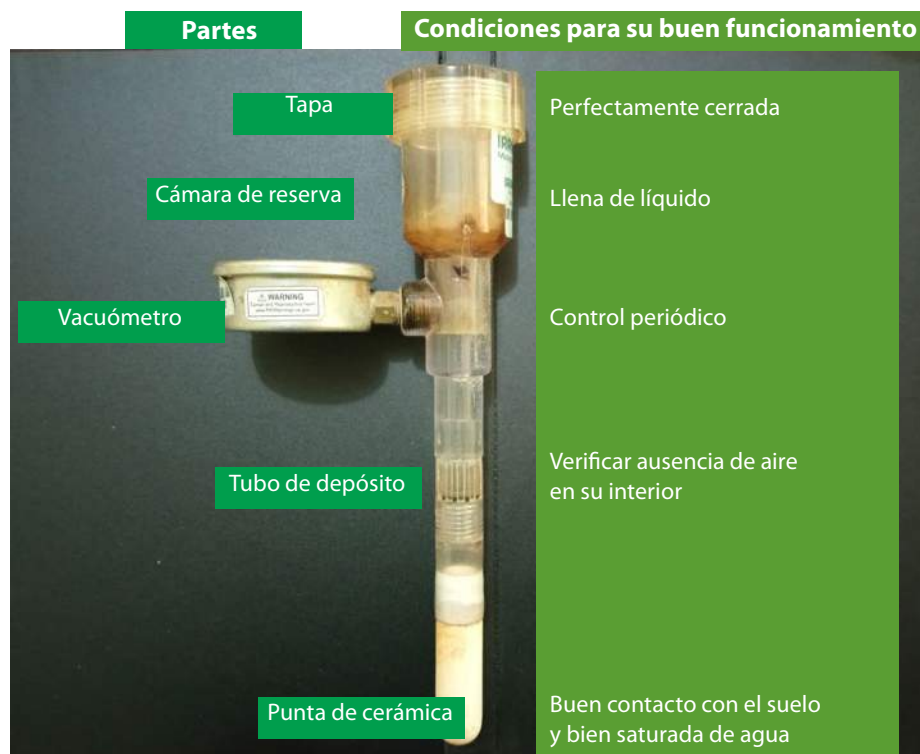


Foto: Rommel Igor León Pacheco

El sistema tiene que estar lleno de agua. La mínima presencia de burbujas de aire altera su funcionamiento.

Figura 37. Partes del tensiómetro y condiciones para su buen funcionamiento.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18. Tensión (centibares) del suelo como indicativo para iniciar el riego

Tensión (centibares)	Características de humedad del suelo
0-10	Suelo saturado.
10-30	Suelo con suficiente humedad, excepto los suelos de arena gruesa que empiezan a secarse.
30-60	Margen normal para iniciar el riego, excepto en los suelos muy arcillosos.
60-80	Margen normal para iniciar el riego en suelos muy arcillosos.
>80	El suelo está peligrosamente seco.

Fuente: García y Sandoval (2011)

La profundidad efectiva del cultivo de mango se encuentra entre 60 y 120 cm. Para programar el riego con este método, se instala un tensiómetro por cada lote a una profundidad de 20 a 40 cm, ya que es en ese segmento donde se encuentran las raíces más efectivas. La actividad de riego se programa para que inicie cuando los valores registrados por el tensiómetro estén en rangos cercanos al contenido de humedad del punto de marchitez permanente (PMP) (contenido de humedad de un suelo sometido a una succión de 15 atm, en la que la planta ya no puede extraer más agua) y para que finalice una vez el tensiómetro de mayor profundidad registre una lectura correspondiente al contenido de humedad de la capacidad de campo (CC) (tabla 18). Sin embargo, el cultivo de mango suele presentar tensiones críticas, de 15 a 60 centibares, y debe mantenerse por debajo de esos márgenes (Coelho et al., 2000; Marouelli, 2008).

