

Modelo productivo

de mango de azúcar
(*Mangifera indica* L.) para el
departamento del Magdalena



AGROSAVIA
EDITORIAL

 **siewmbra**

Colección Transformación del Agro

Modelo productivo

de mango de azúcar (*Mangifera indica* L.) para el departamento del Magdalena

Ángela María Arcila Cardona
Gloria Patricia Castillo Urquiza
Lumey Pérez Artilles
Carlos Alberto Abaunza González
Marlon José Yacomelo Hernández
Rommel Igor León Pacheco

Mosquera, Colombia, 2022

AGROSAVIA
EDITORIAL

Colección Transformación del Agro

Modelo productivo de mango de azúcar (*Mangifera indica* L.) para el departamento del Magdalena. /
Ángela María Arcila cardona [y otros cinco] -- Mosquera, (Colombia) : AGROSAVIA, 2022.

216 páginas (Colección Transformación del Agro)

Incluye referencias bibliográficas, tablas y fotos

ISBN e-Book: 978-958-740-517-0

1. *Mangifera indica* 2. Taxonomía 3. Recursos genéticos vegetales 4. Manejo del suelo 5. Métodos de cultivo 6. Plagas de plantas 7. Enfermedades de las plantas 8. Magdalena (Colombia).

Palabras clave normalizadas según Tesauro Multilingüe de Agricultura -Agrovoc

Catalogación en la publicación – Biblioteca Agropecuaria de Colombia

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria -

AGROSAVIA

Sede Central. Kilómetro 14, vía Mosquera-Bogotá, Mosquera.
Código postal 250047, Colombia.

Centro de Investigación Caribía, corregimiento de Sevilla,
municipio de Zona Bananera, departamento del Magdalena,
a 65 km de la capital, Santa Marta. Código postal 478037,
Colombia.

Centro de Investigación Nataima. Kilómetro 9, vía Espinal-
Chicoral, Tolima. Código postal 733520, Colombia.

Esta publicación es el resultado los siguientes proyectos:
“Integración de estrategias biológicas y culturales para el
manejo de mosca de la fruta en mango”, “Estrategias de
prevención y manejo de plagas y enfermedades emergentes
de mango”, “Materiales genéticos sobresalientes de mango
de azúcar e hilaza y recomendaciones técnicas y prácticas
de manejo para propagación del material”, “Evaluación de
métodos y herramientas de prevención de antracnosis en
campo y poscosecha (primera aproximación)”, “Estrategias
de manejo del riego y la nutrición para la producción
sostenible de mango en zonas productoras de Colombia”,
“Manejo de plagas de importancia para el mango en
Colombia” y “Desarrollo de estrategias para el manejo
integrado de enfermedades limitantes para la producción
de mango en Colombia”.

Fecha de recepción: 6 de febrero de 2020

Fecha de evaluación: 19 de febrero de 2020

Fecha de aceptación: 1 de julio de 2020

Colección Transformación del Agro

Publicado en Mosquera, Colombia, abril de 2022

DOI:

<https://doi.org/10.21930/agrosavia.model.7405170>

Preparación editorial

Editorial AGROSAVIA

editorial@agrosavia.co

Edición: Liliana Gaona García

Corrección de estilo: Andrés Castillo Brievea

Diagramación: María Paula Berón Ramírez

Línea de atención al cliente: 018000121515

atencionalcliente@agrosavia.co

www.agrosavia.co

Citación sugerida: Arcila Cardona, A. M., Castillo Urquiza,
G. P., Pérez Artilles, L., Abaunza González, C. A., Yacomelo
Hernández, M. J., & León Pacheco, R. I. (2022). *Modelo
productivo de mango de azúcar* (*Mangifera indica* L.) *para
el departamento del Magdalena*. Corporación Colombiana
de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA. [https://doi.org/
10.21930/agrosavia.model.7405170](https://doi.org/10.21930/agrosavia.model.7405170)

Cláusula de responsabilidad: AGROSAVIA no es responsable
de las opiniones e información recogidas en el presente
texto. Los autores asumen de manera exclusiva y plena
toda responsabilidad sobre su contenido, ya sea este
propio o de terceros, y declaran, en este último supuesto,
que cuentan con la debida autorización de terceros para
su publicación. Igualmente, declaran que no existe
conflicto de interés alguno en relación con los resultados
de la investigación propiedad de tales terceros. En
consecuencia, los autores serán responsables civil,
administrativa o penalmente, frente a cualquier reclamo
o demanda por parte de terceros relativa a los derechos
de autor u otros derechos que se hubieran vulnerado
como resultado de su contribución.



https://co.creativecommons.org/?page_id=13

Contenido

Los autores	19
Agradecimientos	23
Introducción	25
Capítulo I	
Área geográfica y entorno ambiental	29
Oferta edafoclimática para el cultivo de mango de azúcar en el departamento del Magdalena	34
Suelos	35
Grupos climáticos	38
Temperatura	39
Precipitación	40
Brillo solar	43
Vientos	44
Humedad relativa	45
Capítulo II	
Descripción botánica, taxonomía y clasificación	49
Botánica de la planta	49
Sistema radicular	50
Tronco	50

Hojas	50
Flores e inflorescencias	51
Frutos y semillas	52
Taxonomía y clasificación de la planta	55
Etapas de crecimiento de un cultivo de mango	56

Capítulo III

Recurso genético y propagación	59
Recursos genéticos	59
Propagación	64
Viveros	66
Propagación por semilla	66
Propagación asexual o vegetativa	71

Capítulo IV

Requerimientos edafoclimáticos para el desarrollo del cultivo	75
Suelos	75
Temperatura	78
Brillo solar	80
Precipitación	80
Humedad relativa	82
Vientos	82

Capítulo V

Manejo del recurso suelo	87
Manejo del suelo en cultivos de mango	87
Preparación del suelo para el establecimiento del cultivo	87
Fertilidad de los suelos	90

Capítulo VI

Sistemas de siembra	103
Ahoyado y trasplante	103
Distancia de siembra	104
Sistemas de siembra	105

Capítulo VII

Prácticas culturales	109
Podas	109
Manejo de arvenses	117
Riego y drenaje	118

Capítulo VIII

Principales plagas y enfermedades del mango de azúcar en el Magdalena: pautas para su identificación, monitoreo y manejo	135
Técnicas para el monitoreo de enfermedades y plagas en cultivos de mango	135
Enfermedades	141
Insectos	151

Capítulo IX

Cosecha	183
Maduración del fruto	183

Capítulo X

Poscosecha	189
Referencias	195
Anexo	211
Requerimientos de riego promedio (periodo 1980-2010) para las diferentes etapas fenológicas del cultivo de mango en cinco municipios del departamento del Magdalena	211





Lista de figuras

Figura 1	Áreas actuales de producción de mango azúcar en el departamento del Magdalena	30
Figura 2	Paisajes característicos del departamento del Magdalena y sitios de producción de mango de azúcar	36
Figura 3	Perfil típico de suelo con producción de mango de azúcar, municipio de Zona Bananera, departamento del Magdalena	38
Figura 4	Temperatura media anual en el departamento del Magdalena	39
Figura 5	Precipitación media anual en el departamento del Magdalena	40
Figura 6	Variación porcentual de la precipitación media anual que se presentaría en el departamento del Magdalena durante el periodo 2011-2040	42
Figura 7	Promedio multianual (horas) de brillo solar para el departamento del Magdalena	44
Figura 8	Dinámica de vientos en la zona productora de mango de azúcar, departamento del Magdalena. Los vientos alisios del norte depositan su humedad en el flanco noreste de la Sierra Nevada de Santa Marta (barlovento), creando el efecto de sombra orográfica en el flanco opuesto (sotavento), que es, en consecuencia, más cálido y seco	45
Figura 9	Humedad relativa media multianual (%) para el departamento del Magdalena	46
Figura 10	Hojas de mango de azúcar	49
Figura 11	Inflorescencia del mango variedad azúcar	52
Figura 12	Frutos maduros de mango de azúcar	53
Figura 13	Características morfoagronómicas del mango de azúcar	63
Figura 14	Métodos de propagación para el cultivo de mango	65

Figura 15	Eliminación de la testa para preparación de la semilla	67
Figura 16	Semillas en el germinador, las cuales se colocan con el lado convexo hacia arriba	68
Figura 17	Emergencia del epicótilo a partir de las semillas colocadas en el germinador	69
Figura 18	Plántulas de mango	70
Figura 19	Injerto tipo bisel en mango de azúcar	72
Figura 20	Suelos de mejor aptitud para el cultivo de mango de azúcar en el departamento del Magdalena	77
Figura 21	Mejores áreas con aptitud para el cultivo de mango de azúcar por temperaturas máximas en el departamento del Magdalena	79
Figura 22	Áreas con aptitud para el cultivo de mango de azúcar por precipitación media anual en el departamento del Magdalena	81
Figura 23	Zonas con potencial para el cultivo de mango de azúcar en el departamento del Magdalena por su oferta edafoclimática	83
Figura 24	Muestreo de suelo de acuerdo con las características del lote	91
Figura 25	Muestreo de suelo	93
Figura 26	Muestreo de suelo en cultivo de mango establecido	94
Figura 27	Toma de muestras foliares para análisis químico	95
Figura 28	Aplicación de fertilizante en el árbol de mango	100
Figura 29	Sistemas de siembra empleados en el cultivo de mango	105
Figura 30	Diferentes tipos de podas y sus funciones de acuerdo con la fase del cultivo	110
Figura 31	Eliminación del meristemo apical en vivero	111
Figura 32	Poda de formación con ramas primarias seleccionadas alternas y en diferentes niveles	112

Figura 33	Poda de formación del árbol de mango de azúcar	113
Figura 34	Poda de formación de un árbol de mango de azúcar de dos años	114
Figura 35	Planta con poda de restauración, con un corte de 0,90 a 1,10 m de alto y brotación posterior	115
Figura 36	Plantación de mango con deficiente manejo de arvenses	117
Figura 37	Partes del tensiómetro y condiciones para su buen funcionamiento	120
Figura 38	Bomba de Scholander, empleada para la medición de la tensión de agua en las hojas	122
Figura 39	Evapotranspiración de referencia (ET _o) (mm/año) en el departamento del Magdalena	126
Figura 40	Evapotranspiración del cultivo y precipitación durante la fenología del cultivo de mango en el primer año, Zona Bananera, departamento del Magdalena	129
Figura 41	Sistema de riego por goteo en el cultivo de mango de azúcar	131
Figura 42	Trampa McPhail para monitoreo de mosca de la fruta	139
Figura 43	Trampa Jackson para el monitoreo de la mosca del Mediterráneo (<i>Ceratitis capitata</i>)	140
Figura 44	Daños en los frutos ocasionados por mosca de la fruta	141
Figura 45	Síntomas de la infección de <i>Colletotrichum</i> sp., en frutos de mango de azúcar	143
Figura 46	Síntomas de muerte o secamiento descendente en ramas y árboles de mango de azúcar	146
Figura 47	Síntomas de pudrición peduncular en frutos ocasionada por <i>Lasiodiplodia</i> sp.	147
Figura 48	Malformación floral ocasionada por el hongo <i>Fusarium subglutinans</i>	148

Figura 49	Frutos con síntomas característicos de roña (<i>Elsinoe mangiferae</i>)	150
Figura 50	Insectos reportados con mayor frecuencia por los productores en los cultivos de mango de azúcar de Ciénaga, Santa Marta y Zona Bananera (Magdalena)	152
Figura 51	Incidencia de termitas y barrenadores (Scolytinae) en fincas productoras de mango en Ciénaga (C), Santa Marta (SM) y Zona Bananera (ZB) (Magdalena)	152
Figura 52	Cucarrones de ambrosía en tronco y ramas de árboles de mango de azúcar	154
Figura 53	Especies más frecuentes de Scolytinae halladas en mango de azúcar en el departamento del Magdalena (Ciénaga, Santa Marta, Zona Bananera)	155
Figura 54	Tipos de nidos de termitas en mango	156
Figura 55	Tipos de nidos de termitas encontrados en árboles de mango de azúcar en fincas productoras de Ciénaga (C), Santa Marta (SM) y Zona Bananera (ZB) (Magdalena)	157
Figura 56	Porcentaje de árboles de mango de azúcar con nidos o túneles de forrajeo de termitas activos en fincas muestreadas de Ciénaga (C), Santa Marta (SM) y Zona Bananera (ZB) (Magdalena)	158
Figura 57	<i>Microcerotermes arboreus</i> en cultivos de mango de azúcar	160
Figura 58	<i>Heterotermes tenuis</i> , insecto plaga del cultivo de mango	161
Figura 59	Importancia relativa de las especies de termitas capturadas en cultivos de mango en Ciénaga, Santa Marta y Zona Bananera (Magdalena)	162
Figura 60	Insectos escama asociados al follaje de árboles de mango en fincas de Ciénaga (C), Santa Marta (SM) y Zona Bananera (ZB) (Magdalena)	163

Figura 61	Escama blanca del mango (<i>Aulacaspis tubercularis</i>), insecto plaga del cultivo de mango. Los especímenes redondeados y más grandes son las hembras, los pequeños son los machos. Nótese la clorosis en la hoja alrededor de la colonia	164
Figura 62	Hormigas arrieras del género <i>Atta</i> en mango.	165
Figura 63	Daños ocasionados por trips	167
Figura 64	Incidencia promedio de plagas diferentes a la mosca de la fruta en frutos de mango, en fincas de Ciénaga (C), Santa Marta (SM) y Zona Bananera (ZB) (Magdalena).	168
Figura 65	Daños en frutos causados por insectos chupadores	169
Figura 66	Escamas en frutos de mango	170
Figura 67	Daños causados por mosca de la fruta en mango	171
Figura 68	Hembra adulta de <i>Anastrepha obliqua</i> , en la que se observa la coloración típica del tórax y las bandas de las alas	172
Figura 69	Embolsado y solarización de frutos de mango caídos	174
Figura 70	Recolección de frutos sobremaduros y de descarte	175
Figura 71	Adulto de la avispa parasitoide <i>Doryctobracon areolatus</i>	178
Figura 72	Pasos para la construcción de un aumentorio tipo Poubelle de 80 litros, según modelo publicado por Ecophytopic (2018)	179
Figura 73	Límites inferior y superior para el promedio de consistencia (kgf/cm ²) por color en mango de azúcar	184
Figura 74	Límite superior para el contenido de sólidos solubles totales por color en mango de azúcar	186
Figura 75	Antracnosis (<i>Colletotrichum</i> sp.) en mango de azúcar	191

Lista de tablas

Tabla 1	Subregiones naturales en el departamento del Magdalena con cultivares de mango de azúcar	31
Tabla 2	Predios productores de mango de azúcar certificados con BPA en el departamento del Magdalena	32
Tabla 3	Precios de mango de azúcar por kilogramos comparados con los de la variedad Tommy	33
Tabla 4	Área, producción y rendimiento del mango de azúcar en Colombia	34
Tabla 5	Entorno ambiental en una zona actual con producción de mango de azúcar en la vereda Cordobita, municipio de Ciénaga	35
Tabla 6	Propiedades químicas de un suelo con uso de mango de azúcar situado en el municipio de Ciénaga, departamento del Magdalena	37
Tabla 7	Variación en la precipitación media anual esperada en el departamento del Magdalena para el periodo 2011-2040 en relación con el periodo de referencia (1976-2005)	43
Tabla 8	Características fisicoquímicas del fruto de mango de la variedad azúcar	54
Tabla 9	Cultivares de mango más importantes y de mayor producción en el mundo	60
Tabla 10	Requerimientos ambientales para el cultivo de mango de azúcar	84
Tabla 11	Relación general entre densidad aparente del suelo y crecimiento radicular, con base en la textura del suelo	89
Tabla 12	Síntomas visuales de deficiencias nutricionales en la planta de mango	91

Tabla 13	Rangos para interpretar los resultados del análisis químico de suelos	96
Tabla 14	Extracción de nutrientes por fruto de mango de azúcar, para alcanzar una producción promedio de 25 t/ha	97
Tabla 15	Absorción total de nutrientes por el cultivar mango	98
Tabla 16	Recomendaciones de fertilización para el mango según edad de la planta y nivel de producción	99
Tabla 17	Distancias de siembra y densidades de árboles por hectárea utilizadas para el cultivo del mango de azúcar en el departamento del Magdalena	105
Tabla 18	Tensión (centibares) del suelo como indicativo para iniciar el riego	120
Tabla 19	Capacidad de retención de humedad según la textura del suelo	125
Tabla 20	Coeficiente de consumo de agua (Kc) según la edad del cultivo de mango	127
Tabla 21	Especies de termitas encontradas en las fincas productoras de mango muestreadas en los municipios de Ciénaga (C), Santa Marta (SM) y Zona Bananera (ZB) (Magdalena)	159



Los autores

Ángela María Arcila Cardona

Correo: aarcila@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7353-5207>

Bióloga egresada de la Universidad del Valle y doctora en Ciencias Biológicas de la misma universidad. Tesis doctoral meritoria en el área de entomología, ecología del paisaje y especies invasoras. Investigadora PhD asociada de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA, con catorce años de experiencia en investigación de insectos asociados a frutales, perennes y hortalizas de clima cálido. Sus principales líneas de investigación desarrolladas son biología, ecología y manejo de insectos sociales (termitas y hormigas); ecología de especies invasoras; relaciones entre las características del paisaje; biodiversidad asociada y servicios ecosistémicos; modelación de distribución de especies aplicada a estudios de efectos del cambio climático y evaluación de riesgo fitosanitario; optimización de técnicas de muestreo de insectos plaga en cultivos, y estudios de caracterización de entomofauna asociada a cultivos de cítricos, mango y aguacate.

Gloria Patricia Castillo Urquiza

Correo: gpcu@hotmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4659-6359>

Ingeniera agrónoma de la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira. Magíster y doctora en Fitopatología de la Universidad Federal de Viçosa, Brasil, con trabajos de tesis relacionados con fitovirología. Estancias posdoctorales en Embrapa Soja y en la Universidad Federal de Viçosa. Investigadora PhD de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA entre 2014 y 2021. Experiencia en virología, diagnóstico y detección de fitopatógenos, genética de poblaciones de fitovirus, análisis de expresión diferencial de genes en la interacción planta-virus, enfermedades en mango y su manejo, enfermedades en musáceas y en hortalizas de clima cálido.

Lumey Pérez Artiles

Correo: lpereza@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8192-1896>

Bióloga egresada de la Universidad de La Habana, Cuba. Magíster en Fruticultura Tropical y doctora en Entomología Agrícola de la Universidad Estatal Paulista Júlio de Mesquita Filho, Brasil. Investigadora PhD de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA, con más de quince años de experiencia en el manejo integrado de plagas y enfermedades; manipulación del hábitat y control biológico, y manejo de insectos vectores de fitopatógenos, principalmente en frutales. Fue miembro del Grupo Técnico de Frutales del Ministerio de la Agricultura de Cuba, constituido para la transferencia de tecnologías y de los productos de la investigación y para la evaluación de su implementación. En los últimos años, sus trabajos de investigación han estado relacionados con el manejo del patosistema huanglongbing (HLB)-*Diaphorina citri*.

Carlos Alberto Abaunza González

Correo: cabaunza@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4496-1455>

Agrólogo de la Universidad Jorge Tadeo Lozano, con maestrías en Agroecología y Desarrollo Rural Sostenible de la Universidad Internacional de Andalucía y en Gestión Ambiental de la Pontificia Universidad Javeriana. Investigador máster asociado de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA, con énfasis en estudios de información espacial de atributos de suelos para hacer más eficientes los procesos de análisis de los sistemas de producción agropecuaria, enlazando los elementos agroclimáticos para identificar escenarios acordes con la adaptación a la variabilidad climática, el ordenamiento territorial y la evaluación de tierras en los niveles predial y regional. Ha aplicado el enfoque agroecológico como paradigma del análisis ambiental, considerando los espacios de producción y los espacios de conservación como coexistentes, con la finalidad de explorar escenarios posibles para implementar en el territorio los planes de la formulación.

Marlon José Yacomelo Hernández

Correo: myacomelo@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5831-5246>

Ingeniero agrónomo de la Universidad del Magdalena y magíster en Ciencias Agrarias con énfasis en suelo, agua y nutrición vegetal de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Investigador máster de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA, con habilidades para desarrollar programas de investigación y transferencia de tecnologías, y capacidades para identificar limitantes y proponer soluciones en las áreas de suelo, agua y nutrición vegetal que garanticen la preservación de los recursos naturales y contribuyan a aumentar la productividad de los cultivos.

Rommel Igor León Pacheco

Correo: rleon@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9928-5282>

Ingeniero agrónomo, magíster en Agronomía, con orientación en mejoramiento genético de plantas y ecofisiología vegetal. Investigador en el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) entre 2005 y 2016, e investigador máster en la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA desde 2016 hasta la actualidad. Con más de quince años de experiencia en sistemas productivos de cultivos transitorios, ha sido coordinador e investigador en proyectos, subproyectos y acciones orientadas a identificar genotipos superiores mediante recursos fitogenéticos, programas de mejoramiento genético, manejo integrado de la productividad y ecofisiología del estrés, en cultivos de raíces, tubérculos, hortalizas y algunos frutales.



Agradecimientos

Al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), por la financiación de los proyectos “Integración de estrategias biológicas y culturales para el manejo de mosca de la fruta en mango”, “Estrategias de prevención y manejo de plagas y enfermedades emergentes de mango”, “Materiales genéticos sobresalientes de mango de azúcar e hilaza y recomendaciones técnicas y prácticas de manejo para propagación del material”, “Evaluación de métodos y herramientas de prevención de antracnosis en campo y poscosecha (primera aproximación)”, “Estrategias de manejo del riego y la nutrición para la producción sostenible de mango en zonas productoras de Colombia”, “Manejo de plagas de importancia para el mango en Colombia” y “Desarrollo de estrategias para el manejo integrado de enfermedades limitantes para la producción de mango en Colombia”, ejecutados por la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA.



Introducción

En Colombia se reportó para 2020 la existencia de 38.358 ha sembradas de mango, de las cuales 33.885 ha están en producción (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR], 2021). Del total del área sembrada, 57 % se localiza en los departamentos de Cundinamarca, Tolima y Magdalena. En este mismo año, esos departamentos contribuyeron con 60 % de la producción nacional. La producción total fue de 370.588 t, con un rendimiento promedio de 11 t/ha (MADR, 2021).

El mango de azúcar es un cultivar naturalizado en Colombia, con frutos pequeños, de poca fibra, aroma y sabor dulces y con buena firmeza. La forma es de oval oblonga a redondeada, y los colores del fruto maduro pueden ser verde, amarillo, amarillo rojizo o rojo (García Lozano et al., 2010a). Otro aspecto destacado del mango de azúcar es su alto contenido de fenoles totales y carotenoides, especialmente en la pulpa madura. Esto le confiere propiedades antioxidantes iguales o mayores que las de otros cultivares de mango más estudiados y con mayor valor comercial (Corrales-Bernal et al., 2014). Todas estas características lo han posicionado como una variedad con importantes perspectivas en los mercados nacional e internacional, donde se suele comercializar como *baby mango* (Federación Colombiana de Productores de Mango [Fedemango], 2013).

El mango de azúcar tiene un nicho restringido a áreas cálidas y secas, y se distribuye entre 11 y 556 m s. n., en los departamentos de Cesar, Córdoba, Cundinamarca, Huila, Magdalena y Tolima (García Lozano et al., 2010a). El departamento del Magdalena, para 2020, reportó 5.122 ha cosechadas, con una producción de 74.207 t, con lo cual contribuyó con 20 % de la producción nacional. Ciénaga (36387 t), Sitio Nuevo (20000 t) y Santa Marta (7395 t) son los municipios con mayor producción (MADR, 2021). Las características especiales del mango de azúcar del Magdalena, así como su adaptación natural a la región, han llevado a postular el cultivar a un certificado de denominación de origen (Fedemango, 2013).

Uno de los principales factores que contribuyen a la baja competitividad del sistema productivo es el desconocimiento de las tecnologías disponibles y su escasa adopción, de acuerdo con las condiciones agroecológicas de cada región. Para alcanzar una producción con la calidad requerida para competir a nivel mundial, es necesario tecnificar los cultivos con apoyo estatal.

El desconocimiento de las opciones tecnológicas para la producción de mango de azúcar y en general para los frutales en Colombia tiene efectos negativos en la inocuidad de los productos, la rentabilidad de los cultivos y el medio ambiente. La degradación física, química y biológica del suelo, al igual que el uso excesivo de agroinsumos para el manejo de plagas y enfermedades, son situaciones críticas en zonas de baja adopción tecnológica.

En Colombia, 39 % del área cultivada con mango corresponde al cultivar hilacha, cuyas plantaciones en su mayoría carecen de tecnificación y asistencia técnica. Lo siguen en área sembrada los cultivares Tommy Atkins (20%), Keitt (11%) y mango de azúcar (5%). Este último tiene casi diez meses al año con buen precio en el mercado nacional, lo cual lo convierte en una opción importante (Alvarado Moreno, 2012). Así mismo, existe la oportunidad de posicionar esta fruta en los mercados internacionales. Sin embargo, aún se presentan vacíos tecnológicos que demeritan la calidad de la fruta, con lo cual se pierde la posibilidad de que pase a formar parte de estos mercados de alto valor.

Por lo expuesto anteriormente, surge la necesidad de sistematizar y compilar las ofertas tecnológicas a partir de los resultados generados por el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI), con el fin de que los productores puedan tener una guía para el manejo adecuado del sistema productivo. La correcta aplicación de las tecnologías, con base en procesos documentados y a cargo de personal capacitado, garantiza una innovación enfocada en la sustentabilidad ambiental de los procesos productivos, como una solución a los problemas

medioambientales. El modelo productivo correctamente adoptado redundará en innovación y contribuye a cerrar la brecha de un sistema expuesto continuamente a una fuerte competencia exterior, en un sector caracterizado por la informalidad y la baja cualificación de su talento humano (Correa, 2011).

El presente documento desarrolla los ejes temáticos correspondientes a un modelo de producción. Se enfoca en el mango de azúcar, abordando sus particularidades según las condiciones ambientales y de producción propias del departamento del Magdalena. Se espera que el documento sea una herramienta útil de consulta para los técnicos y productores, que contribuya al fortalecimiento del sistema productivo de mango de azúcar y que mejore la competitividad del cultivo.

El documento consta de diez capítulos. El contexto del área de influencia y los aspectos generales del cultivo se tratan en los capítulos i a iv. El manejo agronómico y los aspectos técnicos del cultivo se relacionan en los capítulos v a viii, mientras que la cosecha, la poscosecha y la transformación básica se abordan en los capítulos ix y x.



Capítulo I

Área geográfica y entorno ambiental

Marlon José Yacomelo Hernández y Carlos Alberto Abaunza González

El departamento del Magdalena, en la región natural Caribe, limita por el norte con el mar Caribe, a lo largo de 220 km, desde Bocas de Ceniza hasta la desembocadura del río Palomino (sitio limítrofe con el municipio de Dibulla, en el departamento de La Guajira); por el noreste, con el departamento de La Guajira, en una extensión de 80 km, y con los municipios de Pueblo Bello, El Copey, Bosconia, El Paso, Astrea y Chimichagua del departamento del Cesar, y por el sur, con el río Magdalena, que lo separa de los departamentos de Bolívar y Atlántico (Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC], 2009).

El departamento tiene una extensión de 2.318.800 ha, que corresponden a 2 % del territorio nacional. El cultivo del mango de azúcar se concentra principalmente en los municipios de Ciénaga (corregimiento de Cordobita), Santa Marta (corregimientos de Bonda y Guachaca), Sitio Nuevo y Zona Bananera.

El área geográfica del mango de azúcar se encuentra en tres subregiones naturales del departamento, las cuales abarcan diez municipios y un área de 847.087 ha (figura 1, tabla 1).

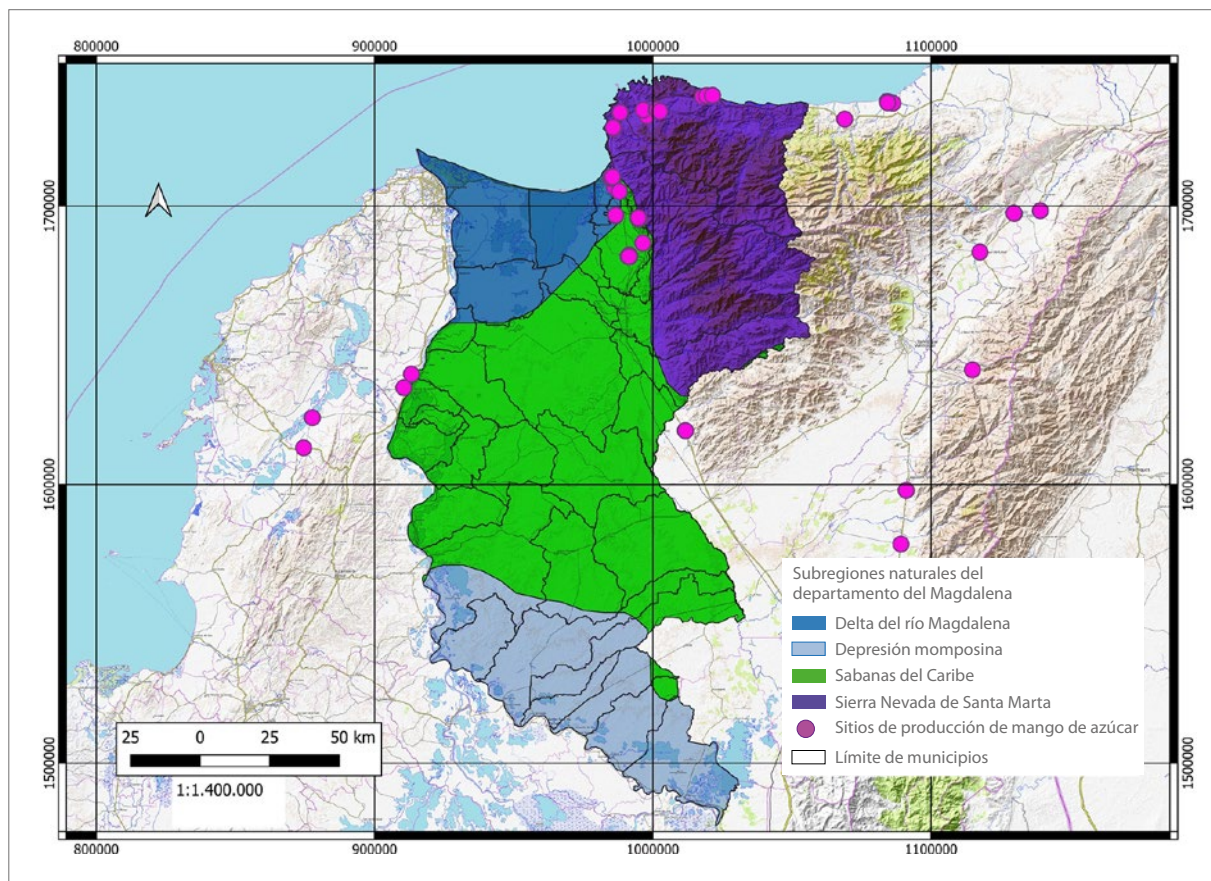


Figura 1. Áreas actuales de producción de mango azúcar en el departamento del Magdalena.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2009)

Tabla 1. Subregiones naturales en el departamento del Magdalena con cultivares de mango de azúcar

Subregiones naturales	Área (ha)
Delta del río Magdalena	180.900
Sabanas del Caribe	324.793
Sierra Nevada de Santa Marta (SNSM), estribaciones	341.394

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del IGAC (2009)

En el departamento existen dos regiones geológicas, la región de la Sierra Nevada de Santa Marta (SNSM) y la gran megacuenca de sedimentación. En esta última, con sus paisajes de lomeríos, piedemonte, planicie y valle, se concentra el cultivo de mango de azúcar.

El departamento del Magdalena es el principal productor de mango de azúcar, el cual generalmente tiene una sola época de cosecha, entre abril y junio. Aunque las estadísticas no discriminan datos por variedades de mango, se sabe que la variedad azúcar se cultiva principalmente en la región Caribe y en pequeñas áreas de Antioquia, Cundinamarca, Huila y Tolima (García Lozano et al., 2010a; Ospino, 2016).

El mango de azúcar se caracteriza por su cosecha temprana, su producción precoz y la ausencia de alternancia. Su fruto es pequeño, de aproximadamente 100 g, de forma redondeada y cáscara de color variable. En el mercado nacional ocupa el primer lugar, incluso por encima de variedades mejoradas, debido a su sabor dulce, agradable aroma, bajo contenido de fibra y alta jugosidad. Es un mango con alto potencial para la industria (García Lozano et al., 2010b).

El mango de azúcar de mejor calidad proviene de la parte baja de la cuenca del río Sevilla, corregimientos de Sevilla y Santa Rosalía (municipio Zona Bananera); de los corregimientos de Ciénaga Grande y Cordobita (Ciénaga) y Bonda y Guachaca (Santa Marta), y de la comuna Gaira-Rodadero (Santa Marta). En estas áreas, buena parte de la producción es de tipo orgánico, y la oferta edafoclimática (nicho) da como resultado una fruta de sabor dulce, tamaño pequeño, escasa fibra y buen aroma (Ospino, 2016).

Así mismo, vale la pena mencionar la existencia de predios productores de mango de azúcar, certificados con Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) (tabla 2).

Tabla 2. Predios productores de mango de azúcar certificados con BPA en el departamento del Magdalena

Fecha de certificación	Nombre del predio	Nombre del municipio	Vereda	Área (ha)
18/02/2020	El Encanto	Ciénaga	La María	1,39
18/02/2020	El Rosal	Ciénaga	Cordobita	1,7
25/03/2019	El Volcán	Ciénaga	Cordobita	12
25/03/2019	La Carmela	Ciénaga	Cordobita	2
25/03/2019	La Estrella	Ciénaga	Kennedy	4
17/08/2018	La Fuente	Ciénaga	Kennedy	11
25/03/2019	La Macarena	Ciénaga	Cordobita	1,2
25/03/2019	La Viña del Señor	Ciénaga	Jolonura	1
25/03/2019	Mi Regalito	Ciénaga	Cordobita	1,5
25/03/2019	San Carlos	Ciénaga	Kennedy	5
25/03/2019	San José	Ciénaga	Cordobita	2
25/03/2019	Villa Elisa	Ciénaga	Cordobita	2
25/03/2019	Villa Royci	Ciénaga	Cordobita	2,5
25/03/2019	El Oasis	Santa Marta	Puerto Mosquito	0,5
20/02/2020	Avilé	Santa Marta	Ojo de agua	8,6
25/03/2019	Dola Alix	Santa Marta	Puerto Mosquito	1
20/02/2020	El Ébano	Santa Marta	El Canal	1
25/03/2019	La Estrella	Santa Marta	Bonda Curval	7
25/03/2019	La Loma del Tigre	Santa Marta	Ojo de agua	7
19/02/2020	La Madona	Santa Marta	Girocasaca	32
25/03/2019	La Milagrosa	Santa Marta	Masinga	2,4
25/03/2019	La Perseverancia	Santa Marta	Ojo de agua	0,25
25/03/2019	La Primavera	Santa Marta	Puerto Mosquito	1
25/03/2019	La Rosita	Santa Marta	Masinga	3
19/02/2020	Lluvia de Oro	Santa Marta	Puerto Mosquito	0,5
17/08/2018	Lote 2 Cielo Azul	Santa Marta	Puerto Mosquito	0,54
25/03/2019	Margareth Franchesca	Santa Marta	Ojo de agua	1,35
25/03/2019	Mi Nuevo Renacer	Santa Marta	Puerto Mosquito	1
25/03/2019	Porvenir	Santa Marta	El Canal	3
25/03/2019	Primos Correa	Santa Marta	Puerto Mosquito	1

(Continúa)

(Continuación tabla 2)

Fecha de certificación	Nombre del predio	Nombre del municipio	Vereda	Área (ha)
25/03/2019	San Pablo	Santa Marta	Masinga	14
25/03/2019	Santa Rita	Santa Marta	Ojo de agua	1
25/03/2019	Si nos dejan	Santa Marta	Puerto Mosquito	0,25
25/03/2019	Villa Cilia	Santa Marta	Ojo de agua	4
25/03/2019	Villa Kary	Santa Marta	Puerto Mosquito	0,5
25/03/2019	Villa Piedra	Santa Marta	El Canal	2
25/03/2019	Villa Ruth	Santa Marta	El Canal	0,85

Fuente: Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) (2018)

El mango de azúcar mantiene precios muy altos, por encima de los de otras variedades. Su valor se define por kilogramo, a diferencia de otras variedades, cuya venta se realiza por cajas en Corabastos. El mango de azúcar es el de mayor precio por kilogramo (COP 2.000/kg) (Corabastos, 2020).

La tabla 3 presenta los precios de mango de azúcar comparados con los de la variedad Tommy. La tabla permite observar que el mango de azúcar tiene, en primer lugar, un valor más estable durante el año y en general un mayor precio.

Tabla 3. Precios de mango de azúcar por kilogramos comparados con los de la variedad Tommy

Variedad	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Azúcar	2015	\$3.174	\$3.000	\$3.234	\$2.787	\$1.461	\$1.006	\$1.457	\$2.373	\$2.500	\$2.500	\$2.574	\$2.369
	2019	\$2.500	\$2.500	\$2.345	\$2.000	\$1.888	\$2.000	\$2.000	\$2.127	\$2.500	\$2.701	\$2.623	\$2.075
Tommy	2015	\$933	\$925	\$2.236	\$2.164	\$1.674	\$1.727	\$2.422	\$4.029	\$3.714	\$3.031	\$1.940	\$1.597
	2019	\$1.364	\$2.693	\$3.182	\$2.330	\$1.349	\$2.258	\$3.673	\$5.137	\$6.143	\$4.266	\$2.219	\$1.060

Fuente: Corabastos (2020)

En la industria, la demanda del mango de azúcar es atractiva ya que ha presentado una tasa promedio de aumento de 26,1 % durante los últimos diez años y presentó una tendencia similar en años anteriores (por ejemplo, pasó de 13.126 t en 1998 a 32.429 t en 2001) (Corabastos, 2020).

De acuerdo con las cifras de la cadena de mango del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), las áreas sembradas con mango de azúcar en todo el país se han incrementado a lo largo de los años, al igual que el rendimiento (tabla 4).

Tabla 4. Área, producción y rendimiento del mango de azúcar en Colombia

Variedad	2010	2011	2012	2013	2014
Área (ha)	927	923	1.084	1.109	1.160
Producción (t)	9.999	11.001	12.872	11.295	11.795
Productividad (t/ha)	10,8	11,9	11,9	11,1	13,1

Fuente: Acuerdo de Competitividad de Cadena (2013)

Sin embargo, el área de mango de azúcar, que es el que se cultiva principalmente en el departamento del Magdalena, no supera el 5 % del área sembrada con mango en todo el país (Alvarado Moreno, 2012).

Oferta edafoclimática para el cultivo de mango de azúcar en el departamento del Magdalena

De acuerdo con la clasificación por zonas agroecológicas, el departamento del Magdalena tiene una oferta edafoclimática que satisface los requerimientos para el cultivo de mango de azúcar y que permite abastecer el mercado nacional e incluso el de exportación.

En el Magdalena se ha posicionado como una variedad con importantes perspectivas comerciales en los mercados nacional e internacional, y el cultivar cumple con varias características, entre las cuales se destacan tamaño, dulzura y capacidad antioxidante. La variedad está postulada a un certificado de denominación de origen por su adaptación natural a esta región, pues a pesar de que el mango no es originario de América, el mango de azúcar sí se considera una variedad colombiana (Corrales-Bernal et al., 2014).

La tabla 5 muestra, a manera de ejemplo, el entorno de una zona productora de mango de azúcar. El entorno corresponde a las coordenadas de una zona ubicada en la vereda Cordobita, municipio de Ciénaga.

Tabla 5. Entorno ambiental en una zona actual con producción de mango de azúcar en la vereda Cordobita, municipio de Ciénaga

Característica	Descripción		
Región natural	Caribe	Zona agroecológica	Cx (provincias semiárida y subhúmeda)
Subregión natural	Llanuras del Caribe	Suelos (unidad cartográfica)	MWBd2 y RWUan
Clima	Cálido seco	Radiación (kWh/m²)	5,5-6,0
Temperatura (°C)	Max.: 33,6 Min.: 22,6		
Precipitación (mm/año)	500-1.000		
Gran bioma	Bosque húmedo tropical	Bioma	Orobioma bajo de Santa Marta y Macuira

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del IGAC (2009)

Suelos

La planicie aluvial posee suelos que tienen las mejores características para el cultivo de mango de azúcar. La figura 2 muestra los paisajes característicos del departamento del Magdalena y del área de producción del mango de azúcar. El área está formada por terrazas subcrecientes y antiguas y un plano de inundación. La producción de mango de azúcar en el departamento del Magdalena está establecida principalmente sobre suelos del orden Entisol (IGAC, 2009). Estos suelos se caracterizan por tener horizontes pedogenéticos poco desarrollos, un pH entre 5 y 6,5, moderado contenido de Ca y Mg, bajo contenido de materia orgánica, textura franco-arenosa con buen drenaje y profundidad efectiva de <100 cm.

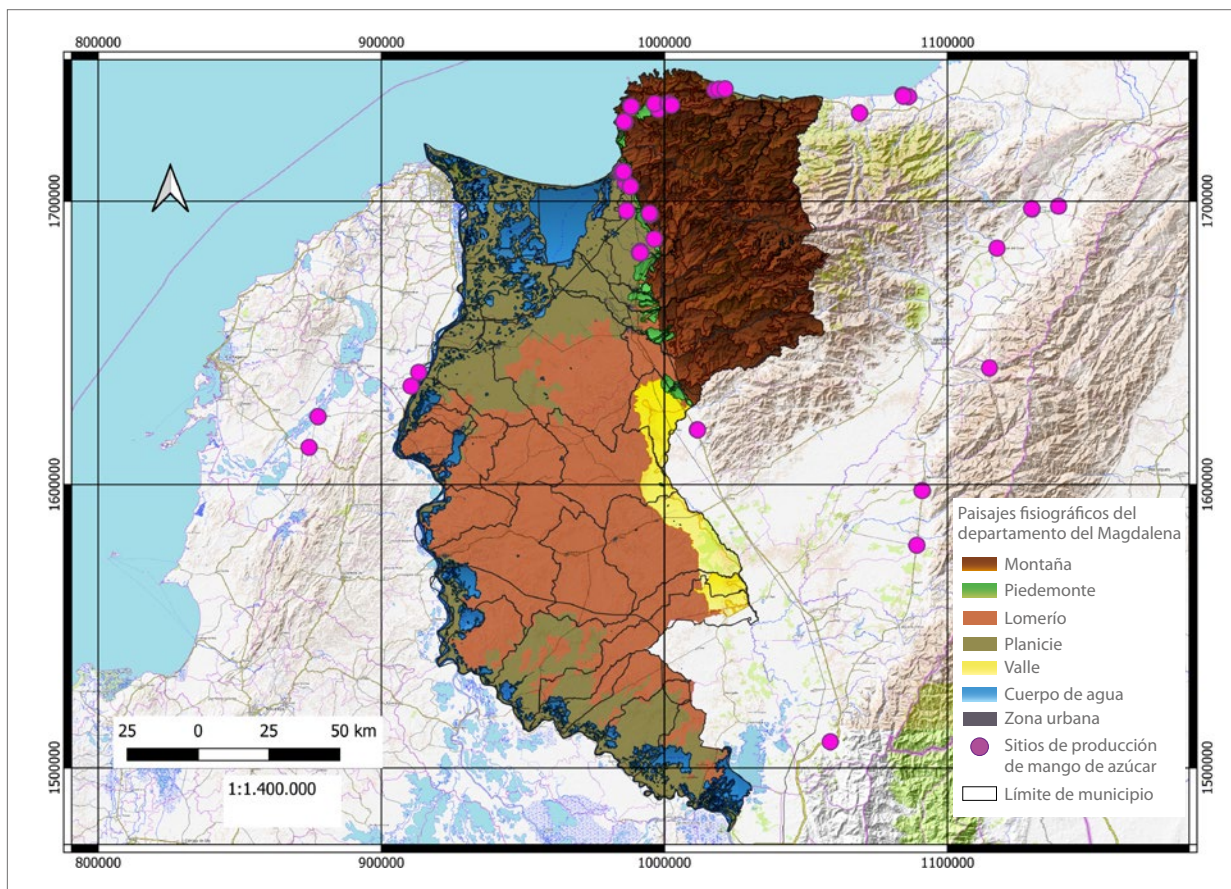


Figura 2. Paisajes característicos del departamento del Magdalena y sitios de producción de mango de azúcar.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del IGAC (2009)

Una descripción de las características fisicoquímicas de los suelos en lotes de producción de mango de azúcar en la región de estudio se puede apreciar en la tabla 6 y en la figura 3 (la cual ilustra un perfil típico).

Tabla 6. Propiedades químicas de un suelo con uso de mango de azúcar situado en el municipio de Ciénaga, departamento del Magdalena

Variable	Unidades	Valor	Interpretación
Textura		FA	Franco-arenoso
Potencial de hidrógeno (pH)	agua:suelo* 2,5:1,0	7,14	Neutro
Materia orgánica (MO)	%	2,29	Medio
Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	Cmol ⁽⁺⁾ /kg de suelo	11,03	Medio
Conductividad eléctrica (CE)		0,17	No salino
Aluminio intercambiable		0,0	Normal
Calcio (Ca)		7,71	Alto
Magnesio (Mg)		2,53	Alto
Potasio (K)		0,59	Alto
Sodio (Na)		0,20	Normal
Hierro (Fe) disponible	mg/kg de suelo	21,3	Bajo
Cobre (Cu) disponible		2,70	Medio
Manganeso (Mn)		1,80	Bajo
Zinc (Zn) disponible		1,00	Bajo
Boro (B) disponible		0,38	Medio
Azufre (S)		2,37	Bajo
Fósforo (P) (método Bray II)		53,56	Alto
* 2,5 partes de agua/una de suelo			

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Abaunza et al. (2016) y Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica) (2014)



Foto: Marlon José Yacomelo Hernández

Figura 3. Perfil típico de suelo con producción de mango de azúcar, municipio de Zona Bananera, departamento del Magdalena.

Es así como, debido a la heterogeneidad de los suelos, al momento de desarrollar un proyecto de mango de azúcar, la caracterización de los suelos se debe hacer en cada lote del predio. Ello definirá las bases para la toma de decisiones en cuanto al modo de sembrar, el manejo del riego, la presiembra y el mantenimiento del cultivo.

Grupos climáticos

Las siguientes son las zonas de vida predominantes en el departamento del Magdalena: 1) subnivel extremadamente frío húmedo y muy frío húmedo, 2) frío muy húmedo y húmedo, 3) templado muy húmedo y húmedo, 4) cálido muy húmedo y húmedo, 5) cálido seco y 6) cálido semiárido (IGAC, 2009). El cultivo de mango de azúcar se localiza en los grupos climáticos cálido húmedo (sector de río Frío), cálido seco (sector de Ciénaga) y cálido semiárido (sector del corregimiento de Cordobita).

Temperatura

El 80 % del área departamental presenta una temperatura media anual superior a 24 °C. Dentro de este porcentaje se encuentran zonas como las subregiones naturales de las Sabanas del Caribe, en las cuales se ubica gran parte de la producción de mango de azúcar del departamento. La temperatura media de la zona de mango de azúcar oscila entre 26 y 28 °C y la temperatura mínima, entre 20 y 24 °C, mientras que la temperatura máxima fluctúa entre 28 y 32 °C (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [Corpoica], 2015) (figura 4).

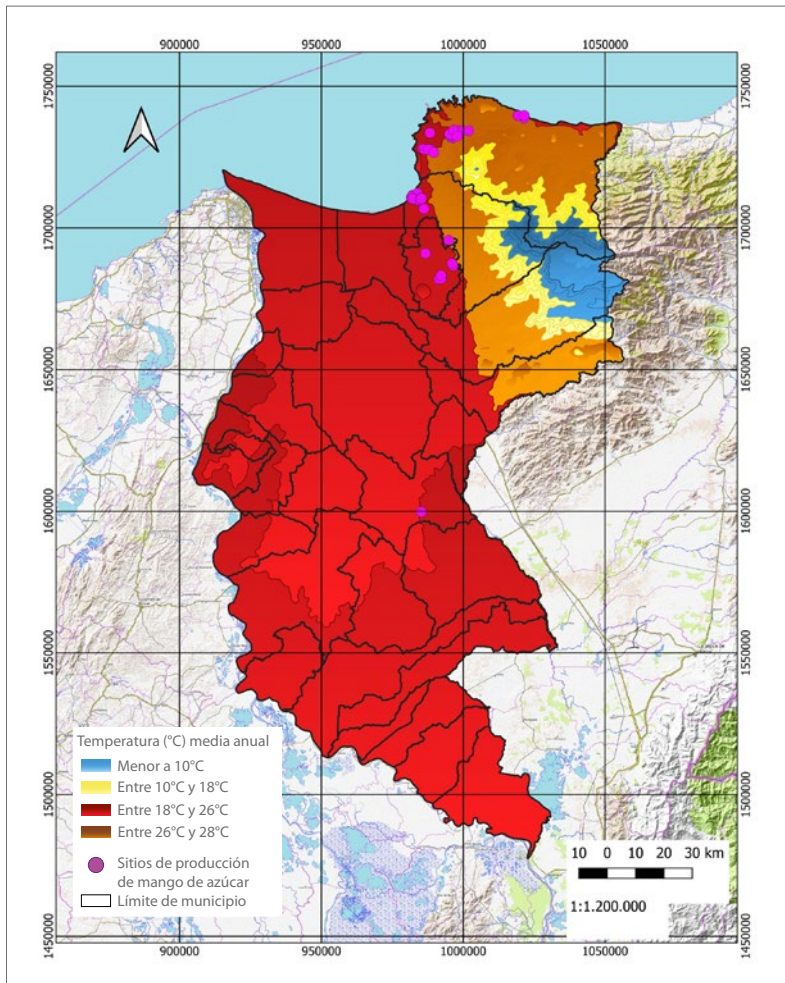


Figura 4. Temperatura media anual en el departamento del Magdalena.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Corpoica (2015)

En temperaturas superiores a 40 °C e inferiores a 15 °C se detiene el crecimiento y ocurren disturbios fisiológicos. El cero fisiológico del mango de azúcar, es decir, la temperatura del ambiente más baja permisible para mantener la actividad celular a un nivel muy reducido pero reversible, se sitúa entre 11 y 12 °C.

En la región Caribe, con temperaturas superiores a 30 °C e inferiores a 20 °C, la síntesis de hormonas en la planta disminuye (citoquininas y ácido giberélico [raíz] y auxinas [parte aérea]), lo que afecta la tasa de crecimiento y reduce la capacidad de formar nuevos tejidos (Rosas, 2014).

Precipitación

El departamento del Magdalena tiene un régimen de lluvias bimodal, con una temporada principal entre septiembre y noviembre y una menor entre julio y agosto. La figura 5 muestra la precipitación media multianual (mm) en el departamento.

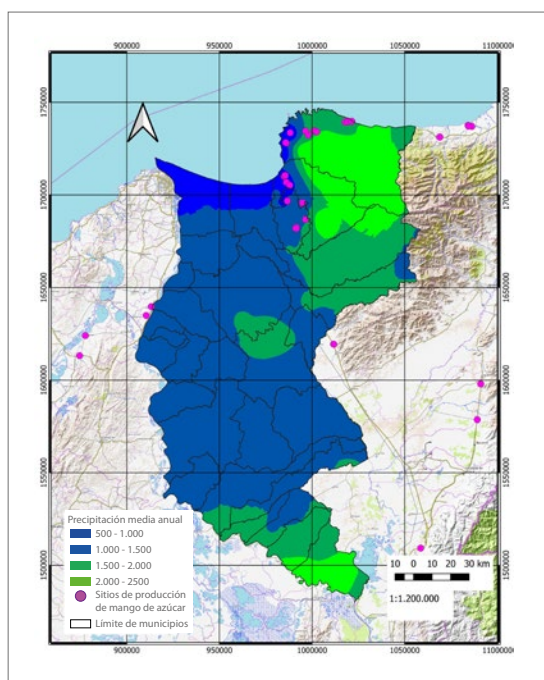


Figura 5. Precipitación media anual en el departamento del Magdalena.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Corpoica (2015)

Las lluvias más abundantes se presentan en el segundo semestre, a diferencia de lo que ocurre en el interior del país, en la región Andina, donde la mayor época de lluvias ocurre en el primer semestre. En el Magdalena, la zona productora de mango presenta de 50 a 100 días con valores de lluvia (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [Ideam], 2005). La SNSM actúa como una gran barrera contra los vientos provenientes del norte (alisios del norte), vientos que por el movimiento rotacional de la Tierra se convierten en los alisios del noreste, los cuales modifican el clima y presentan características secas y húmedas (IGAC, 2009).

El área productora de mango de azúcar se divide en dos sectores de acuerdo con la pluviosidad. Existe un sector con precipitaciones de 500 a 1.000 mm anuales y otro con lluvias de 1.000 a 1.500 mm. Sin embargo, pese a esta variación por sectores, la distribución intraanual describe un comportamiento bimodal, aunque no tan marcado, con una tendencia a la mayor pluviosidad en el segundo semestre (Corpoica, 2015).

El mango, en general, requiere una alternancia de estaciones secas y lluviosas. Es por eso que, más que el volumen de lluvias, lo importante es la época de ocurrencia. Lluvias abundantes durante periodos largos influyen en el desarrollo vegetativo y tienen como resultado muy poca producción (Rosas, 2014). En el trópico seco, para que el mango florezca, se necesita que no llueva y que en las noches las temperaturas sean bajas (Duarte, 2016).

Los valores anuales de la evapotranspiración potencial (ETP) en el nicho de producción del mango de azúcar presentan un rango de 1.400 a 1.600 mm. En la zona noroccidental (litoral Caribe) y parte de la zona central, la ETP alcanza valores de 1.400 a 1.600 mm. Hacia la zona sur, la ETP se incrementa a valores de 1.600 a 1.800 mm, con un núcleo donde alcanza los máximos del departamento (mayores a 1.800 mm) (Corpoica, 2015).

Si se hace la diferencia entre precipitación media multianual y ETP promedio multianual, se observa que la zona considerada como nicho del mango de azúcar corresponde a la del mayor déficit hídrico del departamento (noroccidente) (Corpoica, 2015).

Así mismo, si se toma como referencia la precipitación de los años 1976 a 2005, se encuentra una tendencia al aumento de las precipitaciones de alta intensidad, de la que se concluye que los eventos extremos de lluvias se están incrementando (Ideam, 2010). En la figura 6, se presentan los cambios de precipitación que se podrían presentar en el periodo 2011-2040.

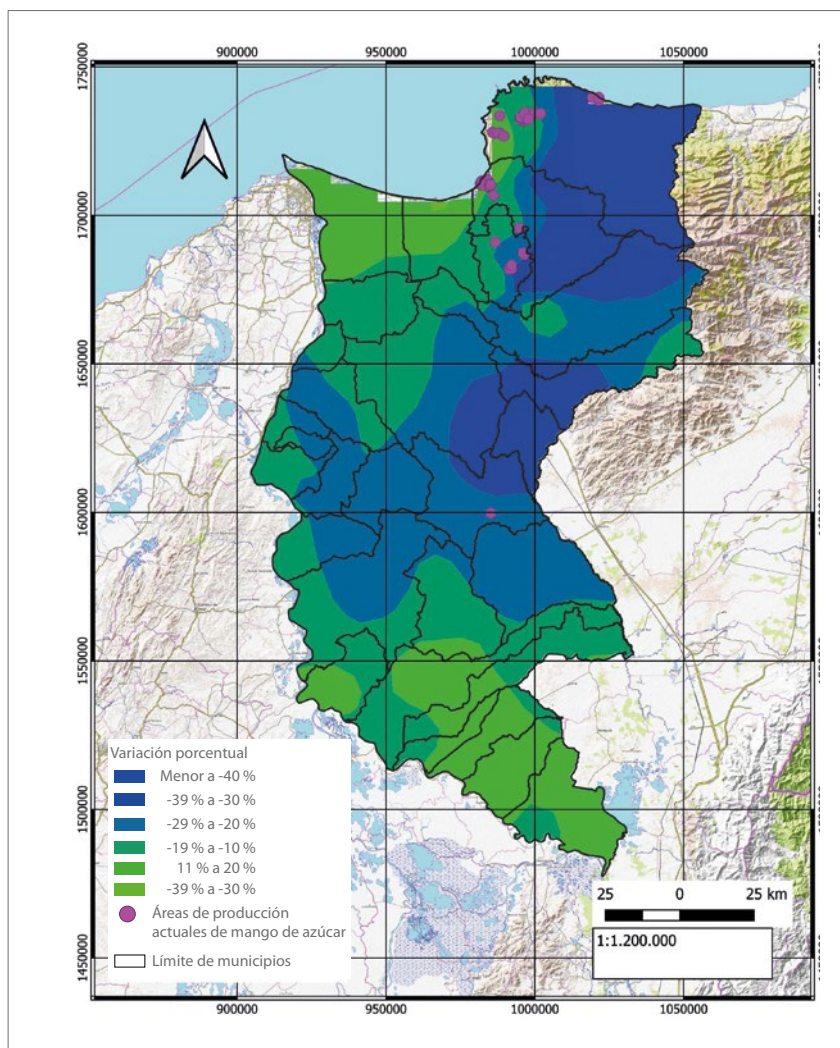


Figura 6. Variación porcentual de la precipitación media anual que se presentaría en el departamento del Magdalena durante el periodo 2011-2040.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) (2010)

De la figura 6 se puede concluir que, durante el periodo analizado (2011-2040), gran parte del territorio del departamento tendría una variación en relación con el periodo 1976-2005 (periodo de referencia), ya que la tendencia sería a una menor reducción de las precipitaciones (tabla 7).

Tabla 7. Variación en la precipitación media anual esperada en el departamento del Magdalena para el periodo 2011-2040 en relación con el periodo de referencia (1976-2005)

Zonas del Magdalena según rango de variación esperado (2011-2040)*	Área (ha)	% (en relación con el periodo 1976-2005)
-9 % a 10 %	428.034	18
-19 % a -10 %	704.375	30
-29 % a -20 %	708.501	31
-39 % a -30 %	314.392	14
Menor que -40 %	163.361	7

* La localización de las zonas se muestra en la figura 6.
Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Ideam (2010)

Brillo solar

El brillo solar en promedio oscila entre 2.100 y 2.500 horas por año, condición considerada apropiada para el cultivo de mango de azúcar. La luminosidad es un factor importante y determinante de la calidad de la fruta (figura 7).

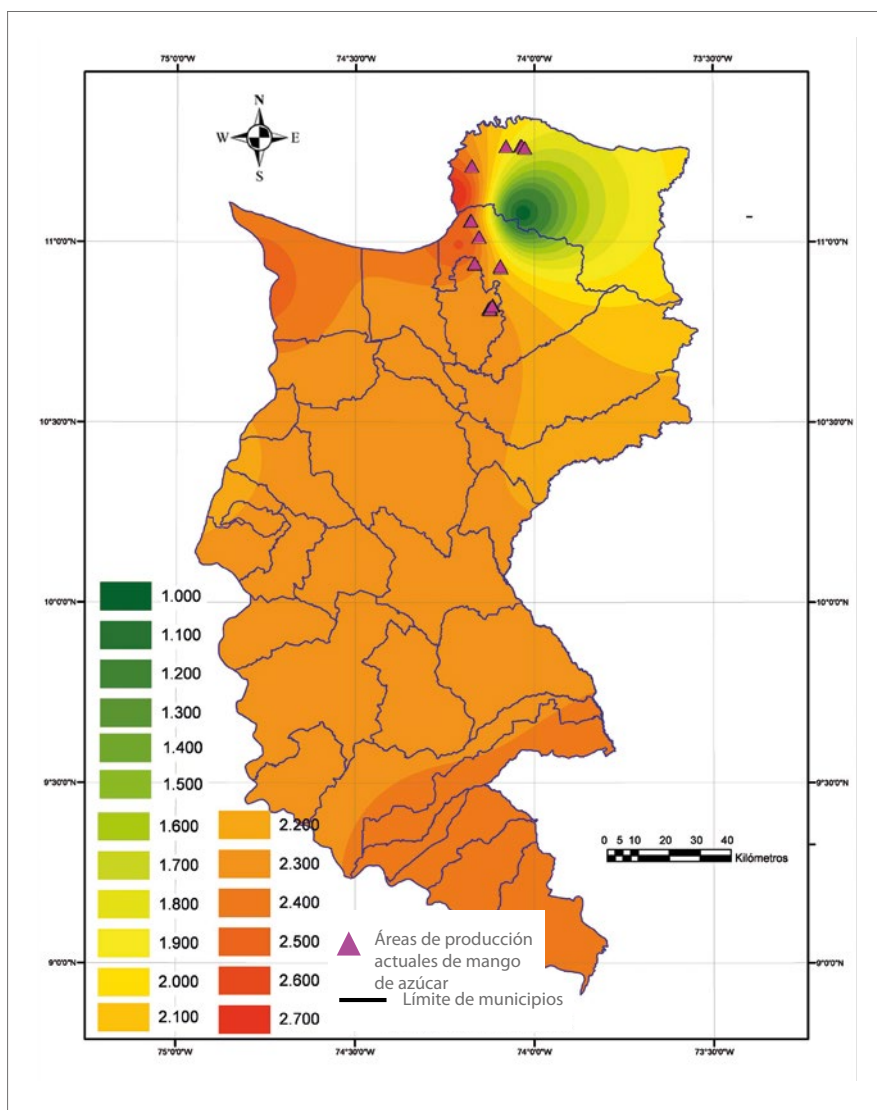


Figura 7. Promedio multianual (horas) de brillo solar para el departamento del Magdalena.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Corpoica (2015)

Vientos

La SNSM modifica la orientación de los vientos en la región. Se interpone a los alisios que soplan del norte y el noreste, los cuales vienen cargados de humedad. En posición de barlovento quedan los flancos norte y noreste de la sierra, por lo cual

presentan una mayor nubosidad y precipitación. Las nubes, al dar contra el macizo, ascienden por efecto del relieve y se precipitan; las que logran pasar la sierra se disuelven en la vertiente opuesta por el efecto Foehn (Armenta Porras, 2013). Este proceso aporta en gran medida a la especificidad del nicho productivo del mango de azúcar en la región (figura 8).

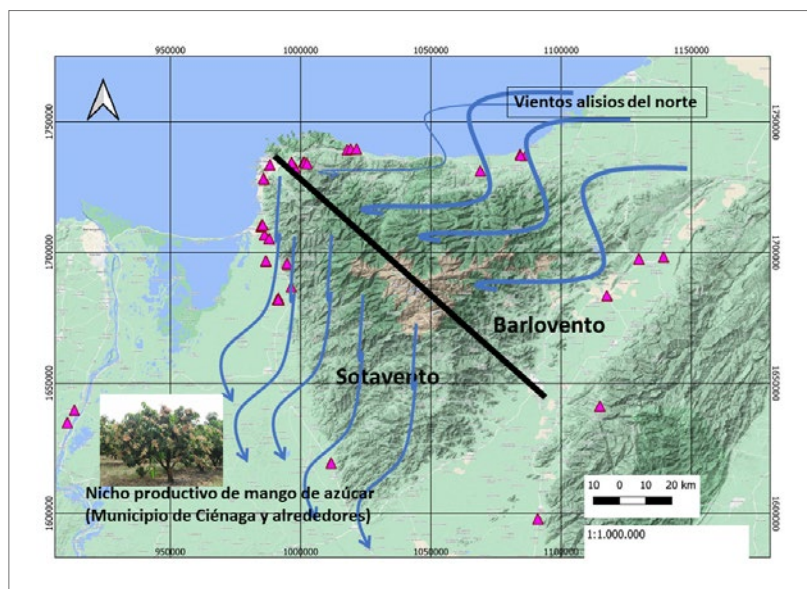


Figura 8. Dinámica de vientos en la zona productora de mango de azúcar, departamento del Magdalena. Los vientos alisios del norte depositan su humedad en el flanco noreste de la Sierra Nevada de Santa Marta (barlovento), creando el efecto de sombra orográfica en el flanco opuesto (sotavento), que es, en consecuencia, más cálido y seco.

Fuente: Elaboración propia

Humedad relativa

Según el Ideam, en los últimos 20 años el departamento del Magdalena y especialmente la zona productora de mango de azúcar registraron, en su mayoría, una humedad relativa promedio de 80 a 85 % (Ideam, 2005). La figura 9 agrupa la serie histórica de 32 años (1980 a 2011) de la variable de humedad relativa.

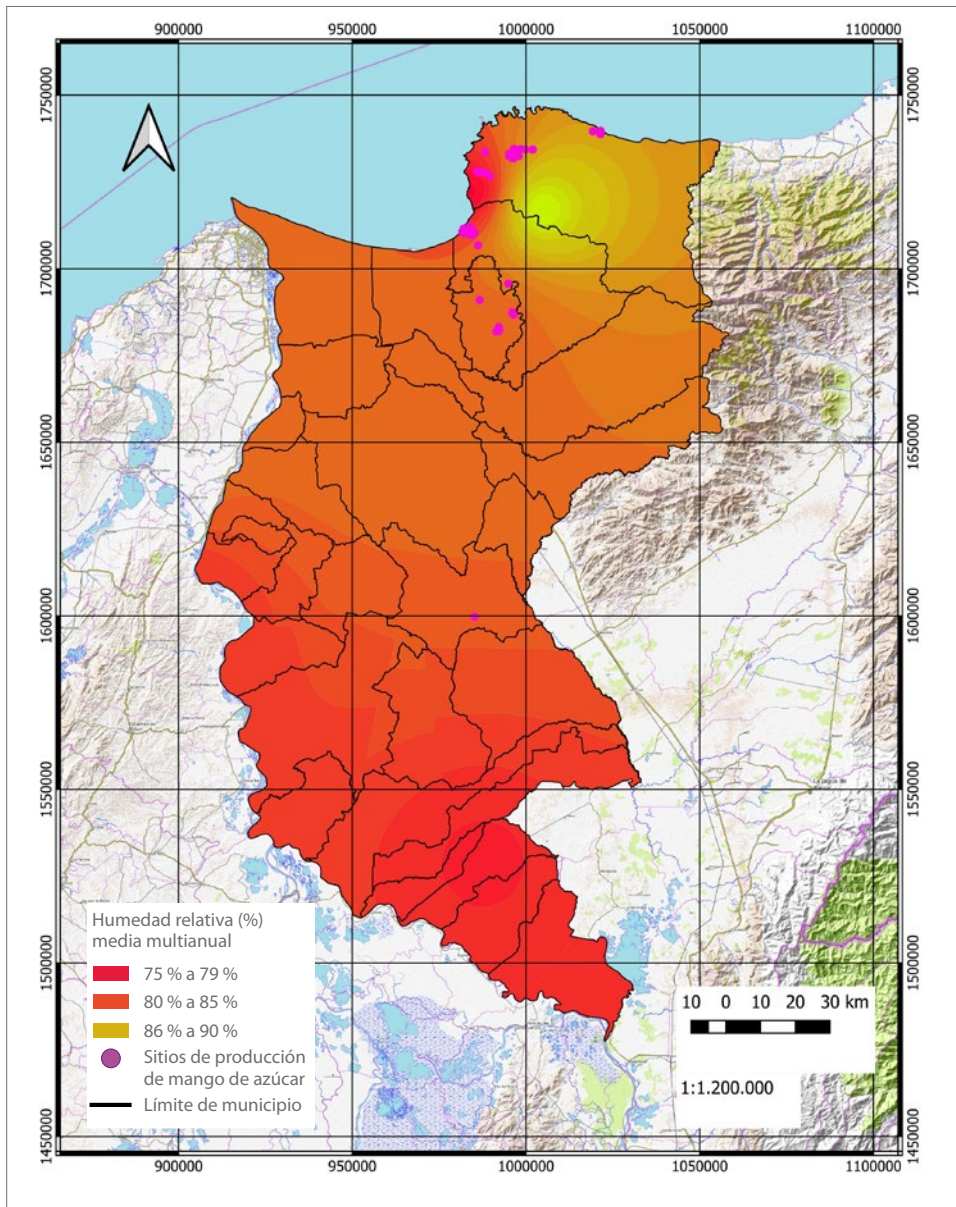


Figura 9. Humedad relativa media multianual (%) para el departamento del Magdalena.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Corpoica (2015)

Como conclusión, se puede decir que las características climáticas de la región son óptimas para la producción de mango azúcar, lo que le da un valor muy importante en el departamento de cara a los mercados nacionales e internacionales.