Estado hídrico de la planta

Los siguientes son los métodos más usados para determinar el punto óptimo de riego mediante el estado hídrico de la planta:

- *Tensión del agua en la hoja:* Se pasa una muestra de tejido foliar por nitrógeno dentro de la cámara de una bomba de Scholander (instrumento empleado para medir la tensión del agua en las hojas) (figura 38) (Marouelli et al., 2011). La lectura se realiza cuando aparece la savia debido a la presión generada por el gas. Este método se usa con fines de investigación y su muestreo es destructivo. Para el caso del mango, el potencial (indicador del estado hídrico de la planta) debe oscilar entre $-1,2$ y $-1,8$ MPa (Coelho et al., 2000).
- *Temperatura:* Esta medición se basa en el principio de que la temperatura en el exterior de la hoja tiende a ser menor que la del aire circundante a medida que se incrementa la evapotranspiración. Se lleva a cabo por medio de equipos que registran variables de temperatura en la hoja y en el ambiente.



Foto: Rommel Igor León Pacheco

Figura 38. Bomba de Scholander, empleada para la medición de la tensión de agua en las hojas.

Balance hídrico suelo-planta-atmósfera

Para esta medición, se deben sumar las entradas de agua (precipitaciones efectivas [Pe], ascensión capilar [Ge] y escorrentía superficial de salida [EsS]) y restar las salidas (evapotranspiración [ET], percolación profunda [Pp] y escorrentía superficial de entrada [EsE]) (Marouelli et al., 2011).

Lo que se debe hacer durante el riego es mantener la variación de reserva de agua en el suelo (Δw) igual a cero, en un nivel que no produzca marchitez en la planta (agua útil) o que no se produzca reducción en el rendimiento (nivel de agotamiento permisible, que para el mango es de 40 %), es decir, el nivel de humedad en el suelo se debe mantener entre la capacidad de campo (CC) y el punto de marchitez permanente (PMP).

Estimación de las necesidades hídricas en los cultivos

El requerimiento hídrico de las plantas es el volumen de agua que necesitan para cubrir la demanda de la evapotranspiración a lo largo de toda la fenología del cultivo, sin que se limite su rendimiento o crecimiento.

La evapotranspiración tiene dos componentes: la evaporación (agua que se evapora y pasa del suelo a la atmósfera) y la transpiración (agua que se evapora y pasa de la planta a la atmósfera). La evapotranspiración se puede calcular por varios métodos: los directos, a través de lisímetros (recipientes grandes llenos de suelo ubicados en la parcela cultivada en condiciones naturales), y los indirectos, como los micrometeorológicos (combinación entre el balance de energía y el transporte aerodinámico del agua), el balance hídrico del suelo (balance hídrico entre suelo, aire y planta) y el fisiológico (a través de la medición de las pérdidas de agua en las plantas) (Allen et al., 2006).

Los coeficientes de evapotranspiración del cultivo (K_c) (variaciones de la cantidad de agua que extraen las plantas a lo largo de la fenología del cultivo) son determinados experimentalmente para cada cultivo durante sus diferentes periodos de desarrollo. Estos periodos se refieren a las siguientes cuatro etapas del ciclo de cultivo (Marouelli et al., 2011):

1. *Estadio inicial (I)*: Se extiende desde la siembra o trasplante hasta el establecimiento inicial de las plantas (hasta que el cultivo cubra por lo menos 10 % del suelo).
2. *Estadio vegetativo (II)*: Abarca desde el final del estadio I hasta que el cultivo tiene entre 70 % y 80 % del máximo desarrollo de la cobertura vegetativa (hasta plena floración).
3. *Estadio de producción o reproducción (III)*: Se prolonga desde el final del estadio II hasta el inicio de la maduración o precosecha.
4. *Estadio de maduración o precosecha (IV)*: Se extiende desde el final del estadio III hasta la cosecha.