Capítulo II

Descripción botánica, taxonomía y clasificación

Gloria Patricia Castillo Urquiza

Botánica de la planta

Los árboles adultos de un cultivo de mango presentan alturas de 3 a 10 m, las cuales dependen de la variedad y el manejo dado mediante podas. Árboles en estado silvestre o no cultivado pueden medir 15 m. Árboles maduros en condiciones favorables de crecimiento (climas cálidos y húmedos) pueden superar los 40 m y vivir más de 100 años (Mukherjee & Litz, 2009). Generalmente, las ramas bajas se ubican de 0,6 a 2 m por encima del suelo, y los árboles varían en la forma de la copa y su apertura, de acuerdo con la variedad y la competencia (Bally, 2006), aunque la forma final del árbol la determinan las podas. La copa puede ser redondeada y simétrica y varía de baja y densa a erguida y abierta (Morton, 1987) (figura 10).

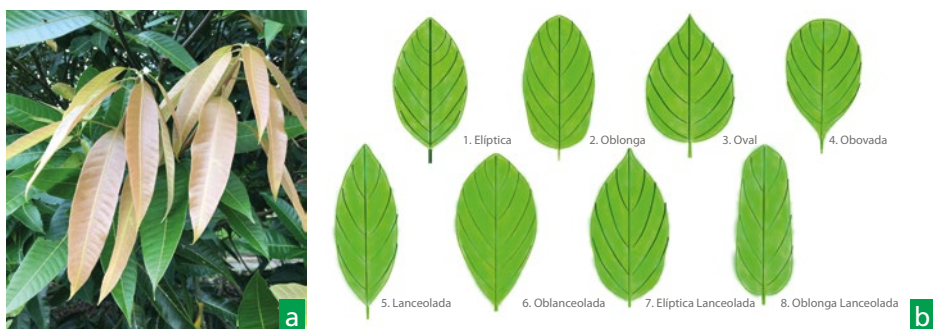


Figura 10. Hojas de mango de azúcar. a. Hojas jóvenes (Centro de Investigación Caribia, AGROSAVIA); b. Formas de las hojas.

Fuente: Gloria Patricia Castillo Urquiza e International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI) (2006, adaptado por García Lozano et al., 2017)

Sistema radicular

El sistema radicular de un árbol de mango se caracteriza por una raíz pivotante, profunda, de crecimiento vigoroso, acompañada de abundantes raíces superficiales. La profundidad de penetración de la raíz principal es de 6 a 8 m, mientras que lateralmente el sistema de raíces se extiende en un radio de hasta 10 m a partir del eje principal (Cartagena Valenzuela & Vega Beltrán, 1992). La distribución de las raíces finas varía de acuerdo con la distribución de la humedad en el suelo. Estas raíces finas se encuentran desde la superficie hasta una profundidad aproximada de 1 m y pueden extenderse más allá del diámetro de la copa, lo cual permite a la planta resistir mejor las condiciones de baja humedad (Mukherjee & Litz, 2009; Rodríguez Cedillos et al., 2002; Bally, 2006).

Tronco

El tronco es de forma recta, cilíndrica, con grietas longitudinales o surcos poco profundos en la corteza, de color grisáceo o café (Cartagena Valenzuela & Vega Beltrán, 1992). La forma de ramificación está relacionada con el tipo de reproducción (semilla o injerto) y con el manejo dado al árbol mediante las podas. Árboles reproducidos por semilla y sin podas tienden a presentar ramificación abundante y pueden superar los 40 m de altura; en contraste, árboles injertados y con podas tienen una ramificación menor, con inflorescencias al final, de forma simétrica y con una copa más o menos esférica (Rodríguez Cedillos et al., 2002).

Un árbol maduro de mango de azúcar mide de 5 a 15 m de altura y su tronco tiene una circunferencia de 0,8 a 2 m. La copa varía de oblonga a piramidal o semicircular y tiene una densidad intermedia del follaje y un diámetro de 7 a 19 m (García Lozano et al., 2010a).

Hojas

Las hojas son de textura coriácea, lisas, de color verde oscuro brillante por el haz y verde amarillento por el envés, y cuando son jóvenes presentan un color de violeta a rojizo o bronceado (figura 10). El largo oscila entre 8 y 45 cm y el ancho entre 2 y 12 cm, medidas que son altamente variables, incluso a nivel del individuo

(Infoagro, 2008). La forma de las hojas cambia entre cultivares de mango, pero tiende a ser igual dentro de un mismo cultivo. En general, las hojas se pueden describir como simples y alternadas en disposición, frecuentemente oblongas, de ápices redondeados o acuminados, y con pecíolos redondeados, lisos, ligeramente engrosados en la base, de 1 a 12,5 cm de largo (Bally, 2006; Mukherjee & Litz, 2009). Los flujos (periodos) de crecimiento determinan el distanciamiento entre las hojas. Al iniciarse, las hojas aparecen muy juntas y con el crecimiento de la rama se van separando; cuando se detiene el flujo de crecimiento, vuelven a apreciarse muy juntas (Infoagro, 2008).

La hoja o lámina foliar puede presentar las siguientes formas: elíptica, oblonga, oval, obovada, lanceolada, oblanceolada, elíptica lanceolada y oblonga lanceolada (figura 10). La parte opuesta a la base o ápice puede tener diferentes formas, desde obtusa (ápice romo, sin punta apreciable) hasta aguda (terminada en punta, formando un ángulo agudo). Cuando termina en una punta larga, aguda y algo estrecha, se denomina "acuminada". Por lo general, la lámina es oblonga o lanceolada con los bordes ondulados. Los bordes pueden ser ondulados si tiene salientes y entrantes, redondeados cuando se pueden comparar con pequeñas ondas (típicos de la variedad hilaza) o enteros si tienen el borde liso.

Las nervaduras de las hojas son visiblemente reticuladas, con una nervadura media robusta y con 12 a 30 pares laterales más o menos prominentes. Cuando son trituradas, expiden un olor a resina (Infoagro, 2008).

Las hojas de la variedad azúcar tienen forma elíptica lanceolada u oblonga lanceolada, ápice acuminado, margen medio ondulado o entero, longitud de 20 a 34 cm, ancho de 4,9 a 8 cm y pecíolo de 3,3 a 5,6 cm. Las hojas jóvenes presentan una coloración verde oliva o amarillo rojiza (García Lozano et al., 2010a) (figura 10).

Flores e inflorescencias

Las flores están dispuestas en una panícula piramidal, ramificada, terminal o axilar, de 6 a 40 cm de largo y de 3,25 cm de diámetro. Presentan un raquis de color rosado o morado (algunas veces verde-amarillo), redondeado y densamente pubescente, y brácteas oblongas-lanceoladas u ovaladas-oblongas, intensamente pubescentes, que se marchitan y caen pronto y que miden de 0,3 a 0,5 cm de largo (Bally, 2006). Cada inflorescencia contiene numerosas flores masculinas y

hermafroditas, pentámeras y tetrámeras, con pétalos de color variable, rojos, verdes o amarillos. Las flores hermafroditas o perfectas están compuestas por un ovario conspicuo, globoso, con estilo lateral curvado hacia arriba y liso; tienen un estigma pequeño y terminal, uno a dos estambres funcionales y máximo cuatro estaminodios carentes de anteras (Galán Sauco, 1999). Las flores masculinas difieren de las hermafroditas en que carecen de pistilo (Bally, 2006) (figura 11).



Fotos: Rommel Igor León y Ángela Arcia Cardona

Figura 11. Inflorescencia del mango variedad azúcar. a. Inflorescencia general en el árbol; b. Detalle de la flor.

Frutos y semillas

El fruto es una drupa carnosa ovoide-oblonga aplanada, redondeada y obtusa en los extremos. La cáscara o pericarpio es lisa, uniforme y con pequeñas lenticelas; la pulpa o mesocarpio tiene un matiz básico amarillo-naranja en la fruta madura y un contenido variable de fibra (Galvis & Herrera, 1995). Forma, tamaño y color del fruto varían mucho según el cultivo. Cada fruto de mango consta de una sola semilla, de forma ovoide u oblonga, rodeada de un endocarpio fibroso en estado maduro; la testa es fina y permeable. Existen dos tipos de semilla, las monoembriónicas, que tienen un embrión cigótico, y las poliembriónicas, que

contienen varios embriones, de los cuales por lo general solo uno es cigótico y los otros nucelares o generados a partir de tejido maternal (García Lozano et al., 2010a; Rodríguez Cedillos et al., 2002). Los mangos se pueden distinguir por su sitio de origen. Están los indios o hindúes, de semillas monoembrionicas y de los cuales se deriva la mayoría de cultivares comerciales, y los de semillas poliembrionicas (Sudeste Asiático), que la mayoría de veces se utilizan como patrones (García Lozano et al., 2017).

El fruto del mango de azúcar tiene buen aroma, color y sabor, y tamaño pequeño con poca fibra. Al año, se pueden obtener dos cosechas. Presenta buenas características para el consumo en fresco y para el procesamiento agroindustrial (Reyes, 2004). Los frutos pueden ser oblongos, elípticos, ovales o en forma de corazón; con base aplanada, ligeramente aplanada o redondeada, y pico ausente o con diferentes grados de desarrollo. No tienen cavidad basal o esta es poco profunda o ligera, sin cuello o con uno ligeramente prominente. La cáscara es lisa; el color del fruto maduro, variable (verde, amarillo o amarillo rojizo), con lenticelas escasas o numerosas, pequeñas o grandes y de color amarillo o amarillo rojizo (figura 12). Los frutos pueden presentar un daño de 2 % a 10 % por problemas fitosanitarios (García Lozano et al., 2010a). Las características físicoquímicas del fruto se resumen en la tabla 8.



Foto: Judith Martínez.

Figura 12. Frutos maduros de mango de azúcar.

Tabla 8. Características fisicoquímicas del fruto de mango de la variedad azúcar

Característica	Valor
Largo	6-9,7 cm
Ancho	5-6,7 cm
Grosor	4,7-6,6 cm
Peso	77-226 g
Firmeza	0,5-3,7 kg fuerza
Grados Brix	13-25
pH	4,4-5,2
Cáscara	0%-32 %
Pulpa	45 %-77 %
Hueso	9%-22 %

Fuente: Elaboración propia a partir de García Lozano et al. (2010a)

Las frutas de mango son una fuente importante de azúcares como sacarosa, fructosa y glucosa. Estos azúcares tiene propiedades características que los hacen funcionalmente diferentes. La sacarosa es la más utilizada para el consumo humano por su alto poder endulzante, mientras que la glucosa es la principal fuente de energía para el metabolismo celular de los humanos; su regulación y almacenamiento en el hígado dependen de la acción de la insulina. Sin embargo, la fructosa supera a esta última en poder endulzante, lo que hace que los humanos la consuman en menor cantidad y por tanto su aporte calórico también sea menor (García Lozano et al., 2010b).

Mediante análisis de cromatografía de alta resolución (HPLC-IR) de los azúcares presentes en las pulpas de diferentes mangos criollos, se determinó que el azúcar de mayor presencia en la mayoría de variedades estudiadas es la sacarosa, aunque con un amplio rango de % p/p (1,73 a 12,81 %). La sigue la fructosa, con valores promedio de 0,81 a 5,6 % y con algunas accesiones que presentaron valores mayores que la media (García Lozano et al., 2010b). Respecto al contenido de glucosa, se presentaron valores promedio de 0,3 a 3 %, con accesiones alejadas de la media. La variedad azúcar presentó una concentración de sacarosa de 10,29 % ($\pm$ 1.72), fructosa 3,85 % ($\pm$ 1,44) y glucosa 1,73 % ($\pm$ 0,83).

El mango se reporta también como una buena fuente de calcio, magnesio, fósforo y potasio, minerales cuya ingesta mínima por parte de los humanos debe ser de 100 mg/día. Este aporte nutricional es importante, ya que los minerales intervienen en la regulación de varios procesos metabólicos (por ejemplo, procesos enzimáticos, transmisión de impulsos nerviosos), en los cuales actúan como cofactores o como facilitadores del transporte a través de la membrana celular, además de formar parte de huesos y dientes. García Lozano et al. (2010b), mediante absorción atómica previa incineración de la muestra, determinaron que las pulpas de mango son principalmente fuente de potasio y en menor proporción de calcio, fósforo y magnesio. El contenido de estos tres últimos minerales en las pulpas de mango fue muy similar y no arrojó diferencias estadísticamente significativas. El mango de azúcar presentó los siguientes valores de estos cuatro minerales: potasio: 260,92 mg/100 g ($\pm 37,79$); fósforo: 15,76 mg/100 g ($\pm 5,29$); calcio: 9,95 mg/100 g ($\pm 3,00$), y magnesio: 10,76 mg/100 g ($\pm 4,43$).

Taxonomía y clasificación de la planta

La clasificación taxonómica del mango es la siguiente:

Clase: Dicotyledonea

Subclase: Rosidae

Orden: Sapindales

Suborden: Anacardiineae

Familia: Anacardiaceae

Género: *Mangifera*

Especie: *Mangifera indica*

El mango pertenece a la familia Anacardiaceae, la cual posee 73 géneros y alrededor de 850 especies. En el género *Mangifera* se han reconocido alrededor de 69 especies, de las cuales solo quince producen frutos comestibles, taninos, maderas de importancia comercial, gomas y resinas (Bompard, 2009). De acuerdo con la más reciente clasificación, propuesta por Kostermans y Bompard (1993), el género *Mangifera* se divide en dos subgéneros (antiguas secciones): 1) *Limus* y 2) *Mangifera*.

El subgénero *Limus* agrupa once especies y dentro de él se encuentran las especies de *Mangifera*, con una remota afinidad con el mango común.

El subgénero *Mangifera* contiene el mayor número de especies (47) y está dividido en cuatro secciones: *Marchandora*, *Euantherae*, *Rawa* y *Mangifera*. La sección *Mangifera* es la de mayor número de especies (más de 30) y dentro de ella se encuentra el mango común y el *M. laurina* (Bompard, 2009).

Etapas de crecimiento de un cultivo de mango

Según la producción y el crecimiento vegetativo, el ciclo de vida de un árbol de mango se puede dividir en las siguientes etapas: periodo de crecimiento (de 2 a 8 años), periodo de plena producción (de 10 a 16 años), periodo de producción (de 18 a 28 años) y periodo de senescencia o comienzo de la etapa final (después de los 32 años de edad), cuyo inicio depende de las condiciones del lugar donde fue establecida la planta, del estado fitosanitario y del cuidado durante los años anteriores (Gil-Albert Velarde, 1980; Avilán 1988). García Lozano et al. (2017) consideran las siguientes etapas de crecimiento del cultivo de mango:

1. *Etapas de establecimiento*: Comprende desde el trasplante hasta el tercer año. En esta etapa es necesario brindar condiciones que favorezcan un incremento del área foliar o la formación de ramas. Actualmente, en huertos tecnificados, la tendencia es podas intensivas para formar árboles de bajo porte, con ramificaciones bajas, gruesas y fuertes que permitan soportar una buena producción.
2. *Etapas de crecimiento y producción inicial*: Existe una estrecha relación entre el incremento del volumen o follaje de la copa y el número de frutos producidos. El número de frutos aumenta a medida que el árbol presenta

mayor madurez fisiológica en su follaje. Sin embargo, no es deseable un excesivo desarrollo del área vegetativa, por lo cual se requiere de una poda adecuada. Dependiendo del manejo, este periodo puede durar de 3 a 8 años. Las aplicaciones de nitrógeno no deben ser excesivas ya que pueden limitar la floración. En caso de contar con un sistema de riego, es importante regular el suministro de agua, con el fin de llevar a la planta a una condición de estrés hídrico que induzca la floración, lo que permitirá picos de producción en épocas determinadas.

3. *Etapas de máxima producción:* Se caracteriza por poco aumento del follaje y una tendencia a mantener los niveles de producción de frutos alcanzados en la etapa anterior. Este periodo se caracteriza por un balance adecuado entre el follaje (copa) y la fructificación (máxima productividad del árbol) y se presenta entre los 8 y 15 años. También se debe cuidar el suministro de nitrógeno para evitar un desarrollo excesivo de la copa y mejorar la respuesta de los programas de inducción floral.
4. *Etapas de estabilización de la producción:* En esta etapa se alcanza la máxima productividad del árbol, siempre y cuando se realice un adecuado manejo del tamaño y porte del árbol mediante podas y reductores de crecimiento; de lo contrario, los flujos vegetativos predominarán. Ocurre entre los 15 y 25 años. La duración de esta etapa está muy asociada con las condiciones edafoclimáticas del lugar donde esté localizado el cultivo y el manejo dado en las etapas anteriores. Si este último no fue el más adecuado, la eficiencia productiva de la planta decrecerá progresivamente, ya que el aumento del área foliar predominará sobre el incremento de frutos, perdiéndose todo el potencial productivo.
5. *Etapas de senescencia:* Se presenta después de los 25 años de la planta y en ella los flujos vegetativos de las ramas entran en reposo. Si las dos primeras etapas no se han manejado adecuadamente, esta etapa podrá presentarse de forma más temprana, de los 15 a 20 años.

En general, durante las fases o periodos del cultivo, deben adoptarse diversas consideraciones para evaluar el estado nutricional o la necesidad de suplementación nutricional (fertilización).



Capítulo III

Recurso genético y propagación

Rommel Igor León Pacheco, Lumey Pérez Artiles,
Gloria Patricia Castillo Urquiza y Carlos Alberto Abaunza

Recursos genéticos

Las especies del género *Mangifera* tienen su centro de diversidad y origen en el Sudeste Asiático, una región que ha experimentado un gran desarrollo económico en los últimos años. Extensas áreas boscosas han sido deforestadas total o parcialmente para expandir la agricultura o para la explotación de maderas duras tropicales con fines de exportación. La distribución de cultivos de mango fuera de sus centros de cultivos se puede atribuir principalmente a tres eventos históricos: 1) el movimiento de variedades indias (monoembríonicas) a lo largo de las rutas comerciales de los portugueses a África y Suramérica; 2) la propagación de las variedades del Sudeste Asiático (poliembríonicas), a través del océano Pacífico, a Centro y Suramérica por los españoles, y 3) la identificación de cultivares mejorados de mango, inicialmente en Florida y luego en otras nuevas áreas productoras de mango, como resultado de polinización entre germoplasmas de mango locales (Mukherjee & Litz, 2009).

Sobre este último evento histórico, se puede decir que el mejoramiento genético del cultivo hasta ahora ha dependido de la utilización de la variabilidad genética encontrada en una sola especie (*Mangifera indica*). Por su parte, Mukherjee et al. (1965) mencionan que se debe idear una estrategia de muestreo *in situ* con el fin de satisfacer las necesidades urgentes de la investigación y para la mejora genética del cultivo mediante métodos de propagación como la injertación, utilizando fuentes de resistencia a las enfermedades más importantes (antracnosis, mildiú polvoso, micosis, entre otras).

En la tabla 9, se presenta una lista parcial de los principales cultivares de mango. Incluye muchos cultivares que fueron identificados en una encuesta llevada a cabo por Watson y Winston (1984) sobre producción de mango en el mundo.

Tabla 9. Cultivares de mango más importantes y de mayor producción en el mundo

Continente	País	Cultivares
África	Costa de Marfil	Amelie, Kent
	Egipto	Alphonso, Bullock’s Heart, Hindi Be-Sennara, Langra, Mabrouka, Pairie, Taimour, Zebda
	Kenia	Boubo, Ngowe, Batawi
	Malí	Amelie, Kent
	Sudáfrica	Fascell, Haden, Keitt, Kent, Sensation, Tommy Atkins, Zill
Asia	Bangladesh	Aswina, Fazli, Gopal Bhog, Himsagar, Khirsapati, Langra
	China	Gui Fei, Tainong n.º 1, Keitt, Sensation, Zill, Zihua, Jin Huang
	India	Alphonso, Banganapalli, Bombay, Bombay Green, Chausa, Dashehari, Fazli, Fernandian, Himsagar, Kesar, Kishen Bhog, Langra, Mallika, Mankurad, Mulgoa, Neelum, Pairi, Samar Behisht, Suvarnarekha, Totapuri, Vanraj, Zardalu
	Indonesia	Arumanis, Dodol, Gedong, Golek, ‘Madu, ‘Manalagi
	Israel	Haden, Tommy Atkins, Keitt, Maya, Nimrod, Kent, Palmer
	Malasia	Apple Rumani, Arumanis, Golek, Kuala Selangor 2, Malgoa
	Birmania	Aug Din, Ma Chit Su, Sein Ta Lone, ‘Shwe Hin Tha Anwar Ratol, Began Pali, Chausa, Dashehari, Gulab Khas, Langra, Siroli, Sindhri, Suvarnarekha, Zafran.

(Continúa)

(Continuación tabla 9)

Continente	País	Cultivares
Asia	Pakistán	Anwar Ratol, Began Pali, Chausa, Dashehari,
	Filipinas	Carabao, Manila Super, Pico, Gulab Khas, Langra, Siroli, Sindhri, Suvarnarekha, Zafran
	Taiwán	Irwin, Jin-hwung, Keitt, Tommy Atkins, Tainong, No. 1, Tsar-swain
	Tailandia	Nam Doc Mai, Ngar Charn, Ok Rong, Keow Savoey, Pimsen Mum
Oceanía	Australia	Calypso, Kensington Pride
Norte y Centroamérica	Costa Rica	Haden, Irwin, Keitt, Mora, Tommy Atkins
	República Dominicana	Haden, Keitt, Kent, Tommy Atkins
	Guatemala	Haden, Keitt, Kent, Tommy Atkins
	Haití	Francine, Madame Francis
	México	Ataulfo, Haden, Keitt, Kent, Manila, Palmer, Sensation, Tommy Atkins, Van Dyke
	EE. UU.	Keitt, Kent, Tommy Atkins
Suramérica	Brasil	Bourbon, Coite, Coquinho, Coracao, Espada, Haden, Itamaraca, Keitt, Mamaro, Palmer, Rosa, Tommy Atkins, Uba, Van Dyke
	Colombia	Vallenato
	Ecuador	Haden, Keitt, Kent, Tommy Atkins
	Perú	Haden, Keitt, Kent, Tommy Atkins
	Venezuela	Haden, Keitt, Kent, Tommy Atkins

Fuente: Watson y Winston (1984)

En Colombia se pueden identificar más de 100 variedades locales, de las cuales se comercializan cerca de 16, clasificadas en dos grandes grupos: los mangos criollos (común, mariquiteño, chancleto, vallenato y azúcar) y mangos mejorados (Tommy Atkins, Keitt, Kent, Haden, etc.), con grandes diferencias en cuanto al comportamiento

fenológico y productivo en las diferentes regiones (García Lozano et al., 2017). El mayor contenido de fibra y el menor tamaño es lo que diferencia principalmente a los mangos criollos de los mejorados. Los mangos criollos son utilizados para el consumo en fresco o para la industria (jugos y pulpas de exportación) y se producen principalmente en los departamentos de Cundinamarca, Tolima, Antioquia, Cesar, Magdalena, Atlántico, Córdoba y Bolívar (Aristizábal, 2004; Cañón, 2005).

En una expedición de colecta de mangos naturalizados realizada en los departamentos de Cundinamarca, Tolima, Antioquia, Cesar, Magdalena, Atlántico, Córdoba y Bolívar, García Lozano et al. (2010a) caracterizaron 50 cultivos criollos, y entre ellos identificaron tres grupos. El primero de ellos es el “criollo poliembriónico”, el más representativo de los departamentos mencionados, en los cuales se presentan mangos de diferentes tamaños, con predominio de frutos de pequeños a medianos (menores de 250 g), contenidos de fibra de altos a medios, colores verdes a amarillos cuando están maduros y alto grado de poliembriónía en la semilla.

El segundo grupo, llamado “criollo”, tiene frutos de tamaño mediano, de aproximadamente 300 g, con menor fibra, diferentes grados de poliembriónía, y colores variables con tonalidades rojas principalmente. El tercer y último grupo es el llamado “criollo de fruto grande”, cuyos mangos superan los 300 g, son similares a las variedades de mesa o mejoradas, tienen menos fibra, y colores amarillos con tonalidades rojas.

En la región Caribe colombiana, se pueden encontrar más de 147 ecotipos de mango criollo, entre los cuales se destacan el Magdalena River y el mango de azúcar (García Lozano et al., 2017). Este último se concentra principalmente en Cesar, Córdoba y Magdalena, en los municipios de Curumaní, Cereté, Santa Marta, Ciénaga y Zona Bananera, y se cultiva de forma comercial entre los 11 y 300 m s. n. m. (García Lozano et al., 2010b; Varón et al., 2017a). En la figura 13, se resumen las principales características del mango de azúcar.

Fotos: Rommel Igor León Pacheco



Figura 13. Características morfoagronómicas del mango de azúcar.

Fuente: García Lozano et al. (2010a)

La propagación del mango de azúcar en la región Caribe se realiza principalmente mediante injertación, por lo general sobre patrones de mango de hilaza, razón por la cual, además de ser una especie introducida, su resultado esperado es de baja diversidad genética. Un estudio con nueve microsatélites realizado por la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA caracterizó la diversidad genética de 84 individuos provenientes de poblaciones de mango de azúcar de los departamentos de Atlántico, Bolívar, Cesar, La Guajira y Magdalena y encontró una diversidad baja, con un índice de heterocigosidad observado muy bajo, de 0,69 ($\pm 0,029$). Así mismo, se identificaron doce alelos privados o exclusivos, seis de ellos para el cultivar mango de azúcar y los seis restantes para el cultivar mango de hilaza (Abaunza et al., 2016). A pesar de esta baja variabilidad genética, trabajos de caracterización morfoagronómica del mango de azúcar en la región Caribe, como los realizados por González Gutiérrez (2002), Tobón Abello y Ojito Olivares (2001) y Abaunza et al. (2016), dan cuenta de una alta variabilidad en las características del tamaño y peso de la fruta, y en cualidades organolépticas como forma, color, sabor, contenido de fibra, sólidos solubles, porcentaje de acidez, lo cual puede ser reflejo de la influencia del medio ambiente y de variables de manejo del cultivo.

Propagación

El mango se reproduce naturalmente por semillas, la cual es solitaria, grande, plana, ovoide, oblonga y está rodeada por un endocarpio fibroso. Las semillas son dicotiledóneas y pueden ser monoembriónicas (contienen un solo embrión cigótico, cuya forma de cotiledón es de tamaño desigual o lobulado) o poliembriónicas (contienen dos o más embriones), usualmente con un embrión cigótico y los restantes nucelares, derivados directamente del tejido materno. Las plántulas provenientes de embriones nucelares son las deseadas para patrones, pues permiten tener un huerto homogéneo y mantienen las características de las plantas madre, aunque pueden presentar alguna variabilidad genética debido a mutaciones somáticas (Mukherjee & Litz, 2009).

En Colombia, los patrones deben adaptarse muy bien a factores ambientales adversos y diversos como sequías, inundaciones, altas temperaturas, alta radiación, y deben ser tolerantes a las principales plagas y enfermedades. Profrutales usa principalmente

los siguientes patrones: Sabré, 4.9, hilacha y Arauca, este último de gran importancia porque sus características son ideales para producir plantas de bajo porte (García Lozano et al., 2017).

Para el mango de azúcar, es deseable que el patrón induzca buen rendimiento, un tamaño promedio de fruto mayor a 200 g, 75 % de pulpa (semilla pequeña y corteza de fruta delgada) y contenido de sólidos solubles totales de 14 a 18 °Bx (García Lozano et al., 2010c).

Para la selección del patrón, también se deben considerar aspectos como facilidad de adaptación, porcentaje de germinación, buen desarrollo radicular, fácil injertación y compatibilidad con la variedad que se va a injertar. La figura 14 resume los principales métodos de propagación existentes para el cultivo de mango.

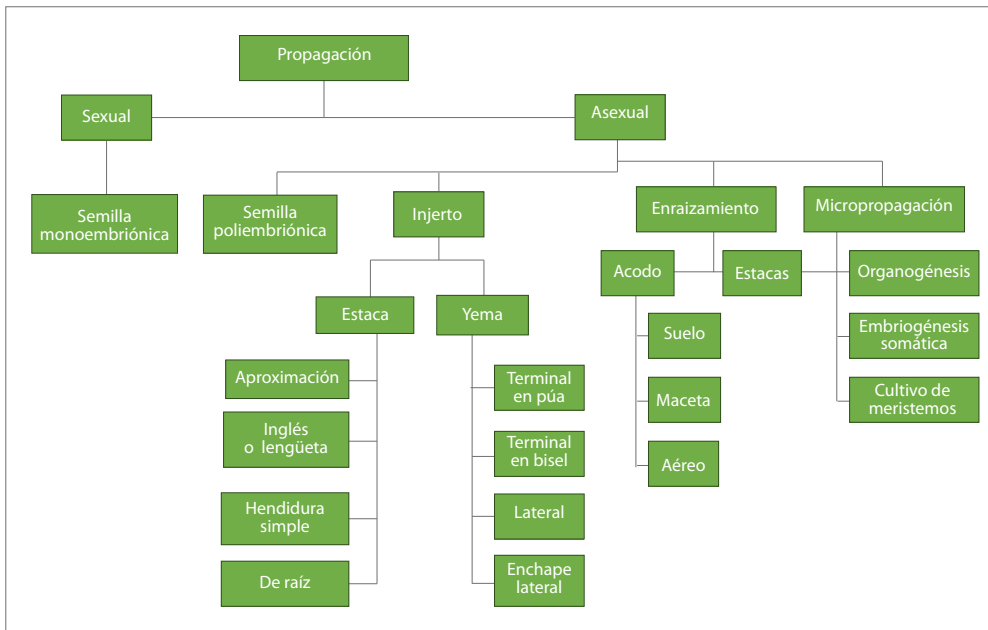


Figura 14. Métodos de propagación para el cultivo de mango.

Fuente: Mukherjee y Litz (2009)

Viveros

La Resolución ICA 003180 del 26 de agosto de 2009 regula los requerimientos para la producción y distribución de material de propagación de frutales en Colombia. Sin embargo, características de producción del material de siembra como altura del injerto, tamaño del patrón, raleo de brotes de semillas poliembriónicas y materiales vegetales utilizados no están contempladas en la resolución, ya que corresponden a parámetros definidos por los resultados de investigación y se abordarán a continuación.

El uso del mango de azúcar como patrón es casi nulo. Para esta variedad, el patrón utilizado con más frecuencia por los viveristas es el mango de hilaza (hilacha), sobre el cual se injertan yemas (varetas) del mango de azúcar.

Propagación por semilla

Para obtener las semillas, se cosechan frutos maduros del cultivar seleccionado como patrón. Se deben evitar los frutos sobremaduros ya que sus semillas pueden haber germinado en el fruto. Las frutas se pelan y las semillas se separan de la pulpa, se lavan con agua potable y se ponen a secar a la sombra por dos días. Posteriormente, se seleccionan cuidadosamente las semillas, eliminando todas aquellas que presenten necrosis por hongos o daños fisiológicos como deformaciones o malformación de los cotiledones, entre otros.

La conservación de la semilla se realiza en lugares secos y ventilados por un tiempo no mayor a 20 días, debido a que pierden rápidamente su poder germinativo. Si las semillas se van a almacenar por un tiempo superior, de 20 días a tres meses, se recomienda hacerlo a una temperatura constante de 15 °C (Huete & Arias, 2007).

Para favorecer la germinación de las semillas y garantizar condiciones de calidad, se elimina la testa con una tijera, evitando dañar el cotiledón (figura 15). Después de retirada la testa, las semillas son sometidas a un tratamiento con carboxin + captan en concentración de 10 g/kg de semilla, de acuerdo con la metodología propuesta por Baíza Avelar (2003).



Foto: Yesith Darith Montero Cantillo

Figura 15. Eliminación de la testa para preparación de la semilla.

En el germinador, se coloca la semilla con el lado convexo hacia arriba (figura 16); se cubre ligeramente con el sustrato seleccionado, generalmente compuesto por cascarilla de arroz y sedimento de río en proporción de 2:1, previamente desinfectado, y se realiza el riego.



Foto: Yesith Darith Montero Cantillo

Figura 16. Semillas en el germinador, las cuales se colocan con el lado convexo hacia arriba.

Para mantener las condiciones adecuadas de humedad en el suelo, deben realizarse dos riegos diarios. Las semillas, una vez sembradas, permanecen bajo polisombra, con reducción de luz de 50 a 60 %, hasta lograr la emergencia del tallo (epicótilo) por encima de los cotiledones de la semilla (figura 17).



Fotos: Carlos Alberto Abaunza González

Figura 17. Emergencia del epicótilo a partir de las semillas colocadas en el germinador. a. Riego de semillas recién germinadas; b. Germinación de plantas de mango azúcar.

En caso de no contar con un germinador, las semillas se pueden sembrar directamente en la bolsa. Según lo establecido en la Resolución ICA 003180, para el trasplante se emplean bolsas tipo 1 (material polietileno negro de primer uso, calibre 3, con aditivo UV, de 43 cm de largo por 20 cm de ancho incluyendo fuelle, con nueve perforaciones laterales en el tercio final).

Para su organización, se trazan secciones de 8 o 10 hileras dobles o triples de 20 m a 25 m de largo, separadas entre sí por pasillos interiores y transversales de 60 cm. Entre una sección y otra se deja una calle de 3,0 m. Las bolsas deben estar a una altura del suelo no inferior a 20 cm (figura 18).



Fotos: Carlos Alberto Abaunza González

Figura 18. Plántulas de mango. a. Disposición de las bolsas en vivero; b. Bolsas colocadas a una altura de 20 cm del suelo.

Propagación asexual o vegetativa

La propagación asexual se utiliza para conservar los fenotipos únicos de selecciones superiores. Se basa en los métodos de injerto y enraizamiento y en el de cultivo de plántulas nucelares (embriones asexuales) de mangos poliembriónicos mediante micropropagación. Estos métodos permiten mantener las mismas características de la planta madre y obtener una producción más temprana. Aunque para regenerar el mango se han reportado métodos *in vitro* mediante embriogénesis somática, organogénesis y cultivo de punta de brote, su aplicación práctica para la propagación aún no se ha demostrado.

Propagación de las variedades mediante injerto

Para la propagación asexual de las variedades de mango, la técnica más usada y efectiva es la del injerto. Existen diferentes métodos de injerto, entre los cuales están el injerto de corteza o corona, el de hendidura o cuña, el de bisel o empalme, el lateral y el injerto en T o escudo.

Para el mango azúcar se recomienda el injerto tipo bisel. Este injerto se realiza una vez el patrón ha alcanzado más de 20 cm de altura y el tallo de 1,5 a 2,5 cm de grosor. El patrón debe estar sano, sin deficiencias nutricionales y en crecimiento activo. Para hacer el injerto, se realiza en el tallo del patrón un corte lateral, inclinado, en forma de bisel. De igual manera, pero en sentido inverso, se hace un corte en la yema. Posteriormente, se une la yema al patrón amarrándolos con una cinta plástica (figura 19).