Finalmente, la evapotranspiración del cultivo (ET_c) es la cantidad de agua evapotranspirada de la planta y se calcula multiplicando la evapotranspiración de referencia por el coeficiente del cultivo para cada fase fenológica.

Cálculo de las necesidades hídricas en el cultivo de mango

En la región de la costa Caribe, el cultivo de mango se adapta a condiciones de estrés hídrico, pero aun así requiere volúmenes importantes de agua para evitar el aborto de flores. Es necesario, por tanto, realizar los cálculos de las necesidades hídricas del cultivo.

Cálculo de las necesidades hídricas con base en el suelo

Marouelli y Silva (2011) y Marouelli et al. (2011) señalan que, para cuantificar las necesidades de agua, se requieren parámetros como la capacidad de campo (CC), el punto de marchitez permanente del suelo (PMP) (estos dos parámetros se determinan con las curvas de retención de humedad del suelo), las unidades de riego y la textura del suelo.

La lámina de agua disponible para las plantas que puede ser almacenada en el suelo es aquella que se encuentra entre la CC y el PMP. La lámina total de agua disponible corresponde al agua explorada por el sistema radicular del cultivo y depende de la profundidad efectiva, la cual se calcula con la ecuación 1.

$$LTD = (\theta_{cc} - \theta_{pmp}) \times Z_r \times D_a \times f_{am} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde *LTD* es la lámina total de agua disponible en el suelo para las plantas (mm), θ_{cc} es la unidad del suelo correspondiente a la CC (cm^3/cm^3), θ_{pmp} es la unidad del suelo que se encuentra entre el PMP y la CC (cm^3/cm^3) (tabla 19), Z_r corresponde a la profundidad efectiva del sistema radical del cultivo (mm), D_a es la densidad aparente (g/cm^3) y f_{am} es la fracción del área mojada del suelo (decimal).

Para el sistema de riego por aspersión o por surcos, la fracción de área mojada es 1. En el cultivo de mango, se recomienda un regado por goteo de 0,30 a 0,40 para suelos arcillosos y de 0,4 a 0,50 para suelos arenosos (Marouelli et al., 2011), con una profundidad efectiva (Z_r) de 60 a 120 cm para un cultivo con máxima cobertura vegetal.

Tabla 19. Capacidad de retención de humedad según la textura del suelo

Suelo (textura)	Capacidad de campo	Punto de marchitez	Humedad disponible
Arenoso	9%	2%	7%
Arenoso-franco	14%	4%	10%
Franco-arenoso-limoso	23%	9%	14%
Franco-arenoso + materia orgánica	29%	10%	19%
Franco	34%	12%	22%
Franco-arcilloso	30%	16%	14%
Arcilloso	38%	34%	14%
Arcilloso con buena estructura	50%	30%	20%

Fuente: García y Sandoval (2011)

Cálculo de las necesidades hídricas con base en la atmósfera y la planta

Las necesidades netas de riego (NRN) se calculan como se muestra en la ecuación 2.

$$NRN = (ET_c + F \times R) - (P_e \times G_e \times N) + (\Delta w) \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde ET_c es la evapotranspiración del cultivo (mm); P_e corresponde a la precipitación efectiva (mm), la cual se calcula con el método FAO/AGLW ($P_e = 0,6 \times p - 10$ cuando P es menor a 60 mm/mes, o $P_e = 0,8 \times p - 25$ cuando P es mayor a 60 mm/mes [P = precipitación]); F son las pérdidas por percolación (mm); G_e equivale a los aportes capilares (mm) (en la práctica no se consideran importantes); R es la escorrentía de salida (mm), N corresponde a la escorrentía de entrada (mm), y Δw equivale a la variación de la reserva de agua (mm).