Fotos: Carlos Alberto Abaunza González

Figura 19. Injerto tipo bisel en mango de azúcar. a. Corte del patrón; b. Portainjerto y yema (vareta); c. Corte del acople de la vareta con el patrón; d. Unión del acople de la vareta con el patrón; e. Amarre del injerto con cinta; f. Embolsado del injerto con doble bolsa.

Es importante seleccionar correctamente la yema para el injerto. Debe ser una yema terminal de 10 cm de largo y diámetro similar al del portainjerto, cuyas hojas hayan pasado por la fase de cambio de coloración (de bronceadas a verdes).





Capítulo IV

Requerimientos edafoclimáticos para el desarrollo del cultivo

Carlos Alberto Abaunza González y Marlon José Yacomelo Hernández

Si bien aún no existen estudios de requerimientos óptimos, específicos para la variedad azúcar, se sabe que las condiciones edafoclimáticas en el departamento del Magdalena, particularmente en el municipio de Ciénaga, son deseables. Tanto es así, que el mango de azúcar proveniente de dicha región es apetecido por los comerciantes.

El análisis mediante microsátélites de la diversidad genética del mango de azúcar ha demostrado su cercanía con la variedad criolla hilaza, y por tanto se espera que los requerimientos edafoclimáticos sean similares para las dos variedades (García, 2005; Abaunza et al., 2016). Sin embargo, la oferta ambiental está muy relacionada con la calidad de la fruta y en eso son muy diferentes los estándares para el mango de hilaza, que en su mayoría se destina a la agroindustria, y para el mango de azúcar, que se consume en fresco. La humedad es un factor especialmente limitante, sobre todo porque sus altos niveles se relacionan con una mayor incidencia de antracnosis, enfermedad que demerita la calidad del mango.

Suelos

La pendiente óptima (el grado ideal de inclinación del terreno) para la variedad azúcar debe ser inferior a 12 %, aunque el cultivo puede establecerse en pendientes mayores, hasta de 50 %, con otras prácticas de manejo adicionales que incrementan los costos de producción. Un gradiente de pendientes planas o ligeras disminuye el riesgo de erosión y degradación de los terrenos, facilita la mecanización y permite mejor adecuación de la infraestructura (Mora Montero et al., 2002).

El mango se adapta muy bien a todo tipo de suelos, pero los huertos comerciales son rentables en suelos con texturas de franco-arenosas a franco-arcillosas, de gran profundidad, que permitan el desarrollo del sistema radical, el cual requiere de mínimo un metro de suelo sin limitantes (Mora Montero et al., 2002).

El régimen de humedad adecuado del suelo es el ústico, que implica humedad limitada pero una condición favorable para el cultivo (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 1997; Miranda, 2012). Se requiere que los suelos tengan buen drenaje, ya que de no ser así, las raíces pueden tener menos crecimiento y desarrollo y verse atacadas con frecuencia por hongos que destruyen el sistema radical (FAO, 1997). El drenaje deficiente provoca trastornos en floración y amarre de frutos, además de problemas fitosanitarios.

El contenido de materia orgánica del suelo modifica la textura, mientras que el drenaje favorece la circulación del aire, la cual ayuda a proveer cantidades óptimas de agua, nutrientes y oxígeno a las raíces de las plantas. Para el mango de azúcar, se considera que el contenido adecuado de materia orgánica debe ser igual o superior a 2 %, puesto que se presentan dificultades en suelos con contenidos de materia orgánica inferiores a 1 %. El nitrógeno tiene influencia sobre el crecimiento de la planta, el tamaño del fruto y su maduración, y lo adecuado es tener un suelo con un contenido de 0,1 % de N (FAO, 1995, 1997, 1999; Gómez, 2012). Algunos autores señalan que suelos muy ricos en materia orgánica pueden ocasionar el excesivo crecimiento del árbol, algo que hoy no se considera ideal puesto que dificulta la cosecha y una adecuada floración.

El rango de pH óptimo para esta variedad está entre 5,5 y 7,0 (FAO, 1997, 1999; Gómez, 2012). Si bien el mango soporta y se adapta a suelos con pH de 5,5 a 8,5, comercialmente son rentables con una pH de 6 a 7,5.

La saturación de aluminio del suelo se refiere al contenido soluble de este elemento, y en este sentido, la variedad azúcar requiere un porcentaje de saturación bajo, menor de 1,1 %, (FAO, 1997, 1999; Gómez, 2012). La saturación de bases debe estar próxima a 80 %, mientras que la salinidad debe ser menor de 2,0 dS/m del suelo para que la variedad tenga un buen crecimiento (FAO, 1997, 1999; Gómez, 2012). Una temperatura del suelo superior a 27 °C (suelo isomegatérmico) se considera adecuada para un crecimiento óptimo de la variedad (FAO, 1997; Miranda, 2012) (figura 20).

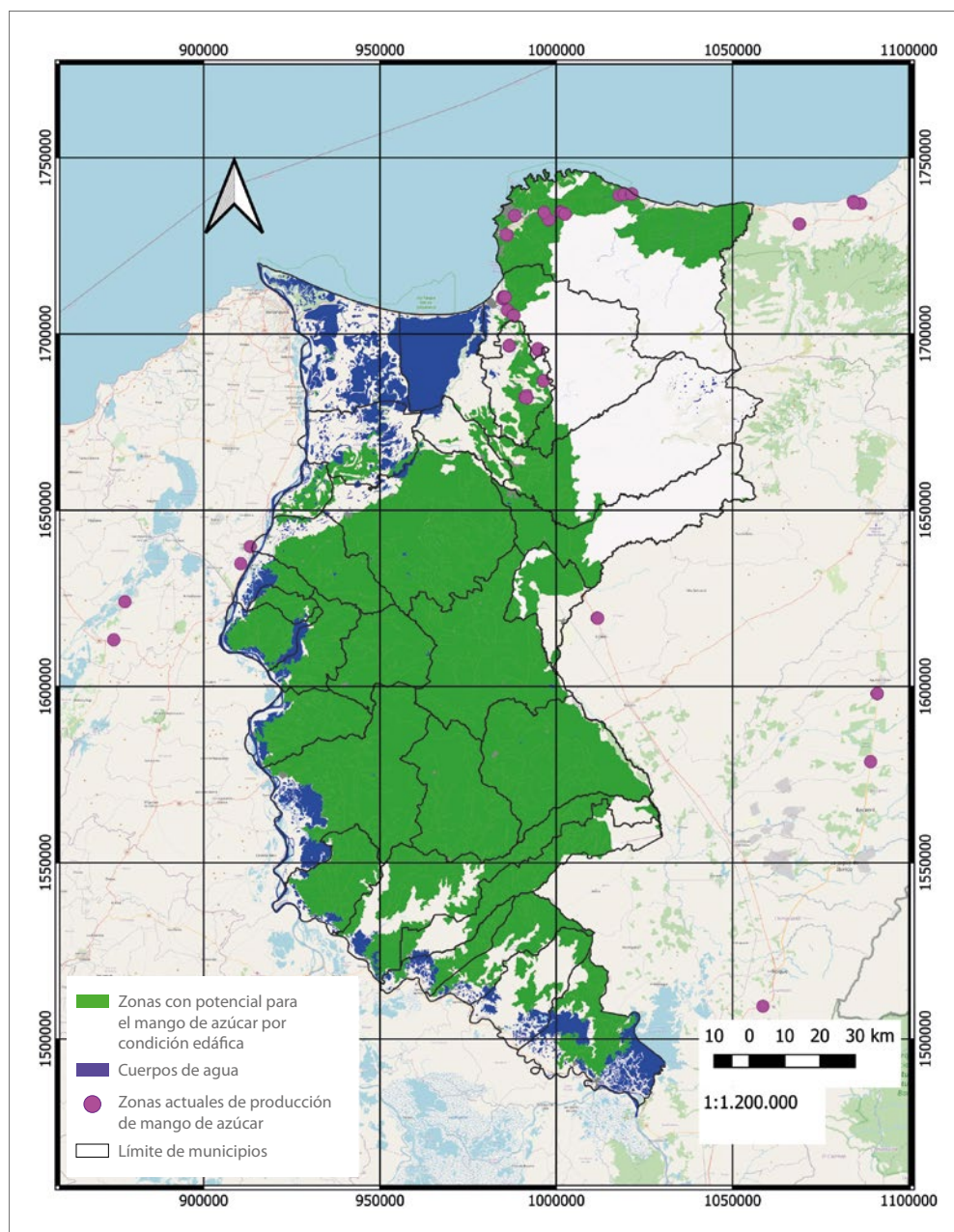


Figura 20. Suelos de mejor aptitud para el cultivo de mango de azúcar en el departamento del Magdalena.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del IGAC (2009)

Temperatura

La temperatura máxima promedio adecuada para el cultivo del mango de hilaza, y consecuentemente para el mango de azúcar, está entre 30 y 34 °C. Bajo estas condiciones, el cultivo tiene buen crecimiento, buena floración y un adecuado desarrollo del fruto. A temperaturas inferiores a 27 °C, la variedad azúcar presenta disminución en su floración y fructificación (Fischer & Orduz-Rodríguez, 2012; Miranda, 2012). Las bajas temperaturas generan frutos deformados, y con temperaturas altas la producción baja, se acelera la maduración y se forman frutos pequeños (Rosas, 2014). Las temperaturas menores de 18 °C en la noche optimizan la prefloración. En el trópico, la floración y cuajamiento no dependen en gran medida de la disminución de la temperatura, como sí ocurre en el subtrópico, donde estos procesos se ven beneficiados con temperaturas entre 18 y 24 °C. Para el trópico, cobra relevancia el efecto de los periodos climáticos, principalmente la alternancia de periodos de lluvia y verano, la cual estimula la floración (García Lozano, 2011).

La altitud está relacionada con la temperatura, y para la siembra de la variedad azúcar, la óptima debe ser inferior a 600 m s. n. m. Si se siembra a mayor altitud, el crecimiento de la planta será menor, se alargará el ciclo del cultivo, se afectará la productividad y se tendrán frutos de menor calidad (FAO, 1999; Fischer & Orduz-Rodríguez, 2012) (figura 21).

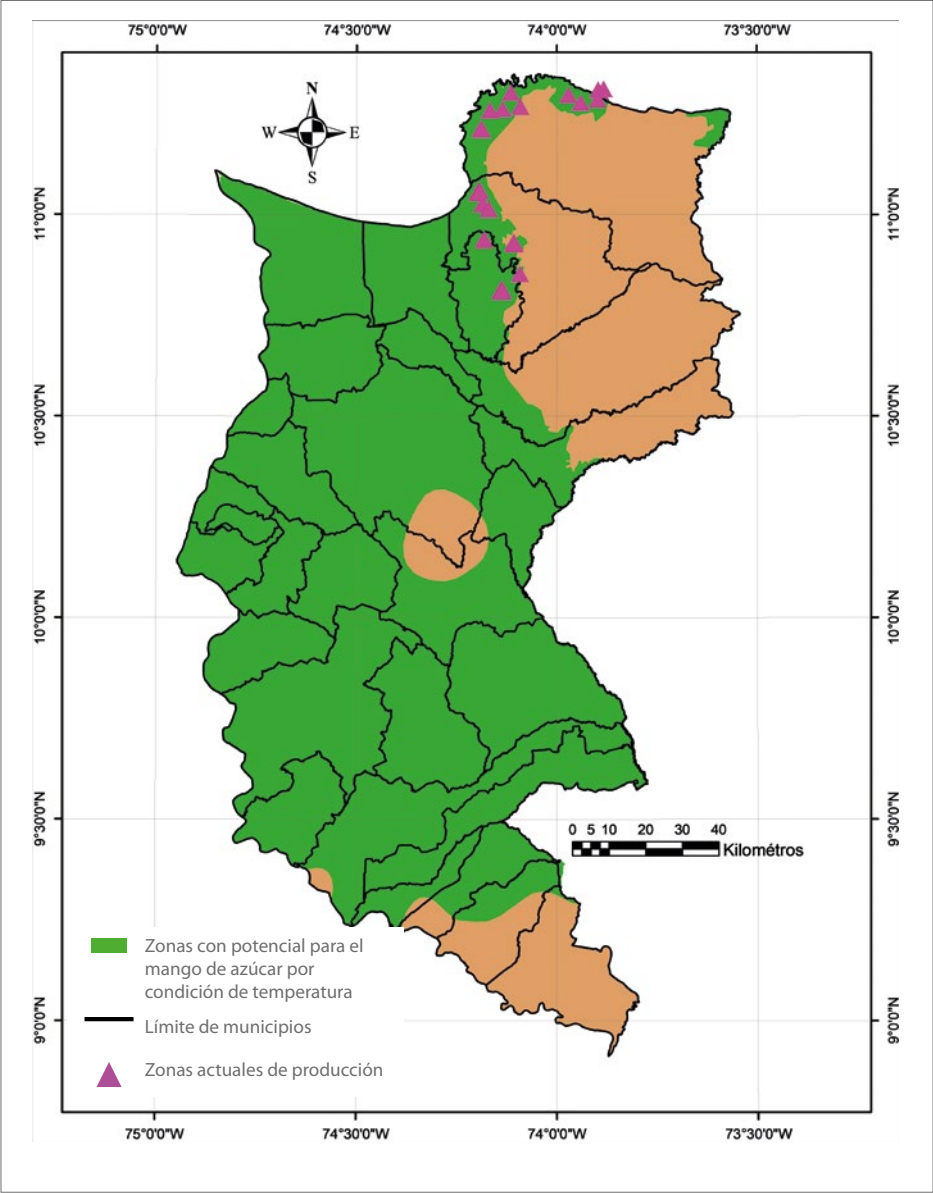


Figura 21. Mejores áreas con aptitud para el cultivo de mango de azúcar por temperaturas máximas en el departamento del Magdalena.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Corpoica (2016)

Brillo solar

El mango de azúcar es muy exigente en radiación solar para floración y fructificación. El mango de este cultivar que se produce con baja intensidad lumínica tiene la cáscara delgada, y un promedio de peso y contenido de jugo más bajos. Una buena orientación del cultivo aumenta la productividad e influye en la maduración y la coloración de los frutos (Molina, 2011). Se considera óptimo un rango de luz solar de 5,2 a 6,0 h/día (Fischer & Orduz-Rodríguez, 2012; Miranda, 2012).

Precipitación

Para garantizar el crecimiento normal de esta variedad, la cantidad de lluvia ideal debe ser superior a 500 e inferior a 1.200 mm/año y debe estar bien distribuida en el tiempo. Es importante que la precipitación venga seguida de un periodo de sequía no inferior a dos meses, pero que la cantidad total de lluvias no supere los 1.500 mm/año, ya que el exceso de precipitación y los altos contenidos de humedad en el suelo prolongan los estadios vegetativos, estimulan el crecimiento del árbol, prolongan los periodos de maduración de las yemas, disminuyen los porcentajes de floración y ocasionan pérdidas de floración y amarre de frutos por problemas fitosanitarios, principalmente antracnosis (García Lozano, 2011). Con precipitaciones bajas, la producción es satisfactoria, y si la baja precipitación se mantiene en los periodos de floración y después del cuajamiento y amarre de frutos, se reduce la incidencia de la antracnosis (Fischer & Orduz-Rodríguez, 2012; Miranda, 2012).

En zonas muy lluviosas, los árboles son frondosos, pero la producción es menor. La sequía prolongada en la etapa de llenado de los frutos puede reducir la producción y calidad, dado que en ella se presentan mayores números de abortos y frutos pequeños. El exceso de lluvia acompañado de altas temperaturas favorece la proliferación de enfermedades y dificulta la cosecha. Lo ideal es que la precipitación sea cercana a 1.000 mm anuales, que se presente un periodo de sequía de aproximadamente cuatro a seis meses, que este coincida con las épocas de floración y fructificación y que la precipitación anual no exceda los 600 mm (Molina, 2011) (figura 22).

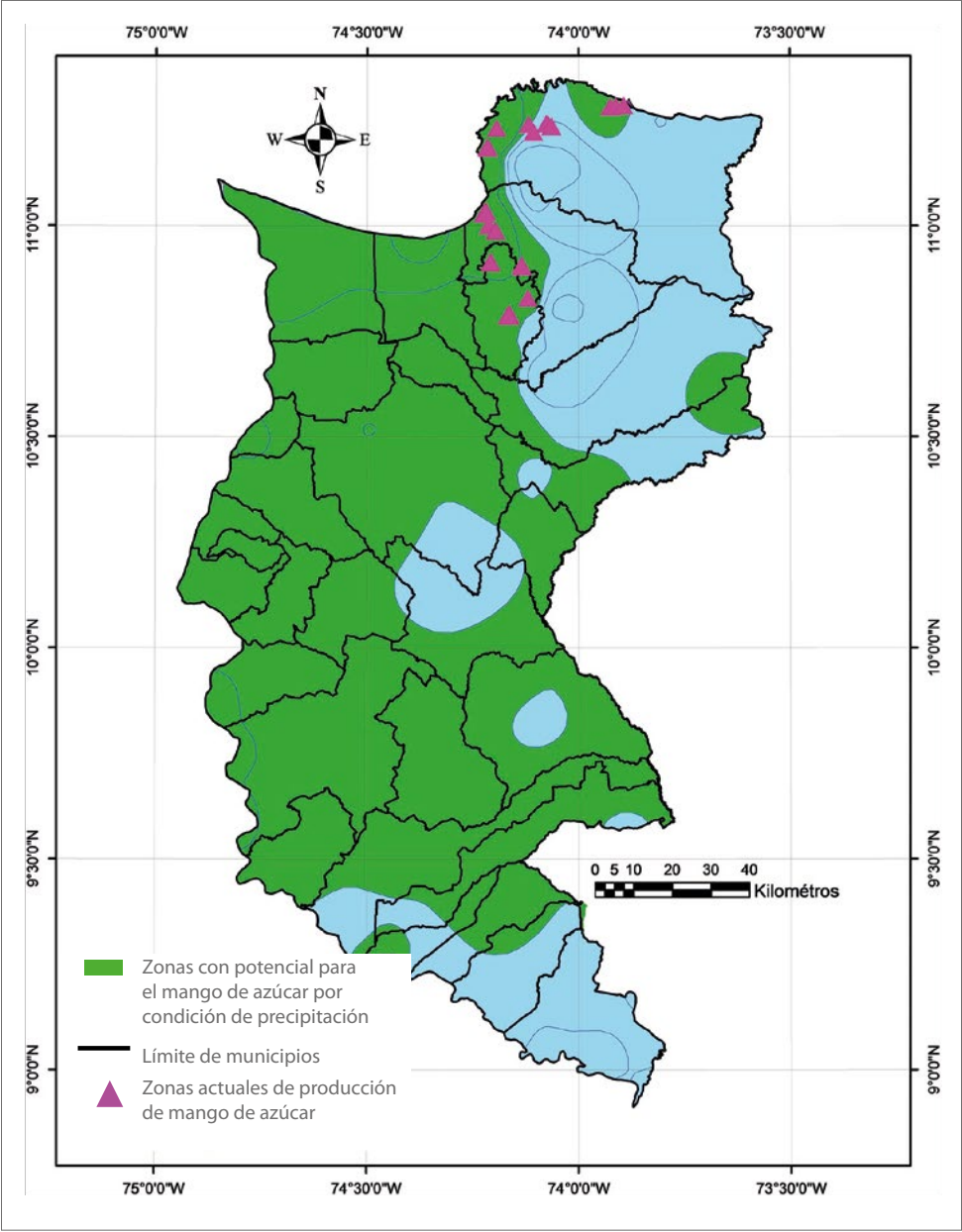


Figura 22. Áreas con aptitud para el cultivo de mango de azúcar por precipitación media anual en el departamento del Magdalena.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del IGAC (2009) y Corpoica (2016)

Humedad relativa

La alta susceptibilidad del cultivo a enfermedades causadas por hongos, como la antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides* [Penz.] Penz. & Sacc.), se debe principalmente a que las condiciones predisponentes de la enfermedad son la alta humedad relativa. Sin embargo, cuando la humedad es excesivamente baja se producen quemaduras en los frutos, problemas de polinización y fecundación y finalmente baja productividad. Cambios drásticos en la humedad relativa pueden provocar cuarteamiento de los frutos, debido a las diferencias de presión que se presentan en las paredes de estos (Fischer & Orduz-Rodríguez, 2012; Miranda, 2012).

Vientos

El viento desempeña un papel importante en la producción del mango de azúcar. La velocidad en la zona del cultivo en el municipio de Ciénaga varía durante el día, pero su promedio diario es de 12,2 km/h. Con vientos de más de 10 km/h, deben establecerse barreras naturales de rápido crecimiento.

Los vientos fuertes y fríos generan pérdidas de floración y de fruta próxima a cosechar, aunque no es el caso de la zona. Los vientos con temperaturas altas y baja humedad, como los que ocurren a sotavento de la SNSM, pueden romper el equilibrio hídrico de la planta por excesiva evapotranspiración (Molina, 2011; García Lozano et al., 2017).

La figura 23 representa las zonas con potencial alto para el cultivo de mango de azúcar, de acuerdo con las condiciones edafoclimáticas del departamento del Magdalena.

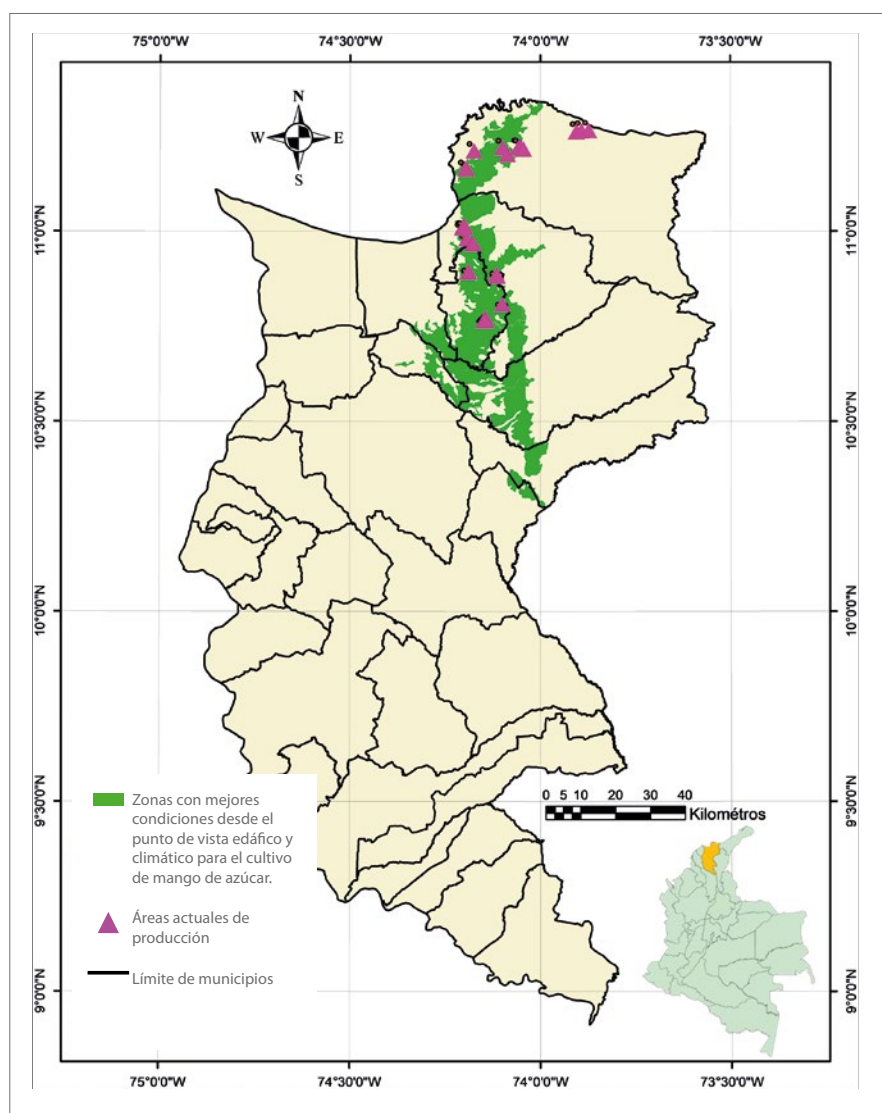


Figura 23. Zonas con potencial para el cultivo de mango de azúcar en el departamento del Magdalena por su oferta edafoclimática

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Corpoica (2016), IGAC (2009), Aguilar et al. (2018) e Ideam (2010)

La tabla 10 resume los requerimientos edafoclimáticos (de clima y de suelos) para el cultivo de mango de azúcar, de acuerdo con varios autores. En la tabla se desarrollan categorías (apto, moderado, marginal y no apto) para las variables ambientales, según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (1983).

Tabla 10. Requerimientos ambientales para el cultivo de mango de azúcar

Variable	Unidad de medida	Categorías			
		Apto	Moderado	Marginal	No apto
Precipitación	mm de agua/año	500 - <700	700 - <1.500	<500	≥1.500
Temperatura	°C promedio/año	30 - <34	27 - <30	<27 - 42	≥42
Altitud	m s. n. m.	<600	600 - <800	800 - <1.200	≥1.200
Brillo solar	h/día	5,2 - <6,0	4,5 - <5,2	4,0 - <4,5 y 6,0 y < 6,9	<4,0 - ≥6,9
Humedad relativa	HR (%) promedio anual	60 - <70	50 - <60	70 - <80	≥80
Profundidad efectiva	cm	≥100, muy profundos	75 - 100	50 - 75	<50
Textura	Clase	F, FL, L	FA	FAr, FAAr, FLAr	Ar, ArA, ArL
Humedad del suelo	Régimen	Ústico	Údico	Árido	Ácuico, perúrico
Temperatura del suelo	Clase	Isomegatérmico	Isohipertérmico	Isotérmico	Isoésico, isofrígido
Drenaje natural	Clase	Bueno	Moderadamente drenado	Imperfectamente drenado	Excesivo, pobre, muy pobremente drenado
Carbono orgánico	%	≥1,2	0,9 - <1,2	0,6 - <0,9	<0,6

(Continúa)

(Continuación tabla 10)

Variable	Unidad de medida	Categorías			
		Apto	Moderado	Marginal	No apto
Fertilidad	Fórmula	Alta (6,8 - <8,3); muy alta (≥8,4)	Moderada (5,2 - <6,7)	Baja (3,7 - <5,1); muy baja (≤3,6)	
pH		5,5 - <7,0	7,0 - <7,5	<5,5	≥7,5
Pendiente	%	<15, plano a moderadamente ondulado	12 - <25	25 - <50	≥50
Grado de erosión	Clase	No hay o ligera	Moderada	Moderada	Severa o muy severa

Fuente: Hernández y Vega (s. f.) y Banco de Desarrollo Empresarial de Colombia (Bancoldex) (2014)



Capítulo V

Manejo del recurso suelo

Carlos Alberto Abaunza González y Marlon José Yacomelo Hernández

El suelo es considerado un recurso natural no renovable (FAO, 2015). Por tanto, es necesario realizar prácticas que permitan su cuidado y a la vez la producción de mango de azúcar.

Manejo del suelo en cultivos de mango

En este capítulo se tratan algunas prácticas de manejo del suelo y de la nutrición vegetal para el establecimiento y manejo de un cultivo de mango de azúcar. Se mencionan las formas de preparación del suelo, los métodos de fertilización y los principales indicadores físicos y químicos que se deben tener en cuenta al realizar un diagnóstico de calidad y salud de los suelos para la producción agrícola.

Preparación del suelo para el establecimiento del cultivo

Para el establecimiento del cultivo se debe preparar el suelo, previo diagnóstico de las propiedades físicas del mismo. Las propiedades físicas más importantes que deben medirse son la estructura, la textura y la densidad aparente. La estructura de un suelo determina la circulación del aire, lo cual permite a los organismos del suelo respirar y funcionar. La proporción de arena, limo y arcilla determina la textura. La densidad aparente es una propiedad dinámica que varía con la condición estructural del suelo y es un indicador de la compactación y de las restricciones al crecimiento de las raíces.

La toma de muestras para el análisis debe realizarse con el suelo en su capacidad de campo (suelo húmedo) y no disturbado. Los resultados del análisis permiten identificar los posibles problemas físicos presentes en el suelo, como compactación y pérdida de estructura, que son limitantes para el desarrollo de las plantas. Además, a partir de los resultados se puede seleccionar el tipo de labranza que requiere el suelo para mejorar la estructura y garantizar que el sistema radicular de las plantas se desarrolle en óptimas condiciones y aproveche con mayor eficiencia los nutrientes y el agua del suelo. El análisis de densidad aparente es necesario hasta una profundidad de 100 cm, con determinaciones cada 10 cm. Este análisis permite identificar aquellas profundidades en las cuales el suelo presenta problemas de compactación, de profundidad efectiva o de restricciones para el desarrollo radical.

Con base en la información anterior, se puede seleccionar el tipo de labranza necesario para preparar el suelo. La labranza comprende todas aquellas prácticas de manejo que se llevan a cabo con máquinas que se desplazan sobre el suelo y cuyos objetivos son mejorar el espacio físico en el cual van a crecer las raíces, mejorar la aireación, favorecer la entrada y acumulación de agua para las plantas e incorporar materia orgánica al suelo. Dentro de los tipos de labranza más utilizados se encuentran la primaria, la secundaria, la convencional, la reducida, la mínima y la cero. Las dos últimas, la mínima y la cero, son las sugeridas para preparar el suelo.

La labranza mínima consiste en realizar el menor número de labores en el suelo, pero garantizando buena infiltración y drenaje. La labranza cero se basa en preparar únicamente el sitio donde se establecerán las plantas (Alvarado Ochoa et al., 2011). Para esto, es necesario abrir un hoyo de aproximadamente 40 cm de longitud $\times$ 40 cm de ancho $\times$ 50 cm de profundidad, incorporar en el fondo aproximadamente 1 kg de abono orgánico + 200 g de fertilizante edáfico a base de fósforo y tapar esta mezcla con una capa de suelo de 3 cm de espesor para que no tenga contacto directo con las plantas y evitar que ocasione toxicidad. En los otros tipos de labranza se utiliza el mismo procedimiento para la siembra en campo, con la diferencia de que el tamaño del hoyo se puede reducir en longitud y ancho (25 cm en ambos casos $\times$ 50 cm de profundidad). La utilización de estos tipos de labranzas permite reducir al máximo el deterioro físico del suelo. En la tabla 11 se presentan las densidades aparentes ideales con base en la textura del suelo (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos [USDA, por su sigla en inglés], 1999) y se sugieren algunos tipos de labranza que se pueden utilizar según las características físicas del suelo.

Tabla 11. Relación general entre densidad aparente del suelo y crecimiento radicular, con base en la textura del suelo

Textura del suelo	Densidades aparentes ideales (g/cm ³)	Densidades aparentes que pueden afectar el crecimiento radicular (g/cm ³)	Densidades aparentes que restringen el crecimiento radicular (g/cm ³)
Arena (A) Arena franca (AF)	<1,60	1,69	>1,80
Franca (F) Franco-arenosa (FA)	<1,40	1,63	>1,80
Franco-arcillosa (FAR) Franco-arcillo-arenosa (FARa)	<1,40	1,60	>1,75
Franco-limosa (FL) Franco-arcillo-limosa (FARL)	<1,30	1,60	>1,75
Arcillo-arenosa (ArA) Arcillo-limosa (ArL) Algunas franco-arcillosas (35-45 % de arcilla)	<1,10	1,39	>1,58
Arcillosa (>45 % de arcilla)	<1,10	1,39	>1,47
Tipo de labranza sugerido por los autores de acuerdo con el análisis de textura y densidad aparente.	Labranza cero (preparación de sitio de siembra) y labranza reducida (un pase de arado de cincel vibratorio y un pase de rastrillo).	Labranza mínima (dos pases de arado de cincel vibratorio + dos pases de rastrillo).	Labranza primaria (dos o tres pases de arado de cincel rígido + dos pases de rastrillo).

Fuente: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, 1999)

Fertilidad de los suelos

La fertilidad es la capacidad del suelo de aportar agua y nutrientes esenciales a las plantas para que estas completen su ciclo de vida. Es el resultado de la interacción entre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Los nutrientes son exclusivamente de naturaleza orgánica o mineral. Para nutrirse, las plantas toman del suelo principalmente 16 elementos esenciales: hidrógeno (H), oxígeno (O), nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S), hierro (Fe), manganeso (Mn), cobre (Cu), zinc (Zn), boro (B), cloro (Cl), molibdeno (Mo) y níquel (Ni), a los cuales hay que agregar el carbono (C), el cual es tomado por las hojas en forma de CO_2 (Osorio, 2014).

Herramientas de diagnóstico para el manejo de la fertilidad del suelo

Para hacer el cálculo de los planes de fertilización, es necesario hacer un diagnóstico basado en los atributos que afectan la disponibilidad de nutrientes, en la interacción con factores externos como los edafoclimáticos (clima, físicos, químicos y biológicos del suelo) y con los relacionados con el cultivo (producción, curva de extracción de nutrientes, potencial genético, estado fenológico y sistema radicular), y en las prácticas del cultivo (Burbano Orjuela & Silva Mojica, 2010). Las siguientes son algunas herramientas de diagnóstico:

- I. *Identificación de síntomas por deficiencia o exceso de nutrientes en las plantas:*
Para diagnosticar la deficiencia o exceso de un nutriente en la planta se debe tener en cuenta la distribución espacial de la deficiencia, la función fisiológica del elemento, la movilidad y posición del síntoma dentro de la planta y la senescencia de las hojas (Gómez & Castro, 2009).

Las deficiencias de los nutrientes N, P, K y Mg se manifiestan en las hojas viejas y tienen síntomas altamente móviles. Las de Ca, Fe, Mn, Cu, Zn y B tienen síntomas de baja movilidad que aparecen en las hojas más jóvenes. Los síntomas de la deficiencia de S aparecen en las hojas intermedias y tienen una movilidad moderada en la planta (Osorio, 2014) (tabla 12).

Tabla 12. Síntomas visuales de deficiencias nutricionales en la planta de mango

Parte afectada	Síntomas predominantes		Deficiencia
Tercio superior (hojas nuevas)	Clorosis	Generalizada	Fe
		Intervenal	Mn, Cu y Zn
	Deformaciones	Hojas asimétricas	B
		Hojas angostas	Zn y Mo
	Entrenudos cortos		Ca, Cu y Zn
	Necrosis		Ca y Cu
Tercio medio	Clorosis	Generalizada	S
Tercio inferior (hojas viejas)	Clorosis	Generalizada	N
		Intervenal	Mg
		Marginal (puntas y bordes)	K
	Hojas oscuras/mancha púrpura		P

Fuente: Osorio (2014)

II. *Análisis de suelo y foliares antes del establecimiento del cultivo:* Los análisis foliares en las plantas son complementarios con los del suelo y permiten tomar decisiones más acertadas al recomendar planes de fertilización. A continuación, se presentan los pasos para realizar un análisis de suelo en campo:

A. *Seleccionar áreas homogéneas en el lote (figura 24):* Lo primero que se debe llevar a cabo es seleccionar las áreas homogéneas para los lotes de producción de mango.