Finalmente, en la práctica es crucial determinar las necesidades de agua de las plantas según su edad, clima, suelo, sistema de riego que se va a usar y lugar de establecimiento de la plantación. Esto se realiza por medio de los siguientes pasos:

Paso 1: El primer paso para estimar las necesidades de riego implica conocer la evapotranspiración de referencia (ET_o). Esta se puede calcular mediante cinco métodos: Penman, de radiación, Blaney-Criddle, el del tanque evaporímetro clase A y el más extendido, el Penman-Monteith. La figura 39 representa la

evapotranspiración de referencia para el departamento del Magdalena calculada por este último método. La máxima evapotranspiración se registra en gran parte de la zona de aptitud para el cultivo de mango de azúcar, con valores entre 1.500 y 1.600 mm/año. Se debe tener en cuenta que la zona de aptitud está compuesta por sectores con precipitaciones de 500 a 1.000 mm/año, que incluye un sector con lluvias de 1.000 a 1.500 mm/año y que en épocas secas el cultivo queda expuesto a condiciones de deficiencia hídrica.

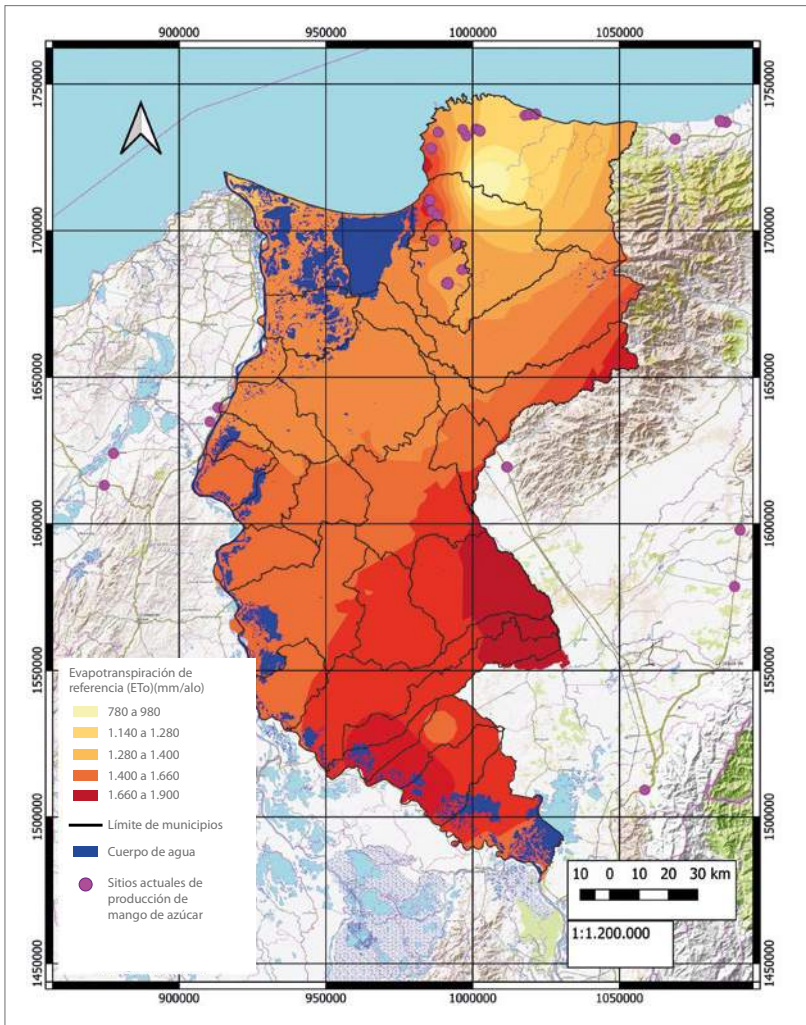


Figura 39. Evapotranspiración de referencia (ETo) (mm/año) en el departamento del Magdalena.
Fuente: Adaptación de Corpoca (2016)

La estimación del ET_o por medio de la ecuación Penman-Monteith también se puede hacer con base en datos históricos o con los datos de alguna estación climatológica cercana¹.