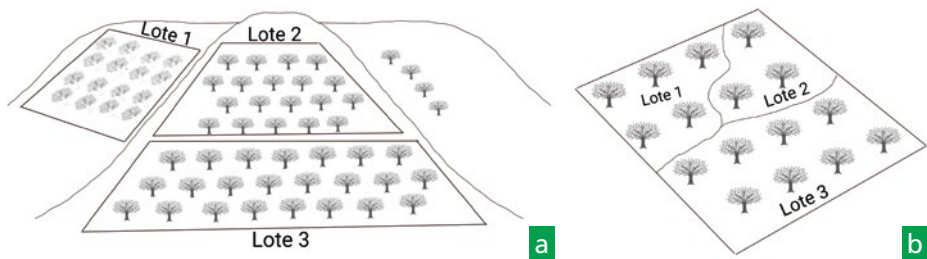


Ilustración: Leddy Ropero

Figura 24. Muestreo de suelo de acuerdo con las características del lote. a. Identificación de zonas homogéneas en suelos de montaña; b. Identificación de zonas homogéneas en un lote plano (pendiente <5 %).

- B. *Toma de muestras de suelo*: A continuación se presenta el paso a paso para realizar una toma de muestra en campo, con el fin de describir las características que debe tener el muestreo y su respectivo envío al laboratorio de suelos.
1. *Cultivos por establecer*: La muestra de suelo debe tomarse de dos a tres meses antes del establecimiento del cultivo, con el fin de poder enviarla al laboratorio y tener los resultados antes de establecer el cultivo. Se debe tomar una muestra de suelo representativa del lote, de aproximadamente 1 kg. La muestra consiste en una mezcla de al menos 20 porciones de suelo (submuestras) tomadas al azar dentro del lote donde se desea establecer el cultivo. Es importante tomarla cuando el suelo esté húmedo (capacidad de campo).

Para tomar la muestra, es necesario contar con los siguientes implementos: balde limpio, barreno o palín, machete limpio, bolsas plásticas y hojas de información para marcar las muestras (figura 25a). El muestreo se puede realizar en forma de zigzag, en cuadro o al azar.

Para frutales, la muestra se debe tomar a tres profundidades, de 0 a 20 cm, de 20 a 40 cm y de 40 a 60 cm. La concentración de nutrientes generalmente varía dependiendo de la profundidad y las plantas de mango pueden tomar nutrientes en las distancias mencionadas arriba.

Antes de tomar la muestra, es necesario raspar la superficie del suelo para eliminar sucios y materia orgánica, los cuales pueden alterar los resultados del laboratorio (figura 25b). Para la toma, se hace un hoyo en forma de V, de aproximadamente 20 cm de longitud y ancho $\times$ 60 cm de profundidad (figura 25c). En cada punto se toman tres muestras, una de 0 a 20 cm de profundidad, la segunda de 20 a 40 cm y la última de 40 a 60 cm.

La extracción de la muestra se realiza con un palín o barreno. En el primer caso, se introduce en el suelo el palín hasta la profundidad deseada, se extrae una porción de suelo de aproximadamente 20 cm de longitud $\times$ 15 cm de ancho $\times$ 3 cm de grosor, y de esta porción se extrae el cuadrante central de la muestra (se descartan la primera y la última parte, para evitar contaminación), para luego introducirlo en el balde limpio (figuras 25d, 25e, 25f). Esta operación debe repetirse cada vez que se tome

una submuestra (aproximadamente 20/ha). Al finalizar, se mezclan las submuestras de la misma profundidad tomadas en diferentes puntos del lote para homogeneizarlas y sacar una muestra de 1 kg (por esta razón, se aconseja usar un balde diferente para cada profundidad) (figura 25g). Las tres muestras finales (una por cada horizonte de suelo) deben marcarse con la siguiente información: nombre de la finca y propietario, nombre del lote y ubicación geográfica, pendiente, profundidad a la cual se tomó la muestra de suelo, cultivo y tipo de análisis solicitado (figura 25h). Se debe sacar una contramuestra adicional, por si hay alguna pérdida en el envío o algún daño del material en el laboratorio. Luego de empacar cada muestra, esta debe enviarse al laboratorio para sus respectivos análisis.



Fotos: Marlon José Yacomelo Hernández

Figura 25. Muestreo de suelo. a. Implementos necesarios para toma de muestra; b. Limpieza de la superficie del suelo; c. Hoyo para toma de muestra; d. Extracción de muestra; e. Limpieza de muestra; f. Depósito y mezcla de las diferentes muestras tomadas; g. Empaque de muestra; h. Marcate de muestra y contramuestra para envío a laboratorio.

2. *Cultivos establecidos*: Se realiza un muestreo en zigzag o en cuadro y se toman muestras de varios árboles del total del lote. Se sugiere tomar muestras de mínimo 20 árboles/lote no mayor de dos hectáreas. Se sigue el protocolo descrito anteriormente, pero en este caso las muestras se toman en lados opuestos de la copa de los árboles. En total se deben tomar cuatro submuestras por árbol, dos de 0 a 20 cm de profundidad y dos de 20 a 40 cm. Las muestras deben tomarse en el tercio medio del área de cubrimiento de la copa (figura 26). Todas las submuestras deben mezclarse según su profundidad para sacar una sola muestra representativa de la misma. Las muestras de suelo se toman quince días después de la cosecha principal, en atención a que la planta ha realizado un esfuerzo grande para obtener la producción y requiere de nutrición para recuperarse y volver a iniciar su ciclo fenológico de la mejor manera.

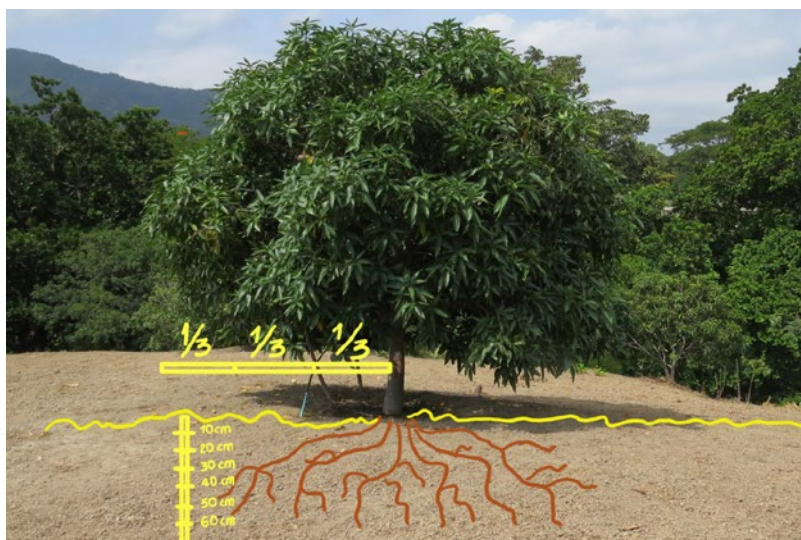


Foto: Angela M. Arcila Cardona

Figura 26. Muestreo de suelo en cultivo de mango establecido.

- C. *Análisis foliar*: Al igual que en el muestreo de suelo, aquí es importante identificar dentro de la finca los lotes homogéneos por características físicoquímicas y biológicas y tomar las muestras por lotes. El número de muestras será el mismo número de zonas diferentes que se observen dentro de la parcela. Del mismo modo que en la muestra de suelo, se sugiere tomar por lo menos 20 submuestras/lote, las cuales deben mezclarse para sacar una muestra representativa (mezcla de muestras de hojas de

al menos 20 árboles/lote). Los árboles muestreados no deben presentar daños por plagas o enfermedades ni estar estresados por falta o exceso de riego, ya que estos factores pueden alterar los resultados. Las muestras foliares deben tomarse en el tercio medio de las plantas, seleccionando preferiblemente hojas jóvenes (al menos dos hojas por punto cardinal) y verificando que se encuentren sanas y libres de impurezas (figura 27). Una vez tomada la muestra, debe empacarse preferiblemente en bolsa de papel y marcarse con nombre de la finca, referencia del lote, cultivo, edad del cultivo y fecha de la toma. Posteriormente, se envía al laboratorio de suelos para que se realicen las lecturas y/o análisis.



Foto: Angela M. Arcila Cardona

Figura 27. Toma de muestras foliares para análisis químico.

- D. *Interpretación y recomendaciones:* Una vez recibidos los resultados de los análisis de suelo y foliares, en los cuales se relacionan las concentraciones de nutrientes, el pH del suelo, la conductividad eléctrica (CE), las características físicas del suelo y demás indicadores determinados, se deben comparar con indicadores de referencia como los siguientes: 1) concentraciones ideales de nutrientes en el suelo y 2) concentraciones ideales de nutrientes en tejido foliar (para expresar su mejor comportamiento y obtener mayor productividad). Lo anterior, para el caso del suelo, permite determinar si este puede aportar nutrientes en las cantidades necesarias para el

óptimo desarrollo de las plantas. De no ser así, es necesario aplicar al suelo fertilizantes y/o enmiendas que aumenten la concentración de nutrientes deficitarios. Con respecto a las propiedades químicas, es de gran interés conocer el pH del suelo y la CE. El pH influye principalmente en la disponibilidad de los nutrientes, ya que, por ejemplo, el nitrógeno (N) presenta su máxima disponibilidad con un pH de 6 a 8; el potasio (K), con un pH superior a 6; el Calcio (Ca) y el magnesio (Mg), con un pH superior a 6,5, y los elementos menores que por lo general están presentes en el suelo, con un pH de 5 a 7. Con respecto al tejido foliar, la comparación de indicadores permite conocer el estado nutricional de las plantas. En la tabla 13 se relacionan rangos ideales de nutrientes en el suelo para el adecuado desarrollo de las plantas, los cuales pueden ser utilizados en el momento de interpretar un análisis de suelos (Osorio, 2014).

Tabla 13. Rangos para interpretar los resultados del análisis químico de suelos

Parámetro		Unidad	Interpretación				
			Muy baja	Baja	Suficiente	Alta	Muy alta
Fósforo (P)		mg/kg	<5	5-15	15-30	30-45	>45
Azufre (S)		mg/kg	<3	3-6	6-12	12-15	>15
Hierro (Fe)		mg/kg	<10	10-25	25-50	50-100	>100
Manganeso (Mn)		mg/kg	<2,5	2,5-5	5-10	10-20	>20
Cobre (Cu)		mg/kg	<0,5	0,5-1	1-3	3-5	>5
Zinc (Zn)		mg/kg	<0,5	0,5-1,5	1,5-5	5-10	>10
Boro (B)		mg/kg	<0,2	0,2-0,5	0,5-1	1-1,5	>1,5
Calcio (Ca)		cmolc/kg	<1	1-3	3-6	6-9	>9
Magnesio (Mg)		cmolc/kg	<0,5	0,5-1,5	1,5-2,5	2,5-3	>3
Potasio (K)		cmolc/kg	<0,05	0,05-0,15	0,15-0,3	0,3-0,5	>0,5
Sodio (Na)		cmolc/kg	<0,5	0,5-1			>1
Aluminio (Al)		cmolc/kg	<0,5	0,5-2			>2
pH	Acidez extrema	Acidez fuerte	Acidez moderada	Acidez ligera	Neutralidad	Alcalinidad	Alcalinidad alta
	<5	5-5,5	5,5-6	6-6,5	6,5-7,3	7,3-8	>8

Fuente: Osorio (2014)

Otra metodología utilizada para programar planes de fertilización es reponer en el suelo los nutrientes extraídos por la cosecha. Es importante determinar los elementos contenidos en el fruto de mango ya que ellos deben encontrarse en una elevada proporción dentro de los nutrientes de la planta (Hiroce et al., 1977; Avilán Rovira, 1983). Se estima que los nutrientes del fruto corresponden a un tercio o más de las necesidades totales de la planta (Avilán, 2008). En la tabla 14 se relacionan las cantidades de nutrientes extraídos y traslocados al fruto de mango de azúcar por tonelada de fruta cosechada, bajo condiciones edafoclimática del departamento del Magdalena, en arboles de 10 a 20 años (Yacomelo-Hernández, 2021). La mayor extracción es de K, con 1,67 kg/t; seguido de N, con 1,29 kg/t, y Ca, con 0,32 kg/t. La mayor extracción de microelementos es de Fe, seguido de B.

Tabla 14. Extracción de nutrientes por fruto de mango de azúcar, para alcanzar una producción promedio de 25 t/ha

N	P	K	Ca	Mg	Na	S	Fe	Cu	Mn	Zn	B
-----kg/t-----							-----g/t-----				
1,29	0,25	1,67	0,32	0,18	0,01	0,1	3,88	0,77	1,23	1,12	1,37

Fuente: Adaptación de Yacomelo-Hernández et al. (2021)

Es importante anotar que estas extracciones de nutrientes varían entre cultivares y regiones.

En Colombia no se dispone de referencias o antecedentes de la extracción de nutrientes en mango de azúcar o en otros cultivares. Sin embargo, existen referentes internacionales como el de Mellado-Vázquez et al. (2020), quienes estudiaron en México cultivares Ataulfo, Tommy Atkins y Kent, y encontraron que la extracción total de nutrientes por fruta no variaba significativamente, salvo en el caso de los nutrientes K, Mg y B. Se encontró que los mangos del cultivar Ataulfo extraían mayores cantidades de K y Mg, y que los de Kent tomaban mayores cantidades de B, si bien estos resultados dependieron de la región donde se encontraban los cultivos. Cruz-Barrón et al. (2014) determinaron la extracción por kilogramo de fruta fresca en el mango Ataulfo, y Fallas et al. (2010) en las variedades Tommy Atkins y Keith, y los resultados en ambos casos concuerdan con lo reportado para el mango de azúcar en el departamento del Magdalena, donde la mayor extracción de nutrientes por fruto sigue el orden de $K > N > Ca$.

Por otro lado, también es útil conocer la absorción de nutrientes por parte de la planta, es decir, la cantidad total de nutrientes absorbida por el cultivo durante su ciclo de desarrollo. De acuerdo con Guerrero (2001), la mayor absorción por tonelada de biomasa acumulada en todos los tejidos de la planta de mango corresponde a los nutrientes N y K, seguidos por Ca y P (tabla 15).

Tabla 15. Absorción total de nutrientes por el cultivar mango

Absorción de nutrientes (kg/t)					
N	P	K	Ca	Mg	S
6,6	1,6	6,1	3	0,7	1

Fuente: Guerrero (2001)

De otra parte, García Serrano et al. (2011) sugieren planes de fertilización basados en la edad del cultivo para atender la demanda nutricional. En la tabla 16 se puede observar que la mayor demanda nutricional de la planta se expresa de diez a 18 años después del establecimiento.

Método de aplicación de fertilizantes

El árbol de mango es muy eficiente para conseguir agua y nutrientes. Cuenta con un sistema de raíces profundas que le permite extraerlos, así esté sembrado en suelos pobres y secos. La formulación de fertilizante, forma, dosis y época de aplicación cambia para cada año.

Aplicación de fertilizantes sólidos

Se recomienda aplicar los fertilizantes sólidos en el área de proyección de la copa. Para ello se sugiere abrir una zanja alrededor del árbol, aplicar el fertilizante en el interior y tapar posteriormente para lograr mayor eficiencia (figura 28). Es importante que, al aplicar los fertilizantes, el área desde la gotera hasta el tronco de la planta esté libre de malezas, para una mayor eficiencia.

Tabla 16. Recomendaciones de fertilización para el mango según edad de la planta y nivel de producción

Edad (años)	Rendimiento kg/planta	Nitrógeno (N) a-b**	Fósforo* P ₂ O ₅ a-b**	Potasio K ₂ O a-b**	Relación N-P-K
		Gramos/planta			
2	4	20-25	10-12	25-30	1-0,5-1,2
4	56	230-250	115-175	225-420	1-0,5-1,2
6	80	330-500	165-250	395-600	1-0,5-1,2
8	160	660-995	330-490	790-1.195	1-0,5-1,2
10	220	908-1.360	450-680	1.090-1.630	1-0,5-1,2
12	300	1.322-1.980	660-990	1.580-2.370	1-0,5-1,2
14	320	1.322-1.980	660-990	1.580-2.370	1-0,5-1,2
16	320	1.322-1.980	660-990	1.580-2.370	1-0,5-1,2
18	320	1.322-1.980	660-990	1.580-2.370	1-0,5-1,2
20	220	908-1.360	450-680	1.090-1.630	1-0,5-1,2
22	220	908-1.360	450-680	1.090-1.630	1-0,5-1,2
24	220	908-1.360	450-680	1.090-1.630	1-0,5-1,2
26	160	660-995	330-490	790-1.195	1-0,5-1,2
28	160	660-995	330-490	790-1.195	1-0,5-1,2

* Niveles de aplicación de P₂O₅ y K₂O de acuerdo con los resultados del análisis de suelo. Si el contenido es alto, se debe aplicar el nivel mínimo de las dosis sugeridas; si es medio, un nivel intermedio, y si es bajo, se debe aplicar el máximo de las dosis sugeridas.

** a = nivel mínimo, b = nivel máximo

Fuente: Avilán (1996)



Fotos: Marlon José Yacomelo Hernández

Figura 28. Aplicación de fertilizante en el árbol de mango. a. Hechura de zanja; b. Aplicación de fertilizante en el interior de la zanja; c. Fertilizante cubierto con capa de suelo.

Aplicación foliar de fertilizantes

Se sugiere utilizar la fertilización foliar como complemento de la fertilización edáfica, principalmente en casos en los que se desee corregir una deficiencia nutricional, sobre todo de elementos menores (boro, zinc, cobre, hierro, cobalto y manganeso).

En resumen, se recomienda utilizar las dos prácticas de fertilización para garantizar un mejor y mayor aprovechamiento de los nutrientes por parte de las plantas. Se debe tener en cuenta que las dosis dependen de las exigencias nutricionales de la planta y de la concentración de nutrientes en el suelo. La época de aplicación está asociada a las fases fenológicas del ciclo anual de producción y a las épocas de lluvia en caso de no contar con sistema de riego. Por ejemplo, se aconseja iniciar la fertilización a base de nitrógeno cuando termine el ciclo de cosecha principal, y de potasio (al menos 60 % de los requerimientos) al inicio de la floración. La frecuencia de aplicación depende de las características físicas del suelo. Por ejemplo, en suelos arenosos se sugiere fraccionar el fertilizante en mínimo tres o cuatro aplicaciones por ciclo productivo, mientras que en suelos arcillosos se pueden realizar dos aplicaciones por ciclo.

En conclusión, el éxito de la producción agrícola depende del adecuado manejo del cultivo, el cual incluye la preparación del suelo con base en sus características físicas, una fertilización acorde con los requerimiento nutricionales de las plantas y todas aquellas prácticas de manejo que contribuyan a la sostenibilidad del suelo.



Capítulo VI

Sistemas de siembra

Lumey Pérez Artilles

En el cultivo de mango se puede realizar la multiplicación por semilla sexual, pero las plantas resultantes son de inferior calidad y no conservan las características de las originales. El material vegetal poliembionario, al presentar embriones adventicios de carácter vegetativo, no presenta caracteres diferentes ni degenerados en los árboles obtenidos por semillas. La mayoría de plantaciones comerciales de mango se establece sobre patrones poliembriónicos que aseguran la deseable homogeneidad de las plantas.

Ahoyado y trasplante

La preparación del suelo debe estar precedida de una caracterización físicoquímica del mismo. En terrenos con pendiente se recomienda establecer barreras vivas como rompevientos. También se aconseja realizar el ahoyado del terreno y mantener los suelos con cobertura vegetal, con el objetivo de reducir al mínimo la intervención mecánica del suelo. El tamaño del hoyo está relacionado con el sistema radicular de la planta y puede variar. Debe ser lo suficientemente grande como para que el sistema pueda acomodarse en su interior. Se recomienda que el tamaño del agujero donde se establecerá la nueva planta no sea menor de 40 × 40 × 40 cm. En el momento de la siembra, se realiza la fertilización de fondo, de acuerdo con los análisis del suelo, y se incorpora materia orgánica. No es recomendable colocar en el hoyo grandes cantidades de abono orgánico sin mezclar, ya que estos materiales, al degradarse, pueden crear bolsas de aire en la zona de las raíces (García Lozano et al., 2013). Es importante apisonar el suelo levemente y aplicar riego.

La zona del injerto debe tener una altura de mínimo 10 cm con respecto al nivel del suelo. De preferencia se debe hacer la siembra aprovechando al máximo el periodo de lluvias. Los árboles se sacan de la bolsa y se siembran cuidando de no dañar las raíces.

Distancia de siembra

Existen factores generales que influyen en la selección de una distancia de siembra adecuada. Algunos de estos factores son el patrón seleccionado, las condiciones climáticas, la disponibilidad y valor de la tierra, la disponibilidad y costo de la mano de obra, la energía, el agua y otros insumos, el grado y tipo de mecanización del cultivo, las posibles medidas por tomar cuando las plantas se entrecruzan (poda, raleo, etc.), el tipo de recolección de la fruta, la posibilidad económica del plantador y la empresa o el país inversionista.

Además, es fundamental tener presentes los siguientes factores prácticos en el momento de determinar la densidad de siembra:

- El tamaño que alcanzan los árboles en su plena madurez.
- Longevidad (vida económica útil de la plantación).
- Dimensiones de la plantación y tecnología empleada en su manejo.
- Conceptos biológicos o principios básicos relacionados con la optimización del diseño de plantación.
- Interceptación de la luz.
- Potencial productivo (volumen de fructificación de la copa).
- Eficiencia productiva.

Las distancias de siembra en fincas poco tecnificadas son de 10×10 m o de 12×12 m, según lo utilizado históricamente por los productores del departamento del Magdalena. En fincas con tecnificación se pueden establecer plantaciones con una distancia de 7×8 m, para mantener los árboles productivos y un buen estado fitosanitario de la plantación. Con esta última distancia de siembra es fundamental el manejo de los diferentes tipos de podas. En la tabla 17 se indica la cantidad de árboles por hectárea correspondiente a cada distancia de siembra.

Tabla 17. Distancias de siembra y densidades de árboles por hectárea utilizadas para el cultivo del mango de azúcar en el departamento del Magdalena

Distancia de siembra	Árboles/ha
12 × 12 m	70
10 × 10 m	100
10 × 5 m	200
8 × 8 m	156
8 × 6 m	208
7 × 5 m	286
6 × 6 m	278
6 × 3 m	555
7 × 7 (tresbolillo)	204

Fuente: Elaboración propia

Sistemas de siembra

El sistema de siembra se debe escoger de acuerdo con las características del terreno donde se establecerá el cultivo. Los sistemas más utilizados para el cultivo de mango son el cuadrado real, el sistema rectangular y el tresbolillo (figura 29). Cuando el cultivo se establece en lugares con pendiente, debe plantarse siguiendo franjas a nivel o curvas en contorno.

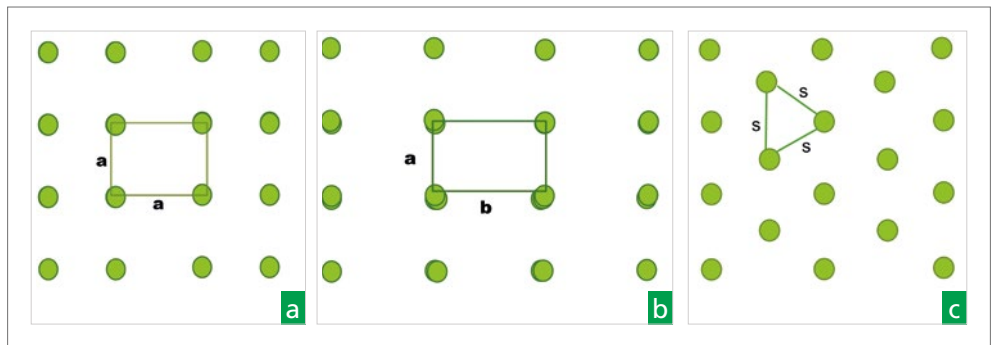


Figura 29. Sistemas de siembra empleados en el cultivo de mango. a. Marco real o cuadrado; b. Marco rectangular; c. Marco tresbolillo.

Fuente: Lumey Pérez Artilles

La siguiente fórmula permite determinar el número de plantas por superficie que se pretende plantar en tresbolillo: $n = \text{Área del lote en m}^2 / (d \times d) \times \cos 30^\circ$, donde

n = número de plantas;

$d \times d$ = distancia entre plantas, en metros (m), multiplicada por sí misma,

y $\cos 30^\circ$ = coseno de 30° .

La siguiente ecuación determina el número de plantas por superficie que se pretende plantar en cuadro o rectángulo: $n = \text{Área del lote en m}^2 / (M \times m)$, donde

n = número de plantas;

M = distancia entre filas, en metros (m), y

m = distancia entre plantas, en metros (m).





Capítulo VII

Prácticas culturales

Lumey Pérez Artiles, 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 (Oosthuyse, 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 (Oosthuyse, 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).

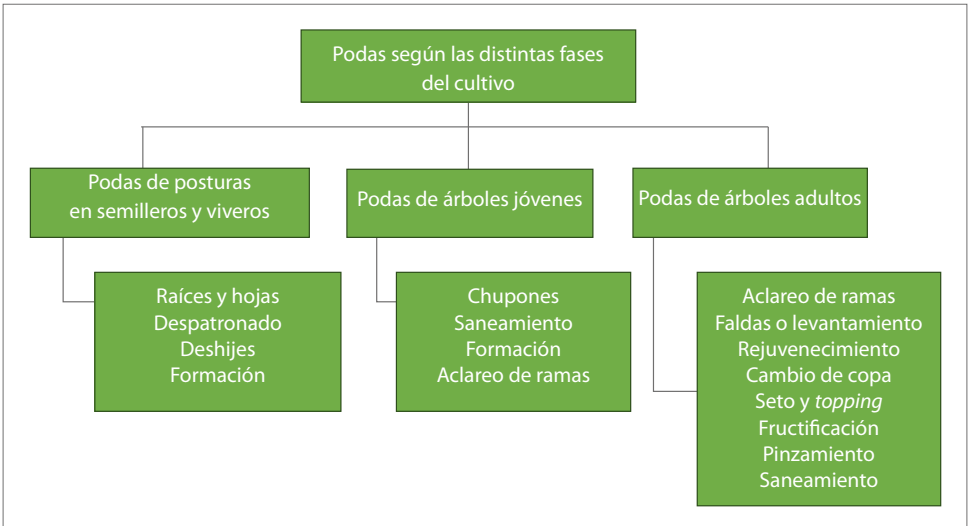


Figura 30. Diferentes tipos de podas y sus funciones de acuerdo con la fase del cultivo.

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).



Fotos: Lumey Pérez Artiles

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: Lumey 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 Artilles

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 Artilles

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).

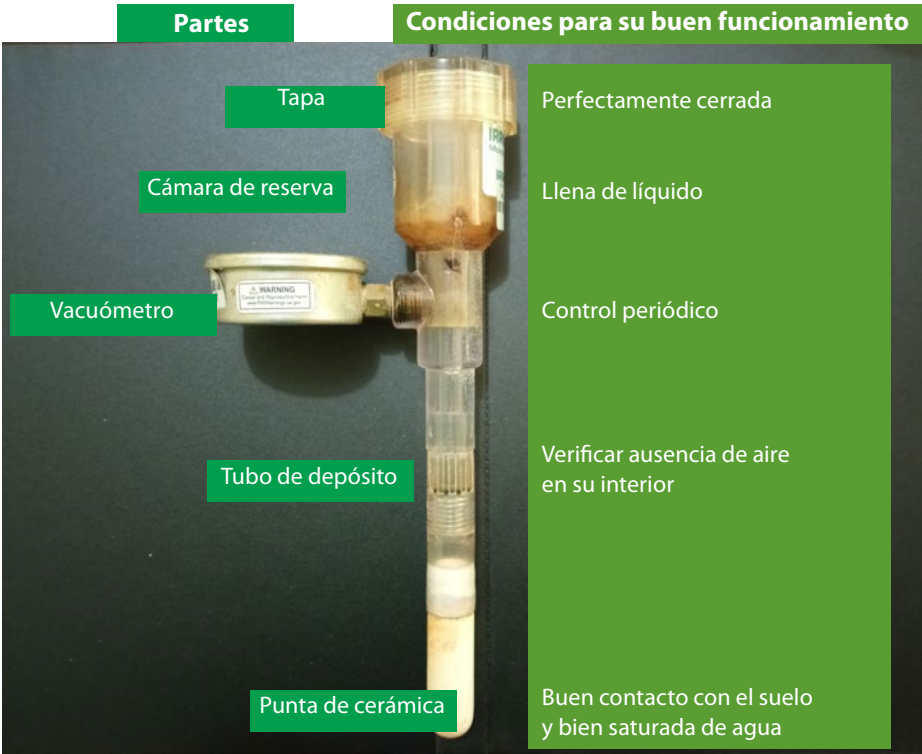


Foto: Rommel Igor León Pacheco

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 palta) 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.

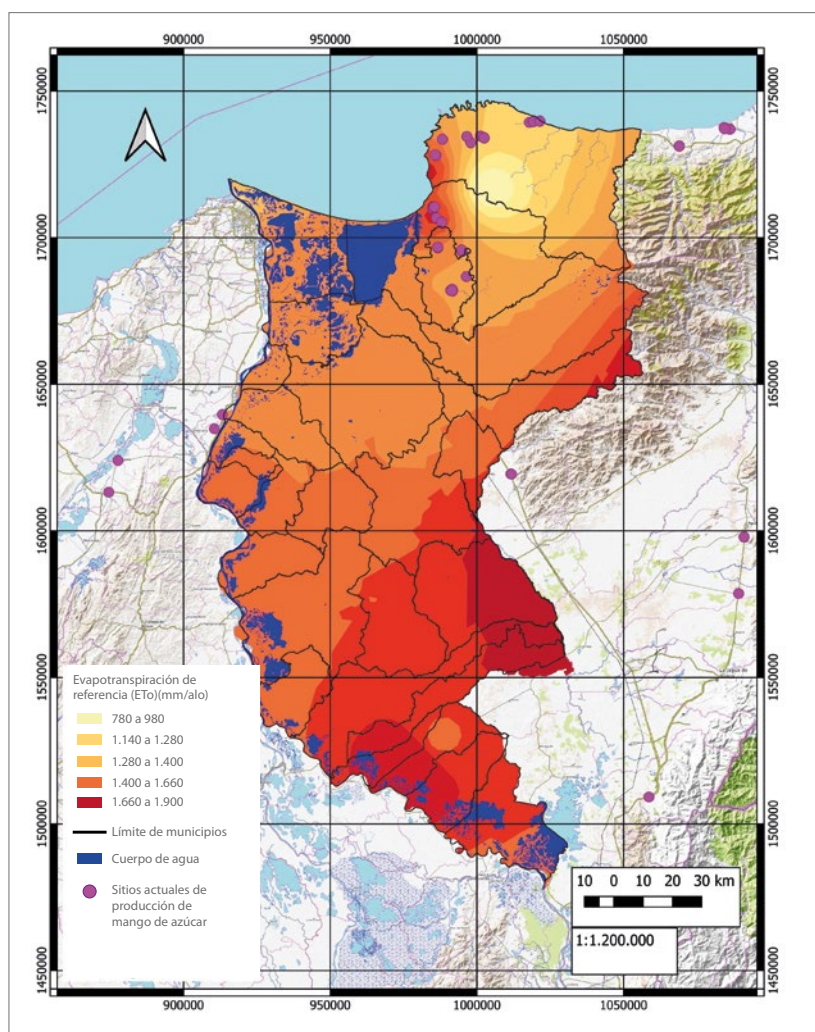


Figura 39. Evapotranspiración de referencia (ETo) (mm/año) en el departamento del Magdalena.
Fuente: Adaptación de Corpoica (2016)

La estimación del E_{To} 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 (E_{Tc}). 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 E_{Tc} o el uso consuntivo (U_c) de los cultivos se calcula de la siguiente manera (ecuación 3):

$$E_{Tc} = E_{To} \times K_c$$

Ecuación 3

Donde E_{To} 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 E_{To} 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=2ahUKEwin57TMmMPfAhUswVvKkHQZbBNQQFjAAegQIBxAC&url=https%3A%2F%2Fwww.hydrology.uni-kiel.de%2Fdownload%2Fprojekte%2Fsimplel%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 =

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

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)

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

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).

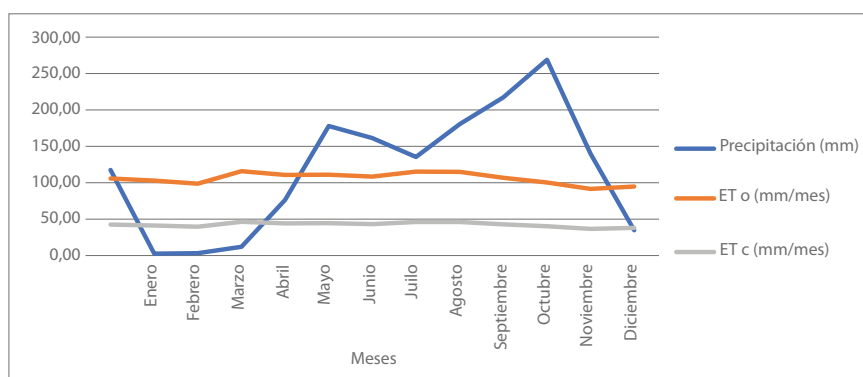


Figura 40. Evapotranspiración del cultivo y precipitación durante la fenología del cultivo de mango en el primer año, Zona Bananera, departamento del Magdalena.

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.



Capítulo VIII

Principales plagas y enfermedades del mango de azúcar en el Magdalena: pautas para su identificación, monitoreo y manejo

Gloria Patricia Castillo Urquiza y Ángela María Arcila Cardona

El manejo de plagas y enfermedades en los cultivos es una actividad fundamental para garantizar la sostenibilidad de la producción. Dos aspectos son claves para asegurar el éxito en el manejo fitosanitario. El primero es estar en capacidad de identificar en campo las especies de insectos plaga y los daños que ocasionan, así como los síntomas de enfermedades y sus factores predisponentes. El segundo es poder realizar actividades de monitoreo que sean eficientes y brinden información oportuna y confiable para decidir cuándo, cómo y dónde realizar intervenciones de manejo en el cultivo. Teniendo en cuenta lo anterior, en este capítulo se hace énfasis en los métodos de monitoreo para las principales plagas y enfermedades del cultivo de mango de azúcar en el departamento del Magdalena. Se describen también, de manera detallada, los insectos y enfermedades más comunes y el tipo de daños y síntomas que ocasionan en las diferentes estructuras del árbol.