Paso 2: Corresponde al cálculo de la evapotranspiración del cultivo (ET_c). Para ello se debe tener en cuenta la evolución de la curva del coeficiente del cultivo (K_c) a lo largo del ciclo fenológico, la cual se muestra en la tabla 20.

Tabla 20. Coeficiente de consumo de agua (K_c) según la edad del cultivo de mango

Edad del cultivo	K_c
Primer año	0,4
Segundo año	0,5
Tercer año	0,6
>Cuarto año	0,8

Fuente: García Lozano et al. (2013)

La ET_c o el uso consuntivo (U_c) de los cultivos se calcula de la siguiente manera (ecuación 3):

$$ET_c = ET_o \times K_c$$

Ecuación 3

Donde ET_o es la evapotranspiración de referencia, calculada con la ecuación Penman-Monteith, y K_c equivale al coeficiente del cultivo (tabla 20).

Con base en las variables ET_o y K_c es que se hace el cálculo de la cantidad de agua que requieren las plantas. Sin embargo, en Colombia es casi nula la investigación sobre el mango de azúcar, y por tanto no se tienen coeficientes específicos para cada tipo de suelo y cada variedad de mango. De lo único que se dispone es de unos valores de referencia para el coeficiente del cultivo de mango, que son los que

1 En este caso, la ecuación Penman-Monteith se puede emplear con ayudas como la disponible en: <https://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwin57TMmMPfAhUswVkKHQZbBNQQFjAAegQIBxAC&url=https%3A%2F%2Fwww.hydrology.uni-kiel.de%2Fdownload%2Fprojekte%2Fsimpel%2Ffao-pmon.xls&usg=AOvVaw2iSpwBbqzpDAbIV6agMFVi>

se muestran en la tabla 20. Cabe destacar, además, que los cálculos anteriormente descritos relacionados con la evapotranspiración del cultivo son teóricos y que se necesitan otras mediciones para precisar la demanda hídrica del cultivo según la cantidad de humedad del suelo.

Paso 3: Corresponde al cálculo del requerimiento hídrico del cultivo. Para realizar una óptima aplicación de las láminas de agua en los cultivos, es necesario conocer la demanda evaporativa de las plantas, así como la humedad del suelo. Con esto se puede programar la frecuencia de la aplicación para mantener altos rendimientos y una buena calidad del fruto.

El cálculo del requerimiento hídrico en el cultivo de mango se puede realizar a partir de un ejemplo práctico, basado en datos climatológicos de la vereda de Sacramento, municipio de Zona Bananera, para el mes de enero. Los datos climatológicos son los siguientes:

- $E_{To} = 102,91$ mm/mes
- Precipitación = 2,6 mm/mes
- K_c para el año 1 = 0,4 (tabla 20)
- Distancia de siembra: 10×10 m

Para calcular el requerimiento hídrico en el cultivo, se siguen los pasos que se presentan a continuación:

1. *Determinar el número de plantas por hectárea (ecuación 4):*

$$\text{Plantas por hectárea} = \frac{10.000 \text{ m}^2}{\text{Distancia entre plantas (m)} \times \text{distancia entre surcos (m)}} = \frac{10.000}{100} = 100 \text{ plantas}$$

Ecuación 4

2. *Determinar la evapotranspiración del cultivo (ecuación 5):*

$$E_{Tc} = E_{To} \times K_c = 102,91 \frac{\text{mm}}{\text{día}} \times 0,4 = 41,16 \text{ mm/mes}$$

Ecuación 5

3. Determinar el requerimiento hídrico (L/plantas/mes) (ecuación 6):

Requerimientos hídricos =

$$\frac{(ETc \text{ (mm)}) \times 10.000 \frac{\text{L}}{\text{ha/mm}}}{\text{N.º plantas/ha}} = \frac{41,16 \text{ mm} \times 10.000 \frac{\text{L}}{\text{ha/mm}}}{100 \text{ plantas/ha}} = 4.116 \text{ L/planta}$$

Ecuación 6

Entonces, la primera fase fenológica (estadio I) requiere 4.116 L/planta para el mes de enero del año uno o 132,78 L/planta/día. Para las siguientes fases fenológicas se realiza el mismo procedimiento, pero teniendo en cuenta el Kc del año correspondiente (tabla 20).