Técnicas para el monitoreo de enfermedades y plagas en cultivos de mango

El manejo integrado de plagas y enfermedades en los cultivos se basa en la obtención de información acerca de las poblaciones de insectos asociados y la incidencia y severidad de las enfermedades. Esta información se adquiere por medio de métodos de monitoreo diseñados para tal fin, los cuales permiten tomar decisiones adecuadas acerca de cómo, cuándo y dónde implementar metodologías de control.

A continuación, se presenta una propuesta para llevar a cabo un monitoreo general de enfermedades e insectos y otros habitantes de huertos productores de mango de azúcar. Esta metodología es una adaptación del protocolo desarrollado por Tavares y Costa (2002) para cultivos de mango en el Valle de San Francisco, en Brasil.

Recorrido del lote y número de muestras

En cada lote se realizan muestreos dirigidos a evaluar la presencia de enfermedades e insectos y otros habitantes que afectan los cultivos de mango. La periodicidad del muestreo puede ser semanal o mensual, de acuerdo con las características de los ciclos de los patógenos y artrópodos plaga o del método empleado.

El muestreo general corresponde a un recorrido del lote mediante transecto en zigzag. Los árboles que se evalúan son escogidos al azar dentro del transecto (Tavares & Costa, 2002) y su número varía de acuerdo con el área muestreada, así:

- ≤ 5 ha: 10 árboles
- 5-10 ha: 14 árboles
- 10-15 ha: 18 árboles

De observarse plantas por fuera del transecto con síntomas de enfermedad o ataque por insectos, estas deben revisarse para garantizar la identificación temprana de problemas, aunque estos datos no se usan para calcular la incidencia, como se explica más adelante.

Cada árbol se divide en cuadrantes imaginarios y sus estructuras se examinan cuidadosamente (tronco, ramas, hojas, inflorescencias, frutos), buscando síntomas de enfermedad o afectación por plagas, anotando su presencia y recolectando la estructura afectada o el artrópodo hallado. Con el fin de establecer la incidencia de los síntomas de enfermedad o artrópodos plaga, se recolectan estructuras como panículas florales, frutos (dos unidades por cuadrante para un total de ocho estructuras por árbol) y hojas (dos ramas por cuadrante, cinco hojas por rama, para un total de 40 hojas por árbol).

La incidencia (I) se calcula según como se muestra en la ecuación 13.

$$I = (T_{ed} \times 100) / T_{em} \quad \text{Ecuación 13}$$

Donde T_{ed} es el total de estructuras muestreadas con daño, y T_{em} corresponde al total de estructuras muestreadas.

- *Ejemplo 1:* En un lote de 4 hectáreas, se examinaron 10 árboles. En cada árbol se recolectaron 40 hojas, y de estas, 10 hojas se encontraron con escama blanca (*Aulacaspis tubercularis*). ¿Cuál es la incidencia de la escama blanca en el lote (ecuación 14)?

$$I = (10 \times 100) / 400 = 2,5 \% \quad \text{Ecuación 14}$$

Por tanto, la incidencia de escama blanca en el lote del ejemplo es de 2,5 %.

- *Ejemplo 2:* En un lote de 15 hectáreas, se examinaron los troncos de 18 árboles, y se encontraron 8 árboles con comején (*Microcerotermes arboreus*). ¿Cuál es la incidencia de esta especie en el lote (ecuación 15)?

$$I = (8 \times 100) / 18 = 44,4 \% \quad \text{Ecuación 15}$$

Por tanto, la incidencia del comején *M. arboreus* en el lote es de 44,4 %

Por su importancia para el cultivo de mango de azúcar en el departamento del Magdalena, los productores deben poner énfasis en el monitoreo de enfermedades como secamiento o muerte regresiva de ramas (probablemente ocasionada por el hongo *Lasiodiplodia* sp.). También se monitorean artrópodos de importancia para el cultivo a nivel regional, como las termitas subterráneas y arbóreas y las cochinillas de los géneros *Pseudococcus* y *Ferrisia*, las cuales afectan directamente los frutos.

Se deben implementar métodos de muestreo específicos para moscas de la fruta, cuyo protocolo se describe a continuación.

Muestreo de moscas de la fruta

Para cuantificar las poblaciones de mosca de la fruta y determinar su dinámica en el tiempo y la relación con variables ambientales, se deben implementar tres técnicas de muestreo complementarias:

1. *Muestreo con trampas McPhail*

Estas trampas se pueden conseguir fácilmente en las tiendas de insumos agrícolas y se componen de dos recipientes que se ajustan uno sobre el otro. La parte superior es una especie de tapa de color transparente, que protege el interior de la trampa de la lluvia y el sol. La parte inferior es de color amarillo, hueca en el centro, y es el depósito para el atrayente (figura 42). El atrayente empleado es proteína líquida hidrolizada de soya o maíz, a la que se le añade bórax para evitar la descomposición. Las moscas ingresan a la trampa por la parte inferior y quedan atrapadas, cayendo finalmente en el líquido. Normalmente, el cebo lo venden preparado y se deben seguir las instrucciones de dilución consignadas en el empaque. Por lo general, son 30 mL de proteína + 200 mL de agua, para un volumen final de 230 mL del producto disuelto por trampa.

Las trampas deben ubicarse en la periferia de los lotes a una distancia no superior a 150 m (Rabelo-Barbosa et al., 2000) y con una densidad de una trampa por cada dos hectáreas o fracción para fincas con ocho o más hectáreas sembradas (Instituto Colombiano Agropecuario [ICA], 2010), y de cuatro trampas para fincas menores a ocho hectáreas (Torres et al., 2006) (figura 42). Las trampas se cuelgan en los árboles de mango, en las ramas del tercio medio, a una altura de 1,6 a 2 m (Rabelo-Barbosa et al., 2000). La inspección de las trampas se debe realizar semanalmente, conservando las muestras en recipientes con alcohol al 70 %. Los frascos se marcan con la fecha de colecta y el número de la trampa, para lo cual se emplea una etiqueta de papel que se puede llenar con lápiz o marcador especial que no se corra con alcohol. Este es un método eficiente de conservar las muestras en caso de requerir la identificación taxonómica de las especies de moscas por parte de la autoridad sanitaria.



Fotos: Ángela María Arcila Cardona

Figura 42. Trampa McPhail para monitoreo de mosca de la fruta. a. Acercamiento de la trampa mostrando sus componentes, base de color amarillo donde va el atrayente y tapa transparente. b. Disposición de la trampa en el tercio medio del árbol.

El productor debe realizar el conteo del número de moscas de la fruta capturadas por trampa cada semana y mantener un registro para cada lote. Esto permite realizar el cálculo del índice de moscas/trampa/día (MTD) (Matheus Gómez, 2005), el cual es importante para la toma de decisiones de manejo, como se explica más adelante. Además, sirve para identificar focos de moscas de la fruta y épocas del año en las que sus poblaciones aumentan (ecuación 16).

$$MTD = M / (T \times D)$$

Ecuación 16

Donde M es el número de moscas de la fruta capturadas, T corresponde al número de trampas McPhail y D equivale al número de días de exposición de la trampa.

Se recomienda ubicar también trampas McPhail en otros frutales, como los de jobo o ciruelo (*Spondias* spp.) y el de guayaba (*Psidium guajava*), que son hospederos alternos de *Anastrepha obliqua*, la especie de mosca de la fruta más frecuente en el mango (Rabelo-Barbosa et al., 2000). Esto permite determinar la dinámica espacial de las poblaciones de mosca de la fruta, especialmente en épocas en que el mango no está en producción.

2. Muestreo con trampas Jackson

Diseñadas para el muestreo de la mosca del Mediterráneo (*Ceratitis capitata*), consisten en triángulos de papel parafinado blanco, en cuya base se coloca un cartón impregnado con adhesivo para insectos (figura 43). En una de las paredes laterales se adosa un algodón impregnado de la feromona trimedlure, la cual atrae a los machos de la especie para que queden atrapados en el adhesivo. Estas trampas deben ser ubicadas en la misma forma y cantidad que las trampas McPhail. El muestreo se debe realizar cada quince días y el atrayente se renueva cada 45 días (Rabelo-Barbosa et al., 2000).



Fotos: Ángela María Arcila Cardona

Figura 43. Trampa Jackson para el monitoreo de la mosca del Mediterráneo (*Ceratitis capitata*). a. Vista lateral de la trampa; en las paredes exteriores se consigna la fecha de colocación cada vez que se realiza el monitoreo; b. Vista del interior de la trampa; se observa el atrayente (feromona) en la pared lateral izquierda y el cartón con película pegajosa en la base; este último se debe cambiar cada vez que se realice el monitoreo y se cuenten las moscas del Mediterráneo capturadas.

3. Muestreo en frutos

Las técnicas anteriormente descritas deben complementarse con el muestreo en frutos, para cuantificar el daño directo ocasionado y tener un indicador de las poblaciones de adultos a futuro. Para ello, se muestrean frutos de por lo menos 3/4 de madurez, en lo posible tomados directamente del árbol, que presenten síntomas de infestación como perforaciones, manchas circulares y maduración prematura (Matheus Gómez, 2005). La periodicidad del muestreo puede ser quincenal, durante la cosecha, y se debe recolectar por lo menos un kilogramo de

fruta por muestra. Las muestras se embolsan y marcan en campo, para ser llevadas al sitio donde se procesarán. Los frutos se cuentan y se pesan, y posteriormente son disectados y se contabilizan las larvas (figura 44). De esta manera se puede determinar el número de larvas/kg, el porcentaje de frutos dañados y el promedio de larvas por fruto (Matheus Gómez, 2005).



Fotos: Ángela María Arcila Cardona

Figura 44. Daños en los frutos ocasionados por mosca de la fruta. a. Fruto de mango Tommy con orificios de oviposición de mosca de la fruta; b. Larvas de mosca de la fruta halladas durante la disección de los frutos de mango.

En las siguientes dos secciones se describen las principales enfermedades y plagas que afectan al mango de azúcar en el departamento del Magdalena. Este material debe ser usado como apoyo para el monitoreo en campo de los problemas que afectan al cultivo. Las descripciones de los métodos de control más usados no reemplazan la asesoría del asistente técnico del cultivo.

Enfermedades

La importancia de determinada enfermedad puede ser estimada mediante la frecuencia de aparición y de daños y pérdidas que esta ocasiona en el cultivo comercial. La presencia de una enfermedad es influenciada por factores relacionados con el ambiente, el patógeno, el hospedero y por la propia interferencia del hombre. Por eso, es importante que el productor adopte un sistema de acompañamiento periódico del cultivo para que puedan ser detectados los primeros síntomas y, dependiendo de la evolución de la enfermedad, se puedan implementar estrategias de manejo oportunas. El monitoreo de condiciones meteorológicas, como temperatura, humedad relativa, precipitación, así como de la duración de la lámina de agua o rocío en las hojas de

la planta, es igualmente útil, sobre todo durante las fases críticas de inducción de floración, floración y fructificación. Estos monitoreos contribuyen al logro de un control fitosanitario más efectivo, a minimizar los costos de producción y prevención de contaminación ambiental, a brindar una oferta de alimentos más saludables y a la sustentabilidad de los cultivos (Da Cruz Batista et al., 2015).

Las principales enfermedades de importancia económica que afectan el cultivo de mango son de origen fúngico y causan destrucción del follaje y graves daños en el fruto.

Antracnosis (*Colletotrichum* spp.)

Es considerada la enfermedad de etiología fúngica más importante del cultivo de mango a nivel mundial. Es responsable de las mayores pérdidas económicas y ocasiona pérdida de frutos durante la cosecha y la poscosecha (almacenamiento y transporte). Son diversas las estructuras atacadas por el hongo: frutos, panículas, pecíolos y hojas. Cuando las panículas son infectadas, es posible que se reduzca significativamente la formación de los frutos, provocando también el aborto de estos. La enfermedad es especialmente seria en regiones con alta humedad relativa y lluvias ligeras durante la fase de floración (Miranda, 2012). La antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*) se asocia a pérdidas de hasta 40 % de la producción en la mayoría de las zonas productoras de mango en Colombia (Osorio et al., 2012). La presencia de infecciones latentes en hojas y frutos durante la poscosecha es el factor de más alta correlación con la enfermedad y permite predecir su desarrollo (Arauz, 2000).

Sintomatología

Los periodos críticos de mayor susceptibilidad del mango a las infecciones por especies de *Colletotrichum* sp. son los estados fenológicos de floración, fructificación, y emisión de hojas jóvenes o nuevas y yemas florales. Es en estos estados que el patógeno puede causar manchas en frutos, necrosis en hojas, pérdida de panículas y botones florales, y en algunos casos momificación de frutos (Da Cruz Batista et al., 2015).

Los síntomas en las hojas son inicialmente manchas pequeñas, de contorno redondeado o irregular y coloración café oscuro, necróticas, de 1 a 10 mm de diámetro. Pueden surgir tanto en el ápice como en el borde o centro de las hojas. Así mismo, la enfermedad ocasiona manchas oscuras de forma irregular tanto en las márgenes como en el centro del limbo foliar y en ambos lados de la hoja. En condiciones de alta humedad, estas manchas aumentan de tamaño y pueden hacer que la hoja se rasgue (Da Cruz Batista et al., 2015; Gamboa & Mora, 2010).

La antracnosis también causa puntuaciones o manchas oscuras sobre las flores, que provocan su caída. Estas manchas pueden evolucionar hasta tornarse alargadas y profundas y provocar la muerte de las flores y la caída de frutos jóvenes (Da Cruz Batista et al., 2015). En frutos, el patógeno puede permanecer quiescente y presentar síntomas durante la madurez de estos, en forma de manchas oscuras, de borde definido, ligeramente hundidas, que con el tiempo se pueden unir, romper la cáscara, dañar la pulpa y en algunos casos llevar a la pudrición (Gamboa & Mora, 2010) (figura 45).



Fotos: Gloria Patricia Castillo Urquiza

Figura 45. Síntomas de la infección de *Colletotrichum* sp., en frutos de mango de azúcar. a. Aspecto general de los frutos con daño por la enfermedad; b. Detalle de lesiones avanzadas de antracnosis en cáscara del fruto.

Aspectos epidemiológicos y manejo

El hongo *Colletotrichum* sp., agente causal de la enfermedad denominada “antracnosis”, presenta dos fases de desarrollo durante la colonización del hospedero, que se diferencian por la fuente de nutrición: la primera fase es la biotrófica, en la cual el hongo obtiene nutrientes de las células vivas, y la segunda es la necrotrófica, en la que los nutrientes se obtienen a partir de células hospederas muertas por la acción del patógeno (Bailey et al., 1992). La primera fase es de corta duración y durante ella el patógeno se establece sin daños graves en el tejido vegetal. En la segunda fase, aparecen los síntomas característicos de la antracnosis, ya que su aparición coincide con un incremento de la expresión enzimática necesaria para degradar la pared celular vegetal y de la virulencia del patógeno (Centis et al., 1997).

La diseminación de la enfermedad puede ocurrir a partir de lesiones en hojas, panículas o frutos, que sirven como fuente de inóculos para la infección en los órganos sanos. Esta diseminación ocurre principalmente por salpicadura o gotas (lluvia, rocío o riego). El patógeno también sobrevive en lesiones de hojas viejas, ramas verdes o secas, inflorescencias o panículas. Las condiciones más favorables para la infección son principalmente la presencia de agua libre o humedad relativa por encima de 90 % y temperaturas altas, de alrededor de 28 °C. Periodos lluviosos o de rocío prolongado y que coinciden con la época de floración son ideales para la ocurrencia de epidemias de antracnosis (Da Cruz Batista et al., 2015).

Actualmente, el manejo de la enfermedad se basa en la aplicación programada de fungicidas durante la etapa de producción, desde el inicio de la floración (panículas formadas antes de la apertura floral) hasta que los frutos están pintones (García Lozano et al., 2017). Durante esta etapa se recomienda el uso de fungicidas protectantes como oxiclورو de cobre o ditiocarbamato. Dentro de los sistémicos, se aconseja el uso de benomil, procloraz, carbendazim, clorotalonil o azoxystrobina (estrobilurina) y alternar los fungicidas (Páez, 2003; Osorio et al., 2012). Debe tenerse precaución con las aplicaciones de oxiclورو de cobre, pues puede ser fitotóxico para las flores. Con cualquiera de las opciones se debe verificar que los productos tengan registro ICA para el cultivo y respetar el periodo de carencia.

Además de aplicar fungicidas, se recomienda la adopción de prácticas culturales para reducir el nivel de inóculo y las condiciones favorables a la enfermedad. Entre las medidas recomendadas, se destacan las siguientes: eliminar ramas enfermas,

inducir floración en épocas en las cuales esta no coincida con periodos lluviosos (producir en épocas secas), realizar podas sanitarias y de aclareo que propicien buenas condiciones de aireamiento y entrada de luz, efectuar la limpieza del huerto, retirar los residuos contaminados de la poda y limpieza, hacer raleo de frutos infectados en las plantas y usar distancias de siembra adecuadas.

Experimentos llevados a cabo en campo con la aplicación de productos biológicos formulados con suspensión de esporas de *Chaetomium* (*C. cupreum*, *C. globosum*) o *Trichoderma* spp. (*T. harzianum*, *T. hamatum*) resultaron ser tan eficaces para el control de la antracnosis durante la fase de desarrollo del fruto como la aplicación de fungicidas (Noiaium & Soyton, 2000). De manera similar, Osorio et al. (2012) evaluaron catorce antagonistas microbiológicos, seis extractos vegetales y diez fungicidas en el control de la enfermedad, midiendo la inhibición de la germinación de esporas, el crecimiento del micelio y el desarrollo de síntomas en frutos desprendidos. Los resultados fueron promisorios, especialmente para los filtrados microbianos, tanto *in vitro* como *in vivo* (frutos inoculados). En conjunto, estos resultados abren una puerta para el control biológico de esta grave enfermedad.

Secamiento o muerte regresiva de ramas y tallos (*Lasiodiplodia* sp.)

Esta enfermedad es ocasionada por el hongo *Lasiodiplodia* sp. Es considerada una enfermedad severa, ya que puede acarrear daños que comprometen la vida productiva de las plantas. La alta incidencia de la enfermedad se ve favorecida por condiciones de estrés hídrico y nutricional (desequilibrio de algunos macro y micronutrientes) y por procesos de inducción floral (Da Cruz Batista et al., 2015; Tavares et al., 2005; García Lozano et al., 2017).

Sintomatología

Inicialmente se observa, próxima al ápice de la rama nueva, una lesión oscura y seca que avanza de la corteza hacia el leño, acompañada algunas veces por una exudación de goma de color café en la región de las yemas. Las hojas se secan y quedan sujetas a las ramas afectadas. En caso de que las ramas infectadas no sean retiradas de la planta, la enfermedad puede avanzar de forma descendente dejando toda el área afectada necrosada. El secamiento puede alcanzar las ramas más viejas hasta llegar al tronco, y en este momento puede ocasionar la muerte del árbol (figura 46). Generalmente, cuando este tipo de síntoma es detectado, la planta ya está debilitada, y es difícil su recuperación (Da Cruz Batista et al., 2015).



Fotos: Gloria Patricia Castillo Urquiza

Figura 46. Síntomas de muerte o secamiento descendente en ramas y árboles de mango de azúcar. a. Afectación de hojas jóvenes; b. Síntomas en rama; c. Afectación de hojas maduras; d. Aspecto general de un árbol con síntomas de secamiento descendente.

En vivero, el hongo puede causar muerte de plantas cuando la infección se da en la región del injerto. Se manifiesta como una lesión oscura que envuelve todo el diámetro del área injertada. La parte aérea acaba muriendo y el portainjerto (patrón) con frecuencia emite nuevos brotes (Ribeiro, 2005). En las inflorescencias ocurre necrosis y secamiento, con lo cual se reduce la productividad. En frutos jóvenes, el patógeno provoca pudrición en el pedúnculo y posterior caída. En frutos maduros, se observan lesiones acuosas de coloración café oscuro, que inician en el pedúnculo y se expanden hacia los hombros del fruto (figura 47). Semejante a la antracnosis, esta infección puede permanecer quiescente en la región del pedúnculo y manifestarse en poscosecha (Da Cruz Batista et al., 2015).



Fotos: Gloria Patricia Castillo Urquiza

Figura 47. Síntomas de pudrición peduncular en frutos ocasionada por *Lasiodiplodia* sp. a. Aspecto general de la lesión del pedúnculo en frutos con madurez fisiológica; b. Detalle de la lesión acuosa alrededor del pedúnculo.

Aspectos epidemiológicos y manejo

Este hongo sobrevive como saprófito en ramas secas, restos de inflorescencias, frutos momificados y material vegetal podado. En este material puede reproducirse abundantemente, principalmente bajo condiciones de alta humedad (por ejemplo, en residuos de cultivo próximos a los microaspersores). El hongo penetra en la planta, principalmente a través de heridas causadas por podas, por otras enfermedades o por plagas. Ciertas condiciones debilitantes para la planta como estrés hídrico por largos periodos de tiempo, baja fertilización y deficiencia de calcio, favorecen la acción patogénica del hongo (Mohali et al., 2005; Zambolim & Junqueira, 2004). Las condiciones más favorables para el desarrollo del hongo son temperaturas entre 27 y 32 °C (Da Cruz Batista et al., 2015).

Para el manejo de la enfermedad se recomiendan las siguientes prácticas: realizar podas fitosanitarias después de la cosecha, proteger las áreas podadas con pasta cúprica e insecticida, desinfectar las herramientas de poda (puede ser con hipoclorito al 1 %), eliminar plantas muertas o muy enfermas, abonar y regar adecuadamente el cultivo evitando la irrigación en el tronco de las plantas, evitar el estrés hídrico o nutricional prolongado y utilizar fungicidas a base de cobre (sulfato de cobre pentahidratado) y difenoconazol (Da Cruz Batista et al., 2015).

Malformación floral y vegetativa (*Fusarium subglutinans*)

La malformación floral y vegetativa es considerada un problema fitosanitario serio. Puede llegar a ocasionar pérdidas considerables en la producción, ya que las panículas malformadas no producen frutos.

Sintomatología

El síntoma característico de la malformación floral es la reducción en la longitud del eje primario y las ramificaciones secundarias de la panícula, la cual además se torna más gruesa y anormalmente ramificada y adquiere aspecto de racimo compacto. Las panículas malformadas quedan adheridas a la planta, y si no se retiran, se oscurecen y necrosan, sirviendo como fuente de inóculo del agente causal y de otros patógenos que afectan al mango (figura 48). También puede haber infección en las ramas vegetativas, en donde se manifiesta como una superbrotación, debida al gran número de brotes oriundos de las yemas axilares de la rama principal. La rama infectada presenta entrenudos cortos, hojas rudimentarias y un gran número de yemas entumecidas que no llegan a brotar, todo lo cual genera una estructura de aspecto compacto (Da Cruz Batista et al., 2015; Castillo et al., 2017).



Fotos: Gloria Patricia Castillo Urquiza

Figura 48. Malformación floral ocasionada por el hongo *Fusarium subglutinans*. a. Vista superior de la malformación; b. Vista lateral de la malformación.

Aspectos epidemiológicos y manejo

La enfermedad puede ser diseminada por injertación, al utilizar material propagativo infectado. La diseminación de la enfermedad de un campo a otro es favorecida por vientos, principalmente en cultivos donde las inflorescencias o las ramas con malformación no son retiradas. El periodo de incubación, es decir, el intervalo entre la infección en el tejido y la manifestación de los síntomas puede variar de semanas a meses. Estudios en campo muestran que la mayor dispersión de los conidios del hongo se da después de periodos de alta humedad asociados a altas temperaturas. La enfermedad se intensifica por la asociación del hongo con el ácaro *Aceria mangiferae*, que al alimentarse de las yemas apicales facilita la entrada del patógeno (Da Cruz Batista et al., 2015). Las plantaciones adultas pueden presentar malformación floral y vegetativa. En viveros solo ocurre la última (García Lozano et al., 2017).

El manejo de la enfermedad se lleva a cabo con algunas prácticas que necesitan ser implementadas en conjunto, como hacer monitoreo periódico en el cultivo y viveros, eliminar el material vegetal sintomático, no usar material de propagación enfermo en la injertación de las plantas de vivero, eliminar plantas de vivero enfermas, podar y destruir ramas y panículas infectadas, desinfectar las herramientas usadas en las podas y quemar panículas y ramas infectadas retiradas de las plantas. Los cultivares Tommy Atkins, Van Dyke, Palmer y Haden son considerados susceptibles (Da Cruz Batista et al., 2015). La poda de flujos vegetativos o generativos mal formados, seguida de un fungicida a base de cobre (4 g/L), es más efectiva que la sola poda para reducir el porcentaje de panículas mal formadas y para aumentar los rendimientos en la siguiente cosecha (Azzous et al., 1984). Aspersiones con insecticidas y acaricidas han permitido reducir significativamente la incidencia (Freeman et al., 2014).

Roña (*Elsinoe mangiferae*)

Este hongo actúa principalmente en épocas de lluvia y afecta flores, ramas y superficie de los frutos. En los frutos, los daños generalmente se limitan a la superficie externa, deteriorando su aspecto y reduciendo su valor comercial. Cuando las lesiones alcanzan los tejidos internos, inutilizan los frutos para su consumo (Ribero, 2005).

Sintomatología

En frutos jóvenes, se forman costras de color café con márgenes irregulares, oscuros y salientes. Cuando el fruto aumenta de tamaño, las lesiones también crecen, dando una apariencia corchosa y fisurada (Ribeiro, 2005) (figura 49).



Fotos: Gloria Patricia Castillo Urquiza

Figura 49. Frutos con síntomas característicos de roña (*Elsinoe mangiferae*). a. Aspecto general de frutos de mango en racimo afectados por roña; b. Detalle de lesiones ocasionadas por roña.

Aspectos epidemiológicos y manejo

El hongo sobrevive en ramas y frutos infectados que permanecen en la planta de un ciclo a otro. Los propágulos son diseminados por gotas de lluvia o del riego por aspersión y por el viento. Insectos y ácaros pueden actuar como agentes diseminadores de la enfermedad. Yemas para injerto y plantas jóvenes infectadas o frutos con síntomas superficiales son fuentes de diseminación a grandes distancias (Tuão, 2004). Para el desarrollo de la enfermedad, es determinante la presencia de agua en la superficie de las estructuras reproductivas del hongo. Respecto al manejo, se deben realizar podas con el fin de mantener la circulación del aire, el cual evita la permanencia de agua en la superficie de los tejidos susceptibles.

E. mangiferae es sensible a los mismos productos utilizados para el control de la antracnosis, por lo tanto, un programa para el control de esta última también reduce la incidencia de la roña (Tuão, 2004; Ribeiro, 2005).

Insectos

Existe un grupo grande de artrópodos asociados al cultivo de mango, los cuales afectan diferentes órganos de la planta y reducen su potencial productivo. Posada Ochoa (1989) hizo una de las primeras revisiones de los insectos de importancia económica para varios cultivos en Colombia, entre ellos el de mango; posteriormente, Kondo (2009) actualizó el listado de especies asociadas al cultivo con énfasis en las áreas productoras de los valles interandinos y Antioquia; finalmente, Gil et al. (2013) retomaron los registros de los anteriores trabajos y añadieron nuevos, con énfasis en la región Caribe.

A continuación, se presenta información sobre los insectos más importantes para el cultivo de mango en Colombia, organizados de acuerdo con la parte de la planta que afectan.

Se pone énfasis en la información específica sobre el mango de azúcar en el departamento de Magdalena. La principal fuente de información es el trabajo de Arcila y Varón (2016), quienes muestrearon fincas productoras de mango de azúcar en Ciénaga, Santa Marta y Zona Bananera; realizaron una descripción de las especies de insectos asociadas, y caracterizaron los daños ocasionados a los árboles.

Insectos asociados al cultivo de mango de azúcar en el Magdalena

Los insectos reportados con mayor frecuencia ($\geq 50\%$) por los productores de mango de azúcar en Ciénaga, Santa Marta y Zona Bananera (Magdalena) son, en orden de importancia, la escama blanca, el comején, las moscas de la fruta, los trips y las cochinillas del fruto (figura 50). Si bien la escama blanca (*Aulacaspis tubercularis*), las cochinillas del fruto (*Ferrisia* spp. y *Pseudococcus* spp.) y los trips son reportados con alta frecuencia, su incidencia en los cultivos es considerada de media a baja por los productores. En contraste, se considera que el comején y las moscas de la fruta (varias especies) tienen una incidencia de media a alta en los cultivos (figura 50) (Arcila & Varón, 2016).

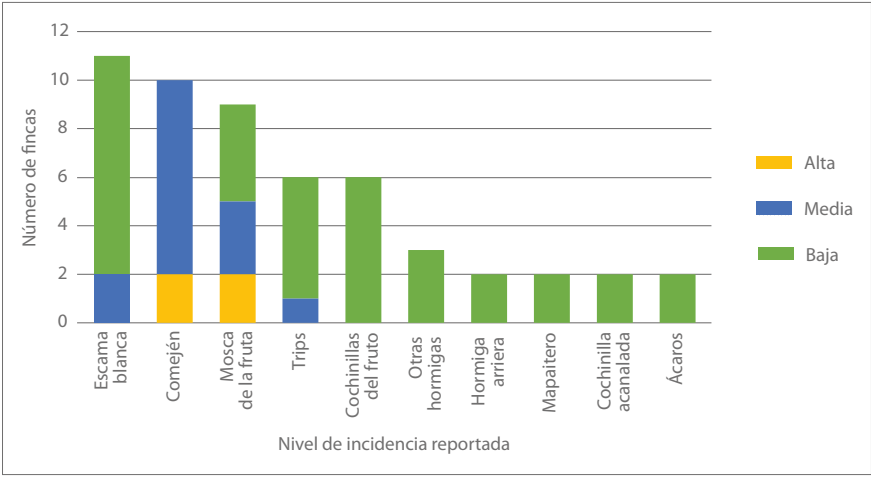


Figura 50. Insectos reportados con mayor frecuencia por los productores en los cultivos de mango de azúcar de Ciénaga, Santa Marta y Zona Bananera (Magdalena).

Fuente: Arcila & Varón (2016)

Plagas de tronco y ramas

Las termitas (arbóreas y subterráneas) y los barrenadores tipo Scolytinae (Coleoptera: Curculionidae) fueron los insectos más frecuentes en el tronco y las ramas de los árboles de mango de azúcar en el área estudiada (Arcila & Varón, 2016). Entre 20 % y 93 % de los árboles muestreados por finca presentaron señales de termitas (nidos y túneles de forrajeo), y entre 27 % y 60 % de barrenadores (perforaciones en tronco y ramas) (figura 51).

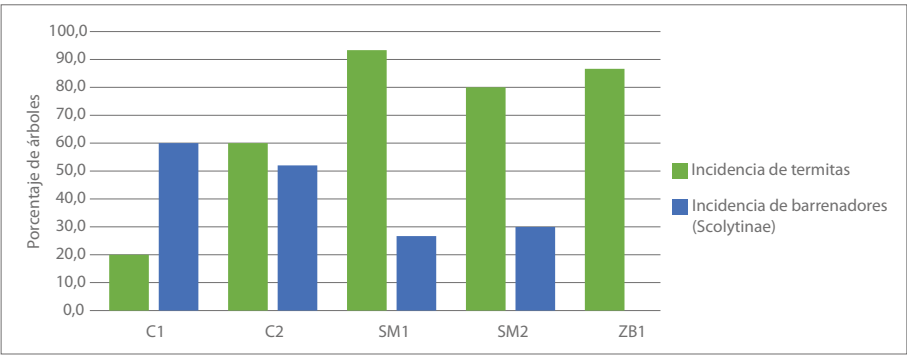


Figura 51. Incidencia de termitas y barrenadores (Scolytinae) en fincas productoras de mango en Ciénaga (C), Santa Marta (SM) y Zona Bananera (ZB) (Magdalena).

Fuente: Elaboración propia

Cucarrones de ambrosía (Coleoptera: Scolytinae)

Dentro de la madera, los adultos construyen galerías y ovipositan, y en este medio las formas inmaduras completan su desarrollo. Es importante realizar el reconocimiento de los Scolytinae (Coleoptera: Curculionidae) asociados a los cultivos de mango. Existen reportes en literatura especializada acerca de la implicación de varias especies de Scolytinae, en particular *Hypocryphalus mangiferae* (nativo del sureste de Asia), en la diseminación de patógenos causantes de enfermedades en el cultivo de mango, tales como los asociados a la muerte súbita del mango (*sudden death disease*) (Masood et al., 2008; Masood & Saeed, 2012) y al secamiento descendente (*seca da mangueira*) (Van Wyk et al., 2011).

Síntomas consistentes con secamiento descendente están siendo reportados cada vez con mayor frecuencia en las principales áreas productoras de mango del país (Cundinamarca, Tolima y Magdalena), y ocasionan la muerte de un número importante de árboles. La cantidad de reportes aumentó por el efecto de la sequía ocasionada por el fenómeno de El Niño en 2015. Factores como el estrés hídrico y las falencias en nutrición de las plantas han sido relacionados con el ataque de escarabajos ambrosiales (Scolytinae). Existen además registros de *H. mangiferae* en mango para Colombia, en el municipio de Viotá, departamento de Cundinamarca (actualmente en la Colección Taxonómica Nacional de Insectos Luis María Murillo [CTNI], ubicada en el Centro de Investigación Tibaitatá de AGROSAVIA). Según las consideraciones anteriores, se debe reforzar la vigilancia, de modo que se pueda establecer si existe una relación entre el secamiento descendente y la presencia de este tipo de insectos.

La broca del mango (*Hypocryphalus mangiferae*) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae)

Este insecto es de gran importancia a nivel mundial debido a su implicación en la transmisión de la enfermedad conocida como *mango sudden decline disease*, causada por *Ceratocystis fimbriata* (Da Silva Galdino et al., 2016). Aunque la enfermedad no ha sido reportada en Colombia, existen registros del insecto para el mango en Viotá, Cundinamarca, que datan de 1983 (actualmente en la CTNI).