Hay que tener en cuenta que el cálculo del requerimiento de riego se hace para cada fase y que existen aportes de agua que son producto de la lluvia. Es necesario, por tanto, medir la precipitación y realizar un balance hídrico entre lo que llovió y lo que requiere la planta durante toda la fase, para determinar si es necesario regar o no (ecuaciones 6 y 7)

$$\text{Requerimientos hídricos} = \sum \frac{(ETc \text{ (mm)} - \text{Precipitación (mm)}) \times 10.000 \frac{\text{L}}{\text{ha/mm}}}{\text{N.º plantas/ha}} \quad \text{Ecuación 7}$$

La figura 40 muestra que, para la siembra del cultivo de mango en el municipio de Zona Bananera, el agua para las fases fenológicas del año uno se suplió casi en su totalidad gracias a las precipitaciones. Sin embargo, se requirieron volúmenes importantes de agua para los años de plena producción (anexo 1).

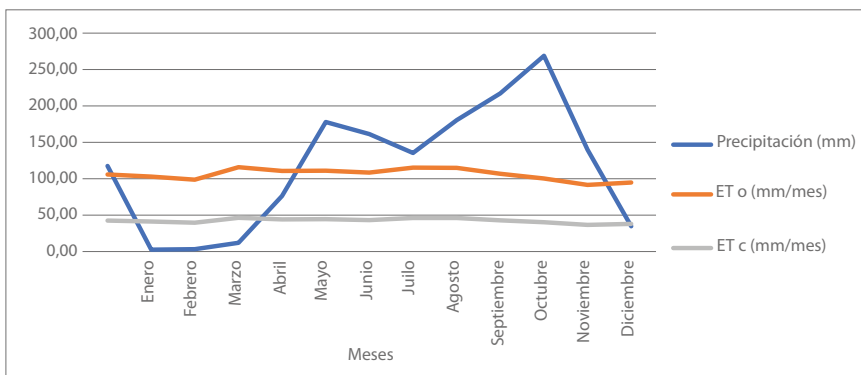


Figura 40. Evapotranspiración del cultivo y precipitación durante la fenología del cultivo de mango en el primer año, Zona Bananera, departamento del Magdalena.

Fuente: Elaboración propia

Es por ello que la forma práctica de obtener el requerimiento hídrico es calcularlo con base en el balance hídrico entre el agua cubierta por la precipitación y la demanda evapotranspirativa de la planta (ecuación 7). Por tanto, la fórmula de requerimientos hídricos para enero del año uno en Zona Bananera quedaría tal como se plantea en la ecuación 8

$$\frac{(41,16 \text{ (mm)} - 2,6 \text{ (mm)}) \times 10.000 \frac{\text{L}}{\text{ha/mm}}}{100 \text{ plantas/ha}} = \frac{3.856 \text{ L}}{\text{planta}} \quad \text{Ecuación 8}$$

El anexo 1 también muestra la evapotranspiración del cultivo en cinco municipios del Magdalena, con el promedio para cada mes del periodo 1980-2010. En época lluviosa los requerimientos hídricos mensuales tuvieron valores negativos, motivados por una precipitación superior a la demanda evapotranspirativa del cultivo, lo que indica que en la región se puede sembrar el cultivo con pocos riesgos de sufrir condiciones de sequía. Sin embargo, hay que destacar que el cultivo de mango en la zona tropical requiere un estrés por sequía dos meses antes de la floración, para poder iniciar esta fase fenológica. Esta necesidad de un estrés hídrico para la inducción floral es la razón por la que algunos productores acostumbran no regar durante un periodo previo al inicio de la floración. Se aconseja retomar el riego cuando la plantación tenga de 30 a 50 % de floración.

Cálculo del requerimiento hídrico con base en el sistema de riego

Según Marouelli y Silva (2011), existen diferentes sistemas de riego que pueden ser utilizados en la producción de mango (figura 41), cada uno con sus características propias y con sus ventajas y desventajas. Los sistemas pueden ser superficiales, subsuperficiales, de aspersión y localizados.



Foto: Rommel Igor León Pacheco

Figura 41. Sistema de riego por goteo en el cultivo de mango de azúcar.

Riego superficial: Comprende los riegos por surco, por franja y por inundación, y tiene una eficiencia de aplicación de 40 a 70 %. El agua del riego se distribuye directamente sobre la superficie del suelo. Estos sistemas requieren menor energía e inversión inicial.

Riego de aspersión: Método en el que el agua se aplica en forma de lluvia. Comprende los riegos semiportátil, portátil y el de pivote central. Comparado con el superficial, requiere menos mano de obra y también es menor la distribución de agua que permite sobre el suelo. Puede ser usado en cualquier tipo de suelo y topografía, y tiene una eficiencia de 60 a 90 %. Permite la automatización y la aplicación de fertilizantes y agrotóxicos por medio del agua del riego.

Riego localizado: Comprende aquellos sistemas en los que el agua se aplica próxima a la planta. Este régimen es de alta frecuencia y bajo volumen. Sus principales sistemas de riego son los de goteo y los de microaspersión. Su eficiencia de aplicación es de 80 a 95 %.

En el cálculo de requerimientos hídricos conviene tener en cuenta la eficiencia de aplicación del sistema de riego, tal como se indica en la ecuación 9.

$$\text{Requerimientos hídricos} = \frac{(\text{ETc}(\text{mm}) - \text{Precipitación}(\text{mm})) \times 10.000 \frac{\text{L}}{\text{ha/mm}}}{(\text{N.º plantas por hectárea} \times \text{eficiencia de aplicación})} \quad \text{Ecuación 9}$$

Si en el ejemplo de la sección anterior (con los datos climatológicos de Zona Bananera) se empleara un sistema de riego por goteo con una eficiencia de 95 %, el cálculo quedaría como se muestra en la ecuación 10.

$$\text{Requerimientos hídricos para la fase 1} = \frac{(41,16(\text{mm}) - 2,6(\text{mm})) \times 10.000 \frac{\text{L}}{\text{ha/mm}}}{100 \frac{\text{plantas}}{\text{ha}} \times 0,95} = \frac{4.058,94 \text{ L}}{\text{planta}} \quad \text{Ecuación 10}$$

Cálculo del requerimiento hídrico del cultivo en suelos salinos

Las láminas de riego calculadas deben incluir un volumen adicional para el lavado de sales y para compensar la eficiencia del sistema de riego. Esta fracción adicional se calcula mediante la ecuación 11.

$$\text{LR} = \frac{\text{CEi}}{2\text{CEe}} \quad \text{Ecuación 11}$$

Donde CE_i es la conductividad eléctrica del agua de riego, CE_e es la conductividad eléctrica objetiva u óptima para el cultivo en el extracto saturado, y LR es la fracción porcentual del volumen de riego (8-10 %).

Finalmente, esta fracción porcentual (LR) se emplea para calcular las necesidades de riego mediante la ecuación 12

$$\text{Necesidades de riego} = \frac{\text{Requerimiento hídrico} \times (1 + LR)}{\text{Eficiencia de aplicación}} \quad \text{Ecuación 12}$$

El cultivo de mango en la región de la costa Caribe colombiana, a pesar de tolerar estrés hídrico por exceso o déficit, tiene en el riego un factor de suma importancia para incrementar la productividad y lograr una fruta de calidad que, además, alcance ventanas de producción en épocas de escasez de material de cosecha.