El ataque reciente de los cucarrones de ambrosía (Curculionidae: Scolytinae), en el tronco y las ramas de los árboles de mango de azúcar, puede identificarse por los tubos de aserrín adheridos al punto de entrada del insecto en la corteza (figura 52b). La acción de barrenado es llevada a cabo por los adultos, y los agujeros de entrada son pequeños orificios (2-4 mm de diámetro) (figuras 52a, 52d). Al realizar un corte longitudinal paralelo al orificio de entrada, se pueden observar líneas oscuras en la madera que corresponden a los haces vasculares taponados por el crecimiento de hongos asociados con estos cucarrones (figura 52c).



Fotos: Ángela María Arcila Cardona

Figura 52. Cucarrones de ambrosía en tronco y ramas de árboles de mango de azúcar. a. Perforación redondeada típica de la entrada de los adultos de Scolytinae a la madera; b. Tubos de aserrín que se encuentran cuando las perforaciones en la madera son recientes; c. Crecimiento de hongos asociados a Scolytinae en la madera; d. Adulto de Scolytinae en su proceso de entrada a una rama.

Las especies más frecuentes de Scolytinae encontradas directamente en los árboles por el muestreo fueron *Hypocryphalus mangiferae* y cinco especies por identificar del género *Hypothenemus* (Arcila & Varón, 2016) (figura 53).

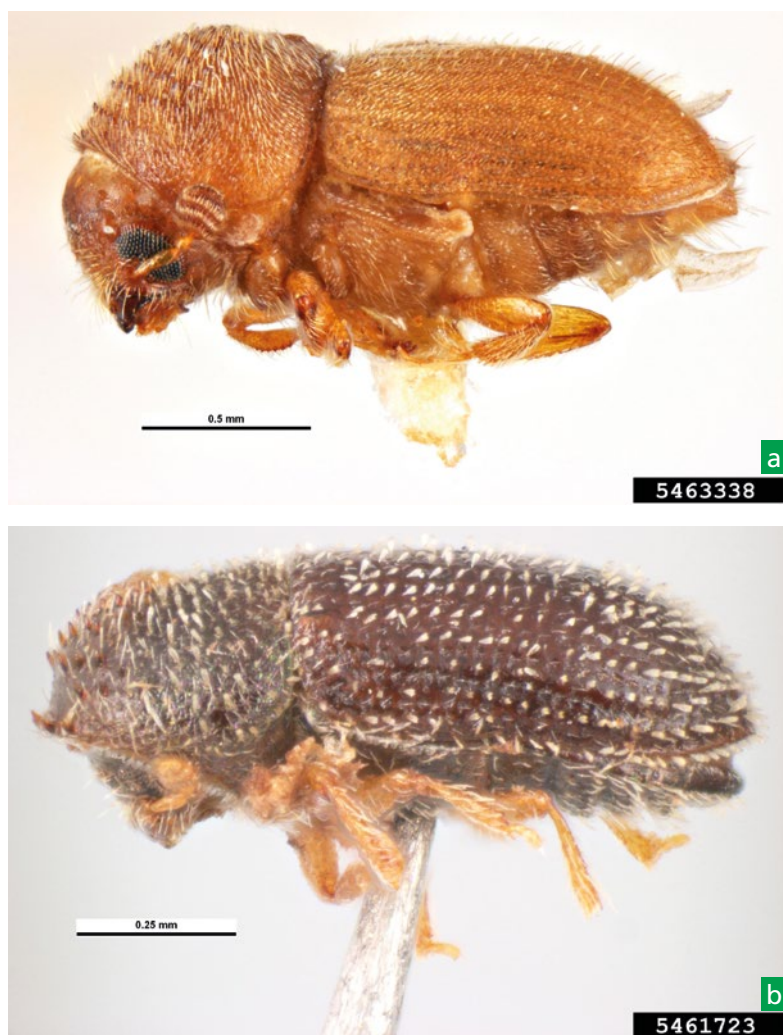
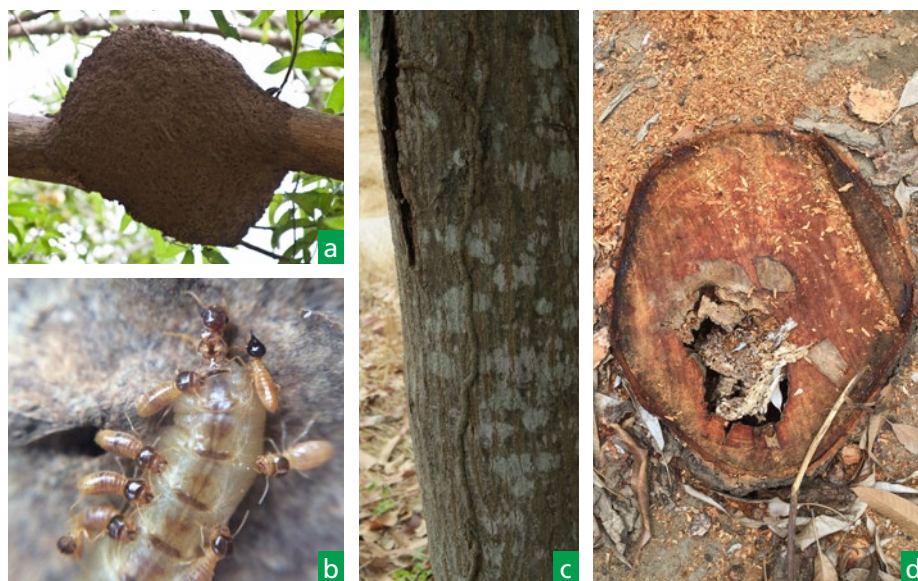


Figura 53. Especies más frecuentes de Scolytinae halladas en mango de azúcar en el departamento del Magdalena (Ciénaga, Santa Marta, Zona Bananera). a. *Hypocryphalus mangiferae* (Stebbing); b. *Hypothenemus eruditus* (Westwood).

Fuente: Pest and Diseases Image Library, Bugwood.org

Termitas o comején (Blattodea: Termitoidae)

En el muestreo realizado por Arcila y Varón (2016) se encontró que la proporción de árboles afectados por termitas con nidos aéreos fue mayor (48,8 %) que la de árboles con nidos subterráneos (21,3 %). Las termitas con nidos arbóreos suelen penetrar el árbol a través de heridas sin tratar y ramas secas, tanto para alimentarse como para construir sus nidos (figuras 54a, 54b). Por otra parte, las termitas subterráneas provocan daños en las raíces y algunas penetran el tronco ahuecándolo de abajo hacia arriba (figura 54d). Frecuentemente, los únicos signos externos de la presencia de termitas subterráneas son los túneles de forrajeo en el tronco (figura 54c).



Fotos: Ángela María Arcila Cardona

Figura 54. Tipos de nidos de termitas en mango. a. Nido arbóreo típico de termitas del género *Nasutitermes*; b. Reina (la de mayor tamaño), soldado (cabeza en forma de pera) y obreras de *Nasutitermes ephratae*; c. Túneles de forrajeo de termitas subterráneas; d. Ahuecamiento del tronco por termitas subterráneas.

En el estudio de Arcila y Varón (2016), se hallaron nidos de termitas arbóreas y subterráneas en todas las fincas a excepción de SM2, con una mayor frecuencia de termitas arbóreas en general (figura 55). Observaciones realizadas por los autores en campo indican que esto puede estar asociado a factores como la textura del suelo, el tamaño de los árboles y su arquitectura. Los nidos subterráneos son

más comunes en lotes con suelos más arenosos, mientras que los nidos arbóreos son más abundantes en huertos donde no se realizan podas con frecuencia y los árboles son de gran porte (>10 m de altura).

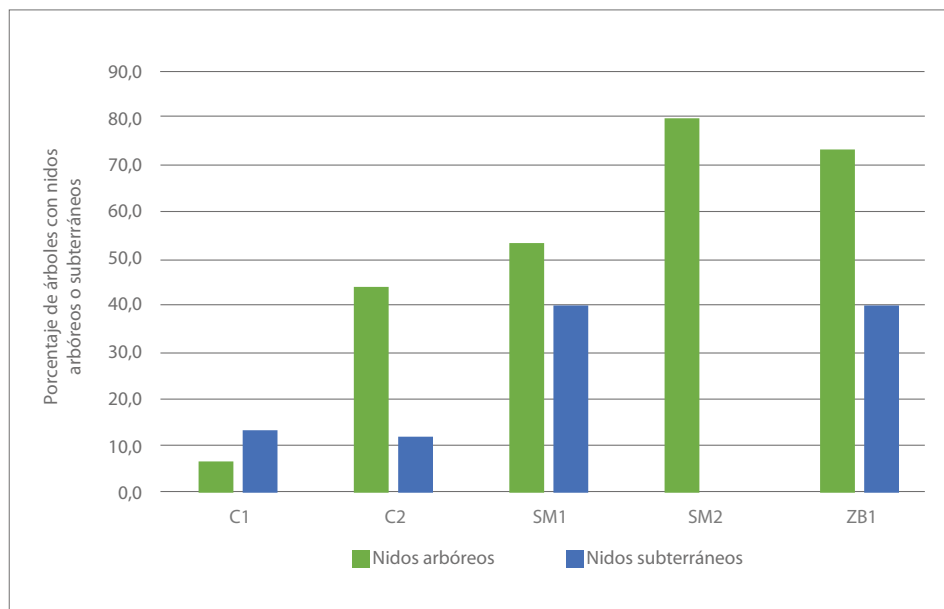


Figura 55. Tipos de nidos de termitas encontrados en árboles de mango de azúcar en fincas productoras de Ciénaga (C), Santa Marta (SM) y Zona Bananera (ZB) (Magdalena).

Fuente: Elaboración propia

La presencia de nidos y pistas de forrajeo en los árboles no necesariamente es un indicador del grado de afectación de los árboles. Un examen detallado del estado de los nidos y las pistas de forrajeo de termitas encontrados en los árboles de mango por Arcila y Varón (2016), determinó que, en algunas fincas, gran porcentaje de los nidos y pistas se hallaba inactivo, lo cual refleja el efecto de las labores de manejo que se llevan a cabo. Tal es el caso de la finca SM1, donde se observaron señales de termitas en 93 % de los árboles, pero solo 27 % de ellos correspondían a nidos activos (figura 56).

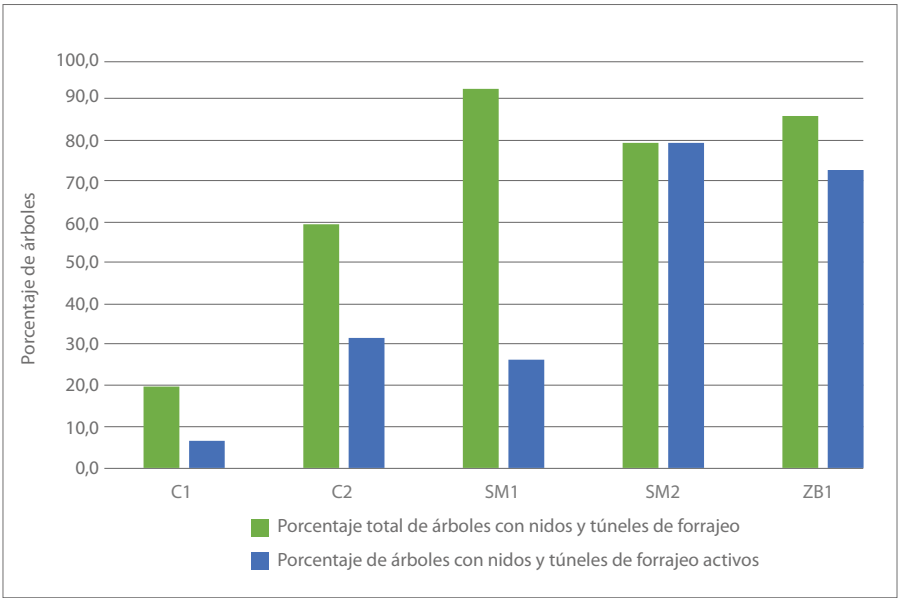


Figura 56. Porcentaje de árboles de mango de azúcar con nidos o túneles de forrajeo de termitas activos en fincas muestreadas de Ciénaga (C), Santa Marta (SM) y Zona Bananera (ZB) (Magdalena).

Fuente: Elaboración propia

En el trabajo de Arcila y Varón se identificaron seis especies de termitas (Blattodea) asociadas a los cultivos de mango en las fincas muestreadas (tabla 21). Posteriormente, Carrascal Pérez et al. (2018) ampliaron el muestreo a 23 fincas productoras en los mismos municipios que Arcila y Varón (2016), y hallaron trece especies de termitas, para un total de quince reportadas entre los dos trabajos. Esto es similar a lo reportado para cítricos (17 especies) y aguacate (16 especies) en la región Caribe (Arcila, 2015). La diversidad es comparable, aunque el esfuerzo de muestreo fue menor, como también el cubrimiento geográfico. Sin embargo, al igual que en cítricos y aguacate, la especie hallada con más frecuencia fue *Microcerotermes arboreus* (Isoptera: Termitidae) (figura 57), la cual representó 35 % de las capturas (figura 59), valor similar al 28 % reportado para cítricos (Abadía et al., 2013) y al 30 % para aguacate (Arcila, 2015) La segunda especie en importancia para mango de azúcar fue *Heterotermes tenuis*, con cerca de 32 % de las capturas (figura 59).

Tabla 21. Especies de termitas encontradas en las fincas productoras de mango muestreadas en los municipios de Ciénaga (C), Santa Marta (SM) y Zona Bananera (ZB) (Magdalena)

Especie	Familia	Hábitos anidación	Fincas
<i>Heterotermes tenuis</i> (Hagen, 1858)	Rhinotermitidae	Subterráneo	ZB1, C2
<i>Microcerotermes arboreus</i> (Emerson, 1925)	Termitidae	Arbóreo, montículo, subterráneo	ZB1, SM1, C1, SM2
<i>Amitermes amicki</i> (Scheffrahn, 1999)	Termitidae	Arbóreo (base del árbol), subterráneo	C1
<i>Nasutitermes corniger</i> (Motschulsky, 1855)	Termitidae	Arbóreo	SM2
<i>Nasutitermes guyanae</i> (Holmgren, 1910)	Termitidae	Arbóreo	ZB1
<i>Nasutitermes nigriceps</i>	Termitidae	Arbóreo	ZB1

Fuente: Arcila & Varón (2016)

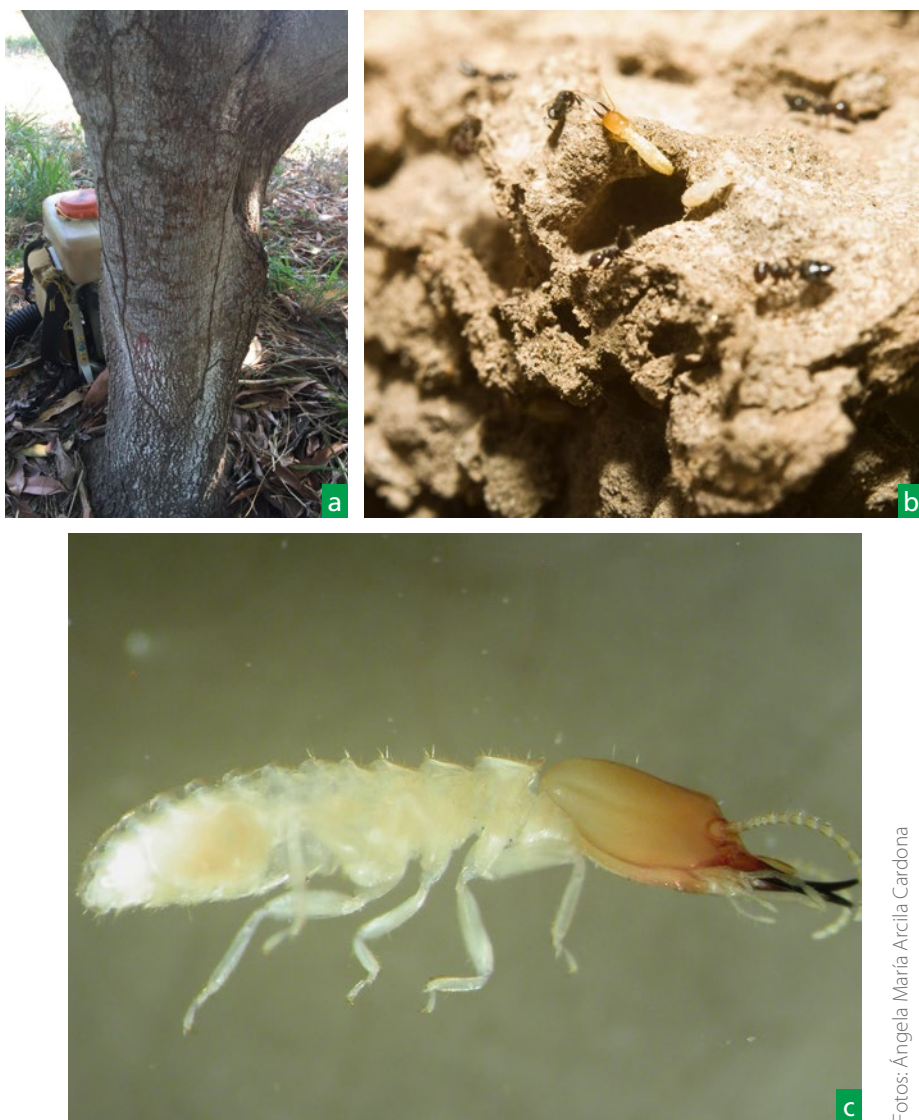
En el departamento del Magdalena, las áreas de producción de mango y cítricos se traslapan en una amplia proporción. En ambos cultivos, las especies de termitas *Microcerotermes* cf. *arboreus* y *Heterotermes tenuis* (figura 58) son las más importantes (Abadía et al., 2013; Arcila & Varón, 2016), y esto se relaciona con dos aspectos:

- *La simplificación del hábitat por los cultivos:* Especies como las mencionadas, adaptadas a la perturbación y que consumen principalmente madera, se establecen y dispersan con mayor facilidad en este tipo de hábitat (Donovan et al., 2001; Bandeira et al., 2003).
- *Las especies de hábitos subterráneos son más comunes en suelos de textura arenosa:* La capacidad de remoción de partículas de suelo de las termitas es limitada, ya que granos de tierra muy grandes dificultan la construcción de túneles y el movimiento (Arab & Costa-Leonardo, 2005). Se debe aclarar que *Microcerotermes arboreus* no es exclusivamente subterránea; con frecuencia también se la observa construyendo nidos sobre los árboles y en ocasiones nidos en montículo sobre el suelo (observación personal realizada en el Banco de Germoplasma, Centro de Investigación Nataima, AGROSAVIA, 10 de junio de 2016) (figura 57).



Fotos: Ángela María Arcila Cardona

Figura 57. *Microcerotermes arboreus* en cultivos de mango de azúcar. a. Soldados y obreras; b. Detalle de la cabeza de un soldado mostrando las mandíbulas en forma de pinza características de la especie; c. Obreras forrajeando fruto de mango de azúcar en el suelo; d. Nido arbóreo; e. Nido subterráneo; se observan los túneles de forrajeo sobre el tronco; f. Nidos en montículo alrededor de árbol de mango (Centro de Investigación Nataima de AGROSAVIA).



Fotos: Ángela María Arcila Cardona

Figura 58. *Heterotermes tenuis*, insecto plaga del cultivo de mango. a. Pistas de forrajeo; b. Soldado de *H. tenuis*; c. Detalle de soldado de *H. tenuis*.

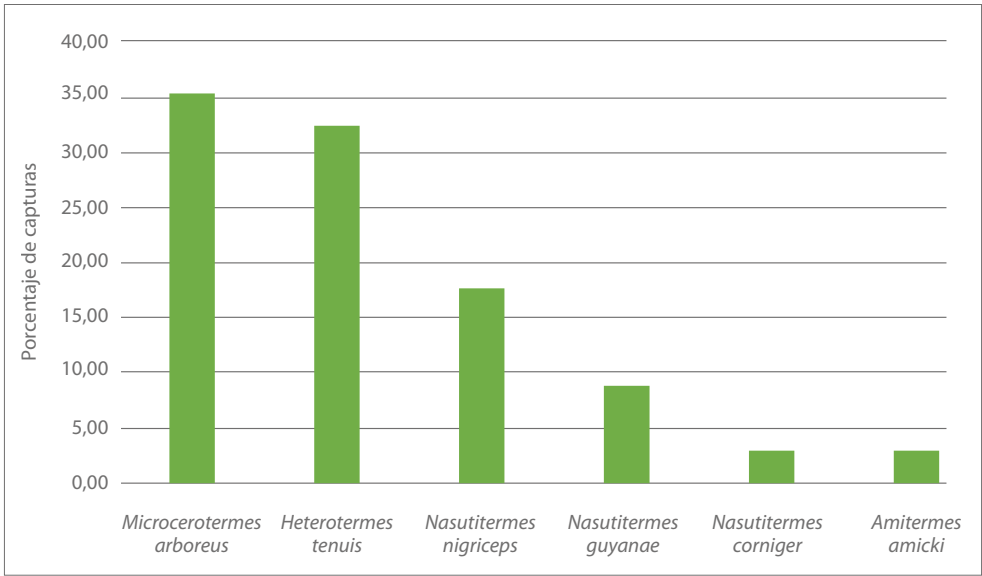


Figura 59. Importancia relativa de las especies de termitas capturadas en cultivos de mango en Ciénaga, Santa Marta y Zona Bananera (Magdalena).
Fuente: Elaboración propia

Plagas de follaje

En el cultivo de mango, un grupo importante de plagas afecta el área fotosintéticamente activa de la planta, y tiene, por tanto, un alto potencial de ocasionar disminución en la producción.

Piojos, escamas y cochinillas

Existen 35 especies de este tipo reportadas para el mango en Colombia, entre las cuales se destaca la escama blanca del mango (*Aulacaspis tubercularis*), especie que ha sido observada con altos niveles de infestación, especialmente en Tolima (Kondo & Kawai, 1995; Kondo, 2009). Las escamas y cochinillas afectan principalmente el follaje y los frutos. Los daños son directamente proporcionales a la densidad poblacional de las especies, e incluyen desde pequeñas manchas en frutos y follaje hasta necrosis.

En cultivos de mango de azúcar del Magdalena, las escamas fueron el grupo de insectos hallado con más frecuencia en el follaje de árboles por Arcila y Varón (2016). Los investigadores examinaron 70 árboles y 700 hojas e identificaron tres especies (figura 60). La incidencia reportada para este grupo fue de media a baja y en promedio osciló entre 1 y 32 %. *Aulacaspis tubercularis* Newstead (Hemiptera: Diaspididae) fue la especie más común (figura 61), con una incidencia promedio de 17 %, lo cual coincidió con lo informado por los productores en las encuestas y con lo reportado por Kondo (2009).

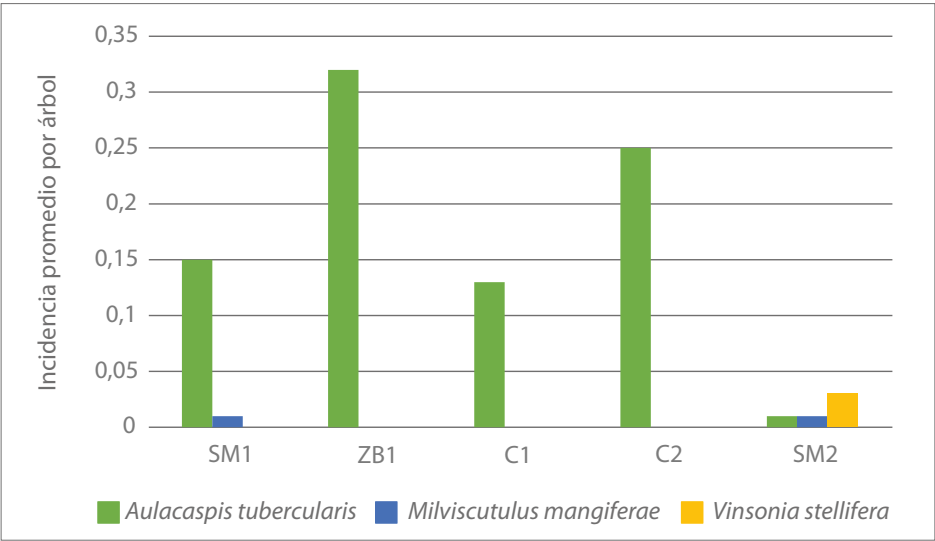


Figura 60. Insectos escama asociados al follaje de árboles de mango en fincas de Ciénaga (C), Santa Marta (SM) y Zona Bananera (ZB) (Magdalena).
Fuente: Elaboración propia



Fotos: Ángela María Arcila Cardona

Figura 61. Escama blanca del mango (*Aulacaspis tubercularis*), insecto plaga del cultivo de mango. Los especímenes redondeados y más grandes son las hembras, los pequeños son los machos. Nótese la clorosis en la hoja alrededor de la colonia.

Kondo et al. (2018), en un muestreo posterior de 23 fincas productoras de mango de azúcar, y en la misma área de trabajo de Arcila y Varón (2016), reportaron cuatro especies adicionales en las hojas, pero con baja incidencia (*Ceroplastes rubens*, *C. cirripediformis*, *Pseudaonidia trilobitiformis* y *Leptococcus neotropicus*).

En el trabajo de Arcila y Varón (2016) se pudo observar que si bien *A. tubercularis* se halla con frecuencia en el follaje de los árboles de mango, los daños que ocasiona no son de importancia.

Hormigas arrieras (Hymenoptera: Formicidae)

En Colombia se reportan ocho especies del género *Acromyrmex* y cuatro del género *Atta* (Fernández et al, 2015), siendo estas últimas las más frecuentes en el mango (*A. cephalotes*, *A. colombica*, *A. laevigata* y *A. sexdens*) (figura 62). Los daños consisten en defoliación de leve a severa, y en algunos casos incluyen trozamiento de plántulas jóvenes en vivero. Se ha encontrado que las obreras de *A. colombica* prefieren cosechar hojas de plantas estresadas por la sequía, debido a que estas contienen mayor concentración de aminoácidos (prolina) y carbohidratos. Las plantas con mayor calidad nutritiva y menor cantidad de defensas químicas (metabolitos secundarios) son forrajeadas con mayor intensidad (Howard, 1988).

En mango, las arrieras también consumen brotes jóvenes, y se han reportado casos en los cuales se comen las yemas florales y por tanto afectan la producción (Arcila & Varón, 2017).



Fotos: Ángela María Arcila Cardona

Figura 62. Hormigas arrieras del género *Atta* en mango. a. Obreras forrajeando; b. Basurero típico del nido de *Atta colombica*; c. Corte en medialuna característico de *Atta*; d. Defoliación ocasionada por arrieras.

Pulgones (*Toxoptera aurantii*) (Hemiptera: Aphididae)

Si bien se reportan como asociados al cultivo, no son limitantes en árboles adultos, ya que no suelen afectar los tejidos viejos ni las partes duras de la planta. Por el contrario, prefieren los brotes jóvenes y por esta razón podrían convertirse en un problema con las plantas jóvenes de vivero (Kondo, 2009). Arcila y Varón (2016) no reportan pulgones asociados al mango de azúcar en Magdalena.

Plagas de flores y frutos

En este apartado se hace una revisión de los principales insectos que afectan la floración y los frutos del mango azúcar y su modo de acción.

Trips en inflorescencias

Parra et al. (2018) reportan cuatro morfoespecies de trips (identificación taxonómica por confirmar) asociados a las inflorescencias de los árboles de mango de azúcar, en fincas productoras de los municipios de Ciénaga y Santa Marta (Magdalena). Este mismo estudio reporta que 89 % de las inflorescencias muestreadas presentaron trips y que el número de individuos capturados por panícula osciló entre cero y 180.

Al evaluar experimentalmente el modo como la presencia de trips en las inflorescencias podría afectar la producción de frutos, Parra et al. (2018) encontraron que el número de frutos cuajados por panícula se correlacionaba negativamente con la abundancia de dos de las morfoespecies. Así mismo, hallaron que el número de frutos con daño tenía relación directa con la abundancia de otra de las morfoespecies.

Las correlaciones halladas entre las variables de densidad poblacional de las especies y las variables de producción indican dos posibles modos de acción de los insectos: por un lado, afectan el cuajado de los frutos, y por otro lado, provocan raspaduras y deformaciones sobre los frutos ya formados (figura 63).



Fotos: Ángela María Arcila Cardona

Figura 63. Daños ocasionados por trips. a. Raspado general; b. Toma detallada del raspado; c. Deformación de frutos.

Plagas de frutos

En el estudio realizado por Arcila y Varón (2016) sobre mango de azúcar en Ciénaga, Santa Marta y Zona Bananera, se encontró que, en general, los frutos presentaban una baja incidencia de daños por insectos diferentes a la mosca de la fruta. De estos, solo tres grupos fueron encontrados asociados a los frutos: cochinillas Pseudococcidae, la escama blanca del mango *Aulacaspis tubercularis* y trips, aunque de estos últimos solo se observaron daños consistentes, pero no individuos sobre los frutos (figura 64).

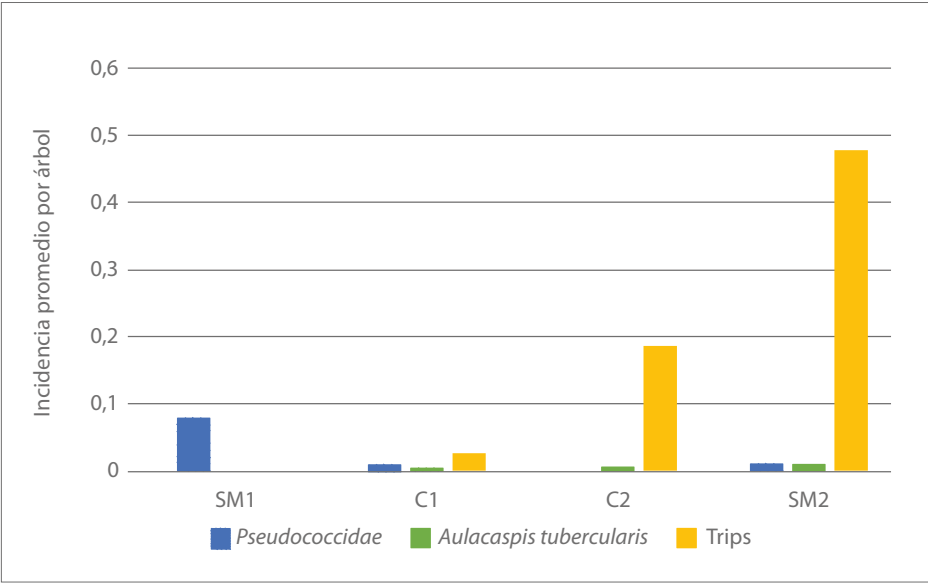
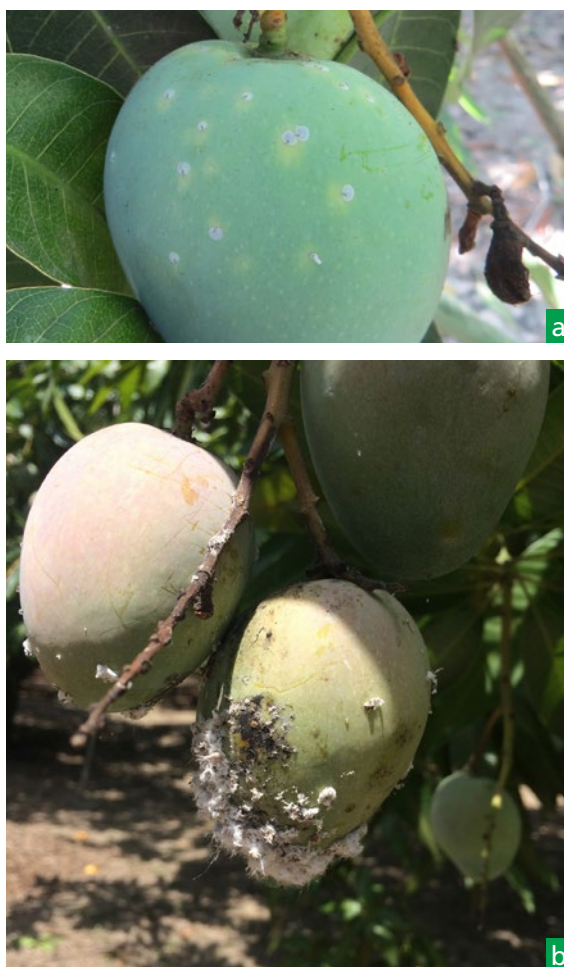


Figura 64. Incidencia promedio de plagas diferentes a la mosca de la fruta en frutos de mango, en fincas de Ciénaga (C), Santa Marta (SM) y Zona Bananera (ZB) (Magdalena).
Fuente: Elaboración propia

El daño relacionado con la presencia de trips (figura 64) fue más frecuente que otro tipo de daños en frutos, con una incidencia promedio cercana a 17 %. A pesar de que se evaluó un número grande de frutos (n = 630), Arcila y Varón (2016) no obtuvieron muestras directas de trips. Al parecer, el daño fue ocasionado durante las primeras etapas de desarrollo del fruto, como fue reportado por Parra et al. (2018)

Las condiciones de sequía registradas durante el muestreo realizado por Arcila y Varón (2016) suelen favorecer la presencia de cochinillas e insectos escama (Kondo, 2009). Sin embargo, las cochinillas de la familia *Pseudococcidae* y *Aulacaspis tubercularis* tuvieron una incidencia muy baja, por debajo de 10 %. Las colonias de estos insectos sobre los frutos suelen ocasionar clorosis en la cáscara (figura 65). Frutos observados con altas poblaciones de *Ferrisia* spp. se deshidrataron y no completaron su desarrollo. También se observó que las poblaciones de estos insectos causaban aborto y secamiento en frutos pequeños.



Fotos: Ángela María Arcila Cardona

Figura 65. Daños en frutos causados por insectos chupadores. a. Daño ocasionado por *A. tubercularis*; b. Daño ocasionado por *Ferrisia* sp.

Se puede afirmar que el control biológico es de gran importancia en los cultivos de mango de la región puesto que mantiene bajas las poblaciones de escamas y cochinillas asociadas al follaje y los frutos, pero esto es algo que debe evaluarse. Por ejemplo, la incidencia de la cochinilla acanalada de Colombia *Crypticerya multicatrices* es casi nula en cultivos de mango del municipio de Santa Marta; en cambio, en el perímetro urbano del mismo municipio, de 300 árboles de mango muestreados, en el 65% se encontró la especie y se halló una alta variabilidad en la densidad de población, con un promedio de $10,32 \pm 13,43$ estructuras del árbol con cochinilla acanalada (Kondo y Arcila, 2017).

Kondo et al. (2018), en un muestreo posterior de 23 fincas productoras de mango de azúcar en la misma área del trabajo de Arcila y Varón (2016), reportaron catorce especies de insectos escama y cochinillas asociadas a los frutos de mango de azúcar. La especie más frecuente fue *A. tubercularis*, seguida en orden de importancia por *Ferrisia kondoi* Kaydan & Gullan, *F. dasyliirii* (Cockerel), *Leptococcus neotropicus* (Williams & Granara de Willink) y *Coccus hesperidum* L. (figura 66).



Fotos: Ángela María Arcila Cardona

Figura 66. Escamas en frutos de mango. a. *Coccus hesperidum*; b. *Ferrisia* cf. *williamsi*; c. *Ferrisia dasyliirii*; d. *Ferrisia kondoi*.

Moscas de la fruta (Diptera: Tephritidae)

La hembra perfora la cáscara de la fruta para ovipositar y las larvas consumen la pulpa. Además, las heridas provocadas por estas actividades (oviposición y alimentación) son vía de entrada para patógenos que terminan descomponiendo la fruta y disminuyendo su valor comercial (figura 67). Se destacan las especies *Anastrepha striata*, *Anastrepha obliqua*, *Anastrepha* complejo¹ *fraterculus* y *Ceratitis capitata*. Las tres primeras son especies nativas, muy abundantes en las áreas productoras, y la última es una especie introducida que se encuentra principalmente en la región Caribe.



Fotos: Ángela María Arcila Cardona

Figura 67. Daños causados por mosca de la fruta en mango. a. Detalle de las larvas de mosca de la fruta; b. Daño en la pulpa por la acción de alimentación de las larvas de mosca de la fruta; c. Aspecto exterior de los frutos de mango con daño por mosca de la fruta.

Anastrepha obliqua es la especie más frecuente en mango, muy abundante en las áreas más húmedas y en épocas de lluvia. Esto les confiere ventaja a las áreas productoras de mango de azúcar en Magdalena, especialmente a las zonas litorales más secas de Ciénaga y Santa Marta, donde las poblaciones de la mosca de la fruta son naturalmente bajas (Gómez et. al., 2018). Adicionalmente, la principal temporada de cosecha del mango (marzo-mayo) coincide con una época de pocas lluvias y por tanto la mayor parte de la fruta es sana y libre de moscas de la fruta.

¹ La expresión “complejo” significa que se trata de una especie con problemas de resolución taxonómica.

Las moscas adultas son similares en tamaño a una mosca doméstica, pero su color es diferente. En sus cuerpos predominan el amarillo y café, y las alas son transparentes con manchas de color café y patrones de bandas longitudinales y transversales que diferencian a cada especie de las demás.

Anastrepha obliqua se caracteriza por tener una franja central amarilla en el tórax y dos franjas laterales del mismo color. Las alas tienen tres bandas de color café, naranja y amarillo, una en forma de S, otra en el borde anterior del ala y la tercera en forma de V unida a la que tiene forma de S (figura 68) (Varón & Arcila, 2017).

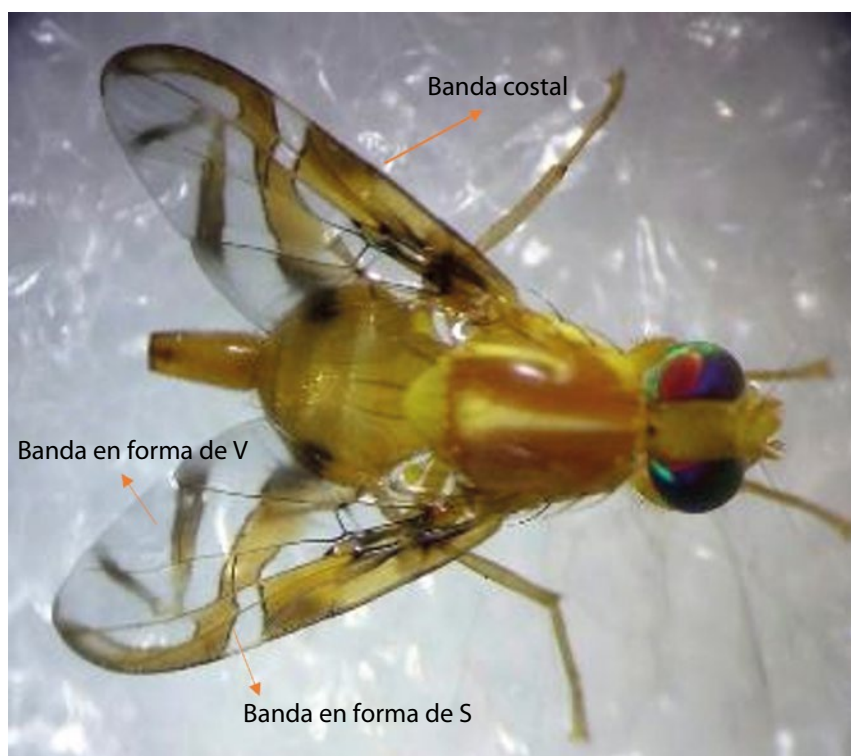


Foto: Carlos Esteban Brochero Bustamante

Figura 68. Hembra adulta de *Anastrepha obliqua*, en la que se observa la coloración típica del tórax y las bandas de las alas.

El ciclo de vida de *A. obliqua* transcurre en su mayoría dentro de los frutos del mango, desde que la hembra oviposita hasta que las larvas o gusanos culminan su desarrollo. Este lapso puede durar entre ocho y 18 días, según las condiciones ambientales; normalmente, entre más cálido sea el clima, menor es la duración del ciclo (Varón & Arcila, 2017). Las larvas que han completado su desarrollo (tercer instar) abandonan la fruta y se entierran en el suelo, a una profundidad de 2 a 5 cm (Medianero & Alvarado, 2016). En el suelo se transforman en pupa y de allí pasan al estado adulto. La etapa de pupa dura de nueve a quince días, y la de adulto hasta 90 días (Matheus Gómez, 2005).

El manejo de la mosca de la fruta está relacionado con su ciclo de vida. La práctica de recoger los frutos sobremaduros y enterrarlos, embolsarlos o depositarlos en dispositivos aumentorios es muy eficiente, ya que elimina gran parte de la siguiente generación de moscas adultas. Para que esta práctica se pueda realizar, se deben controlar las arvenses por lo menos en el plato del árbol; de lo contrario, es difícil recoger la fruta que ha caído al suelo.

La decisión de implementar medidas adicionales de manejo depende de los resultados del monitoreo con trampas McPhail, descrito al comienzo del capítulo. Si el cálculo del índice MTD da valores por encima de 0,5, se deben implementar medidas de control (Matheus Gómez, 2005). Los siguientes son los controles que se pueden seguir, según Varón y Arcila (2017):

Control legal

En Colombia, el manejo de la mosca de la fruta está regido por la Resolución 001 (ICA, 2011).

Control cultural

El manejo de los principales problemas bióticos en el cultivo de mango comprende el uso eficiente de todas las estrategias disponibles para el control de plagas y enfermedades, por medio de acciones que previenen su aparición, que advierten oportunamente su presencia y que mitigan los daños.

Solarización de frutos caídos

Se recolectan los frutos caídos y se introducen en bolsas plásticas que se cierran herméticamente. Se recomienda el uso de bolsas calibre 4 de 25 kg de capacidad, transparentes o negras. Las bolsas y su contenido deben exponerse al sol en áreas desprovistas de sombra, por un periodo de mínimo 48 horas. Una vez culminado el proceso, los frutos solarizados se pueden llevar a compostaje (figura 69).



Figura 69. Embolsado y solarización de frutos de mango caídos.

Fuente: Varón & Arcila (2017)

Recolección y enterrado de frutos caídos

Para llevar a cabo este proceso es necesario identificar un área despejada del cultivo donde se pueda cavar. Lo más importante es que el hoyo tenga la profundidad suficiente para contener la fruta caída y que esta pueda ser cubierta por una capa de cal y tierra de mínimo 30 cm de espesor. Esto impedirá que las moscas completen su etapa de pupa y emerjan como adultas y de este modo se cumpla el ciclo reproductivo de la población. Las dimensiones exactas del depósito dependerán del área sembrada y de la cantidad de fruta sobremadura y de descarte que se produzca (figura 70). Otro aspecto fundamental es que la fruta para descartar debe retirarse con frecuencia del lote, en lo posible diariamente durante la época de cosecha. Al final de la semana se cubre con la capa de tierra y cal, y el proceso se repite hasta llenar el hoyo.

Este es un método eficiente para disminuir las poblaciones de mosca de la fruta, aunque también elimina a las avispas parasitoides, que son sus enemigos naturales. Existen alternativas para favorecer la recuperación de estas avispas, como el uso de una malla para cubrir la fosa (en lugar de la tierra y la cal) o el empleo de dispositivos aumentorios (alternativas que se describen más adelante, en la sección de control biológico).



Foto: Ángela María Arcila Cardona

Figura 70. Recolección de frutos sobremaduros y de descarte.

Cosecha temprana y completa

La fruta madura es el recurso preferido de las moscas para poner sus huevos. Por lo tanto, una cosecha temprana y completa disminuye la probabilidad de que las moscas lleguen a la fruta y aumenten sus poblaciones.

Se recomienda que el agricultor realice la colecta de toda la fruta en los árboles, procurando que el huerto quede libre de frutos cuando termine la cosecha. De esta manera, se rompe el ciclo de reproducción de la mosca.

Manejo de plantas hospederas

Algunos hospederos alternos de *Anastrepha obliqua* son las plantas de ciruela (*Spondias* spp.), carambola (*Averrhoa carambola*), guayaba (*Psidium guajava*), toronja (*Citrus grandis*), naranja (*Citrus sinensis*), pomarrosa (*Eugenia jambos* L.) y almendro tropical (*Terminalia catappa*) (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural [Sagarpa], 2004).

El manejo de la mosca de la fruta debe incluir los hospederos alternos. De encontrarse cerca del huerto, deben implementarse las mismas técnicas empleadas para el manejo de la mosca en el cultivo de mango. Solo así es posible obtener un mejor control de las poblaciones del insecto.

Podas

Las podas son necesarias no solo para el manejo de la mosca de la fruta, sino también para el manejo fitosanitario y productivo del huerto. Las podas de formación y renovación permiten mantener los árboles con una arquitectura y altura adecuadas para llevar a cabo las labores de cosecha y manejo fitosanitario. Por otra parte, las podas de aireación o aclareo permiten manejar las condiciones de microclima en el huerto, de manera que se disminuya la probabilidad de aparición de enfermedades fúngicas y la proliferación de algunas especies plaga que, como la mosca de la fruta, se ven favorecidas por las condiciones de sombra y alta humedad. Las podas no solo son provechosas para el manejo de la mosca; también dan más entrada de luz al huerto, con lo cual permiten una mayor floración y producción de fruta (García Lozano et al., 2017).

Plateos

La limpieza del área alrededor de la base del árbol cumple dos funciones principales: 1) permitir que se encuentren y recojan los frutos sobremaduros que caen al suelo y 2) cambiar las condiciones favorables para el desarrollo de la mosca, la cual completa su fase de pupa muchas veces entre la hojarasca y las arvenses presentes en la zona cercana al árbol.

Control biológico

Se reconocen diversos agentes de control de la mosca de la fruta, entre los cuales se destacan los hongos entomopatógenos y las avispas parasitoides. Estos organismos tienen formas de acción complementarias y actúan en diferentes etapas del ciclo de vida de las moscas.

Los hongos entomopatógenos o los extractos de sus metabolitos secundarios suelen emplearse en cebos con atrayente alimenticio (alimentación tratada) para el manejo de las moscas adultas. También se aplican directamente al suelo para el control de las pupas.

Dado que las larvas se desarrollan dentro de la fruta, es muy difícil llegar a ellas con hongos entomopatógenos, y aquí es donde las avispas parasitoides desempeñan un papel fundamental. *Doryctobracon oophilus* (Fullaway) actúa a nivel de huevos, mientras que *Aceratoneuromyia indica* Silvestri (Eulophidae), *Diachasmimorpha longicaudata* Ashmead (Braconidae), *Doryctobracon areolatus* Szépligeti (figura 71), *D. zeteki* Muesebeck (Braconidae), *Odontosema anastrephae* Borgmeier (Eucolidae), y *Trichopria* sp. (Diapriidae) actúan sobre las larvas (Sagarpa, 2004). De estas especies, la única reportada hasta el momento en Magdalena es *D. areolatus* (Varón et al., 2017)



Figura 71. Adulto de la avispa parasitoide *Doryctobracon areolatus*.

Fuente: Varón & Arcila (2017)

Una forma de incrementar en el huerto los parasitoides consiste en usar dispositivos aumentorios. Existen diferentes diseños de dispositivos (Deguine et al., 2015), pero todos funcionan bajo el mismo principio: contienen fruta de descarte y sobremadura para atrapar a las moscas que emergen y para dejar salir a los parasitoides. Es por esta razón que el tamaño de la red que cubre la salida es fundamental para el éxito del dispositivo. La selección depende, por tanto, del tamaño de la mosca de la fruta y del parasitoide más común. Uno de los modelos más sencillos (Ecophytopic, 2018) se ilustra en la figura 72. Para fabricarlo, se le corta la base a un recipiente plástico, y el cilindro hueco resultante se entierra a una profundidad de 20 a 30 cm, suficiente para que las larvas de la mosca se entierren y empupen, pero que no escapen por los laterales. El recipiente debe tener una tapa hermética con dos orificios, uno de entrada de la fruta y otro de salida de los parasitoides. El orificio de entrada se sella (por ejemplo, con una manga de franela) una vez se ha introducido por él la fruta sobremadura o de descarte. El orificio de salida debe quedar recubierto con una malla fina de 16 hilos/pulgada, de modo tal que permita el paso de las avispillas parasitoides, pero no el de las moscas de la fruta.



Fotos: Ángela María Arcila Cardona

Figura 72. Pasos para la construcción de un aumentorio tipo Poubelle de 80 litros, según modelo publicado por Ecophytopic (2018). a. Recipiente plástico de 80 L con tapa hermética; b. Se remueve la base del recipiente; c. En campo, la base del recipiente se entierra a una profundidad de 20 a 30 cm; d. Vista interior de la tapa, con el orificio de entrada de la fruta en la parte inferior; la manga de franela se asegura con remaches y con restos de plástico como refuerzo; e. Vista exterior de la tapa con la manga de franela adosada al orificio de entrada de la fruta; f. Apertura de la manga para la entrada de la fruta; g. Cierre de la manga con nudo una vez depositada la fruta; en la parte superior (círculo rojo), se encuentra el orificio de salida para las avispiñas, el cual debe cubrirse con una malla.

Control químico

Este tipo de control no se debe manejar de forma indiscriminada. Se sugiere implementarlo solo cuando las poblaciones de mosca hayan alcanzado un MTD superior a 0,5. Las aplicaciones deben dirigirse a los focos detectados por las trampas McPhail.

Una alternativa de manejo es emplear cebos envenenados, con una mezcla de ingrediente activo (insecticida) y atrayente alimenticio. Se recomienda dirigir la aspersión a los árboles, en los focos de mayor captura de moscas detectados por las trampas McPhail. Se escoge la parte más sombreada del árbol y en ese sector se recomienda asperjar un metro cuadrado del follaje (Núñez & Pardo, 1989).

No se aconseja la fumigación de todo el huerto. Se deben intercalar hileras o árboles para disminuir el efecto negativo sobre las especies benéficas (depredadores, parasitoides, polinizadores). Es posible también usar un producto a base de spinosad, en dosis de 1,6 litros + 2,4 litros de agua/ha. Se debe dirigir la aplicación al área foliar del cultivo siguiendo las instrucciones de uso del producto.

Otras especies de insectos

Otros insectos reportados para el mango en Colombia son *Tropidacris cristata* y *Prosaithria teretirostris* (Orthoptera); *Heterotermes* sp. (Blattodea: Rhinotermitidae); *Aethalion reticulatum*, *Aconophora* sp., *Campylenchia hastata*, *Antiteuchus pallescens*, *A. tripterus*, *Macropygium reticulare* (Hemiptera); *Isonychus* sp., *Macraspis lucida*, *Epitragus aurulentus*, *Euryscopa* sp. (Coleoptera); *Hamadryas feronia*, *Sibine* sp., *Megalopyge lanata*, *M. orsilochus*, *Tiquadra* sp. (Lepidoptera); *Lonchaea* sp., *Silba* sp. (Diptera); *Camponotus blandus*, *Trigona trinidadensis* (Hymenoptera), y especies de aparición relativamente reciente como la mosca del vinagre (*Zaprionus indianus*) (Diptera: Drosophilidae) y la polilla de los frutos (*Eudocima* sp.) (Lepidoptera: Erebididae) (Posada Ochoa, 1989; Kondo, 2009; Gil et. al., 2013).

Trabajos de investigación llevados a cabo por Corpoica entre 2013 y 2017, con el objetivo de actualizar el estatus fitosanitario de las áreas productoras de mango en Colombia (Tolima, Cundinamarca y Magdalena) (Arcila & Varón, 2018), reportaron la presencia de cuatro especies de trips asociadas a las inflorescencias de mango y establecieron que *Frankliniella gardeniae* ocasiona daños en el cultivar Tommy (departamento del Tolima), con un nivel de daño económico de 11 trips/panícula y un umbral de acción de 7 trips/panícula (Sierra, 2017).

Para el mango de azúcar en el departamento del Magdalena, se estableció que las termitas son los insectos de mayor importancia, después las moscas de la fruta. Se reportaron trece especies de termitas, con una incidencia promedio de 42 %, entre las cuales se destaca *Microcerotermes arboreus* (Termitidae) como la más

abundante (Carrascal Pérez et al., 2018). Se identificaron también catorce especies de insectos escama y cochinillas, con *Aulacaspis tubercularis* y *Ferrisia kondoi* como las más frecuentes, aunque con poblaciones bajas (Kondo et al., 2018).

La actividad de alimentación de los insectos sobre los cultivos de mango no implica que actúen como plagas. Eso depende de la dinámica de las poblaciones y del tipo de daño ocasionado. En algunos casos, se pueden presentar efectos indirectos, ya que la actividad de los insectos puede ser la “puerta de entrada” a agentes patógenos causantes de otros problemas fitosanitarios que afectan el rendimiento y la calidad del producto. Adicionalmente, especies como las de la mosca de la fruta también pueden convertirse en impedimento para la comercialización, debido a que su presencia en el mango de exportación da lugar a restricciones cuarentenarias. En Colombia, debe incentivarse la investigación de la fauna benéfica nativa en los cultivos y su incorporación en los programas de manejo integrado de plagas (MIP) (Kondo, 2009). Esto como una estrategia para aumentar la sostenibilidad de la producción y la inocuidad del producto.



Capítulo IX

Cosecha

Lumey Pérez Artilles y Ángela María Arcila Cardona

Maduración del fruto

Existen diversos índices de madurez que han sido evaluados para el mango, entre los cuales se destacan el número de días desde la floración completa, la gravedad específica, la forma del fruto, el color de la cáscara, el color interno de la pulpa, el contenido de almidón (material seco), el contenido de sólidos totales, los sólidos solubles o azúcares (grados Brix) y la acidez titulable (García Lozano et al., 2017).

Cuando comienza la maduración de los frutos de mango, se presentan los siguientes cambios:

- Incremento en el contenido de carotenoides (colores amarillo y anaranjado) y disminución en el contenido de clorofila (color verde), contenidos ambos que traen cambios en el color de la cáscara y la pulpa.
- En algunos cultivares la cáscara cambia de color, de verde a amarillo o rojo.
- En todos los cultivares, el color de la pulpa cambia de verde blancuzco a amarillo y anaranjado.
- Incremento en el contenido de jugo y disminución de la firmeza de la pulpa.
- Incremento de la dulzura de la fruta por la conversión de almidones en azúcares.
- Disminución de la acidez titulable.
- Incremento del contenido total de azúcares (combinación de azúcares, ácidos, pectinas solubles y otros compuestos solubles).
- Aumento de las sustancias volátiles responsables del aroma.

- La tasa de producción de dióxido de carbono aumenta cuatro veces, desde 40 a 50 hasta 160 a 200 mg/kg/h a 20 °C.
- La tasa de producción de etileno se incrementa diez veces, desde 0,2 a 0,4 hasta 2 a 4 mL/kg/h a 20 °C.

Todas estas características dependen del tipo del cultivar y del estado de madurez de la fruta. Para el caso del mango azúcar, el estado de madurez tiene cinco estados de color, que varían de 0 a 4. La madurez se aprecia por el cambio de coloración de la pulpa, ya que no existe una relación con el cambio de coloración externa.

Las variables asociadas con la calidad de la fruta dependen de la coloración de la misma. Sin embargo, el contenido de pulpa no presenta diferencias con relación al estado de madurez, que para el caso del mango de azúcar es de 65 %.

En este mismo sentido, hay una tendencia descendente en el avance de la madurez, es decir, a medida que el fruto madura, la pulpa se ablanda y el valor de la consistencia disminuye. Para el caso del mango de azúcar, ocurre exactamente lo mismo; a medida que el fruto madura, su consistencia también disminuye. Por ejemplo, un fruto de color 4 en su máximo estado de madurez tiene una consistencia de 2,2 a 2,6 kgf/cm² (figura 73).

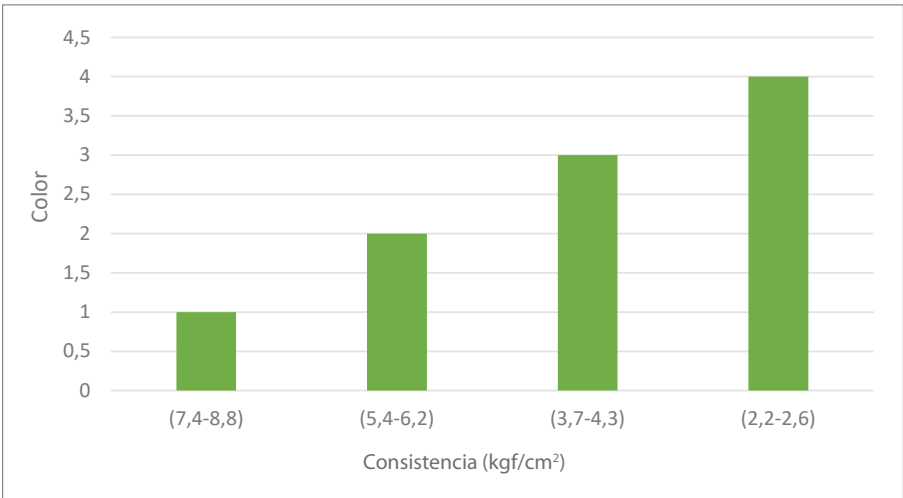


Figura 73. Límites inferior y superior para el promedio de consistencia (kgf/cm²) por color en mango de azúcar.

Fuente: Adaptación de Aristizábal et al. (2004)

Por otra parte, existen diferencias en el contenido de azúcar entre los diferentes estados de madurez, y se presenta un incremento conforme avanza el proceso de maduración. La variedad criolla con mayor contenido de sólidos solubles totales es el mango de azúcar, con 19,3 °Brix aproximadamente. En la figura 74a, se puede observar que a medida que pasan los estados de madurez, desde la clase 0 (con coloraciones verdes) hasta la clase 4 (máximo estado de madurez, cuando se alcanzan valores de sólidos solubles totales de 7,6 a 19,3 °Brix), casi se duplican los valores en cada fase de maduración. Esta información es de suma importancia, ya que permite determinar el estado en el que se pueden cosechar los frutos.

En cuanto a la acidez, se puede decir que en los frutos de mango predomina el ácido cítrico, y que este disminuye durante el proceso de maduración, con lo cual presenta diferencias entre los diferentes estados. El mango de azúcar es el menos ácido de las variedades criollas. Los colores 3 y 4 (figuras 74b, 74c), los cuales son los estados más utilizados comercialmente, no superan un pH de 4 y una acidez de 0,3.

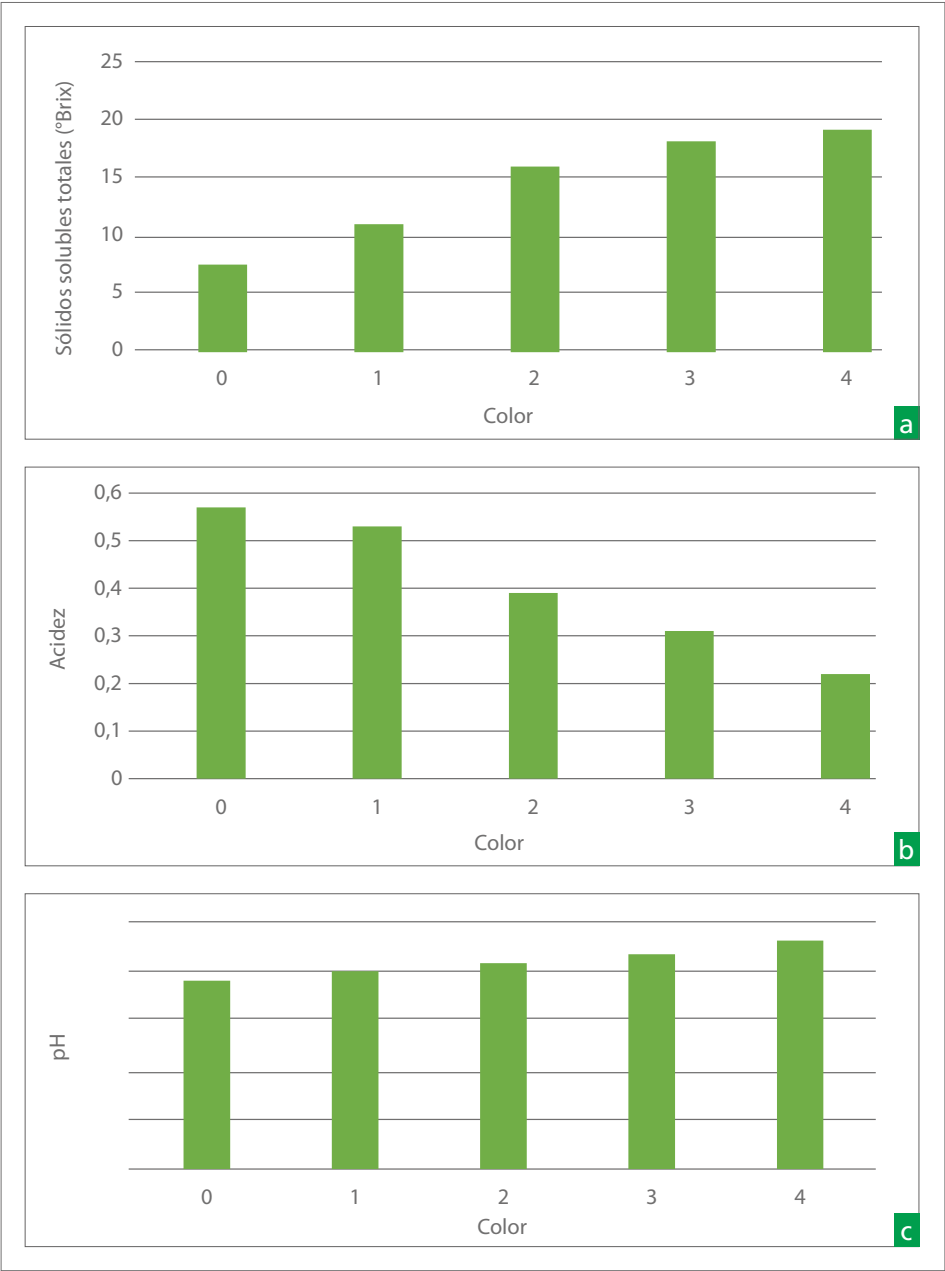


Figura 74. Límite superior para el contenido de sólidos solubles totales por color en mango de azúcar. a. Grados Brix; b. Acidez; c. pH.

Fuente: Adaptación de Aristizábal et al. (2004)





Capítulo X

Poscosecha

Lumey Pérez Artilles

La tendencia actual es que los mangos para comercialización sean frutas sin fibra, jugosas, sabrosas, de color rojo amarillo, con un diámetro máximo de 20 cm. El mango de azúcar, con su tamaño pequeño, escasa fibra, buen aroma y sabor, ha ganado espacio en los mercados internacionales, principalmente europeos, que tienen una alta demanda de fruta fresca.

Para conseguir los estándares de calidad establecidos y contar con un producto que responda a las normas de los mercados nacionales e internacionales, es fundamental el manejo adecuado de la fruta en proceso de poscosecha. En el mango de azúcar, la norma de calidad para exportación se basa en varios aspectos, entre ellos la apariencia. La fruta, para que sea aceptada, debe estar entera, sana y limpia. No pueden observarse rastros de materiales extraños, humedad ni olores o sabores anormales. Tampoco puede haber magulladuras u otros defectos que demeriten la calidad del producto. No existe tolerancia en estos aspectos, y el mercado solo acepta frutas con defectos generales muy leves, que no alteren la apariencia general del producto (García Lozano et al., 2017).

La forma es otro de los criterios importantes para la comercialización. En este aspecto, las características de la fruta tienen que coincidir con las descritas para la variedad. De no ser así, se rechaza el producto.

Un mango de tamaño aceptable tiene un rango de peso de 125 a 283 g, y por caja, solo se acepta máximo una fruta con un gramaje inferior a este rango, sin que

disminuya el peso total de la caja (1.545 g). En cuanto a la coloración, se admiten visos verdes y mínimo 60 % y máximo 90 % de amarillos. Las frutas deben tener una consistencia firme al tacto, piel lisa y no deben presentar síntomas de deshidratación. El pedúnculo debe cortarse para que tenga un tamaño de 5 mm (máximo de 7 mm), y no debe ser arrancado ni retorcido, sino cortado en diagonal. Además, la fruta no debe presentar manchas de látex.

Para obtener esta calidad de fruta, es necesario un adecuado proceso de cosecha y poscosecha. En general, los mangos son susceptibles de sufrir daños físicos, fisiológicos y defectos patológicos, lo que puede afectar la calidad del producto y su comercialización. Muchos de estos daños tienen su origen en la precosecha y pueden ser causados por plagas (insectos fitófagos y patógenos) o desórdenes fisiológicos. De acuerdo con lo descrito por Raymond et al. (1998), los tres desórdenes fisiológicos principales en el mango son una masa gelatinosa (semilla gelatinosa) formada por la desintegración de la pulpa cerca de la semilla, la maduración parcial del mesocarpio en el extremo distal de la fruta (punta blanda), y la necrosis del mesocarpio entre la semilla y el pedúnculo, lo cual da origen a una cavidad vacía. La susceptibilidad a estos desórdenes fisiológicos varía entre cultivares. El de Tommy Atkins es uno de los más propensos a sufrir el desorden de la semilla gelatinosa (Van Lelyveld & Smith, 1979). En el mango de azúcar, este desorden no se ha reportado.

Además de los daños relacionados con desórdenes fisiológicos, se destacan aquellos causados por enfermedades. La antracnosis (figura 75) es la enfermedad fungosa más importante durante la poscosecha.



Foto: Gloria Patricia Castillo Urquiza

Figura 75. Antracnosis (*Colletotrichum* sp.) en mango de azúcar.

Para el manejo de la antracnosis en poscosecha, se recomienda el lavado de las frutas con agua, hipoclorito de sodio al 2 % y tiabendazol en dosis de 500 a 700 ppm.

El tratamiento térmico es otro método eficiente para controlar la antracnosis y algunas plagas en poscosecha. Además, este método de control se puede combinar con la aplicación de fungicidas registrados como procloraz, benomil y tiabendazol (Páez, 2003).

Es importante tener presente que el tratamiento térmico, eficiente para el control de enfermedades y/o insectos, puede generar decoloraciones en la cáscara. El daño por tratamiento térmico se produce cuando existen sobrepasos en la combinación de tiempo y temperatura. La cáscara puede oscurecerse, y la maduración y coloración pueden perder su uniformidad. Además, debido a la muerte del tejido, se pueden producir espacios vacíos en la pulpa y deformaciones. Es necesario realizar los experimentos para el tipo de cultivar que se vaya a someter a tratamiento térmico, para ajustar la temperatura y los tiempos de calentamiento y enfriamiento.

Para el tratamiento térmico, los mangos se sumergen de diez a quince minutos en agua caliente a 52 °C. Después del tratamiento, las frutas deben enfriarse a temperatura ambiente, y en esta etapa se pueden usar ventiladores para que las frutas se sequen al mismo tiempo. No es recomendable que las frutas se enfríen demasiado rápido después del tratamiento, ya que esto puede generar manchas verdes en la cáscara durante el proceso de maduración, lo cual influye en la apariencia y puede ser motivo de rechazo.

Al igual que con el tratamiento térmico, la ocurrencia de daño por frío depende del cultivar, el estado de madurez del fruto al ser cosechado y la temperatura y el tiempo de exposición. Se debe tener especial cuidado con los frutos verdes ya que son más susceptibles a este tipo de daño. Los síntomas pueden ser maduración no uniforme, alteraciones en el color y sabor de la fruta y deformaciones (depresiones) en la cáscara.

También son importantes los daños por insectos plaga, deformidades del fruto, cicatrices, manchas, abrasiones en la cáscara, rajaduras, manchas de sol y desperfectos ocasionados por el frío. Todos estos daños pueden ser causal de rechazo en la comercialización.

Durante el proceso de cosecha, también pueden producirse daños que causan una depreciación de la calidad de los frutos. Estos son generalmente daños mecánicos, los cuales pueden generarse por golpes durante la manipulación de la fruta, mal almacenamiento y transporte inadecuado. Debido a esto, es importante el uso de canastillas o de otros empaques que eviten golpes y magulladuras durante el traslado de la fruta. El corte inapropiado del pedúnculo, también durante la cosecha, puede ocasionar quemadura por látex, y decoloración de la cáscara, con un oscurecimiento de negro a café (Brown et al., 1986; Loveys et al., 1992).

Es fundamental cosechar los frutos cuando se encuentren en estado de madurez fisiológica. La consecuencia de recolectar cuando no tienen dicha madurez es que la frutas, durante el posterior proceso de maduración, no alcanzan los parámetros óptimos de calidad interna. La recolección de frutos sobremaduros, con textura muy suave, también es causa de rechazo en el mercado y favorece las pudriciones. Se recomienda realizar una selección de frutos durante el proceso de cosecha, para descartar aquellos pasados de madurez, golpeados, manchados, etc.

Para la comercialización, es necesario tener presentes factores como temperatura, humedad relativa y composición de la atmósfera alrededor del fruto, ya que todo esto garantiza la conservación. Las frutas no deben presentar manchas o residuos de agroquímicos y deben estar libres de insectos, y el empaquetado debe ser homogéneo en cuanto a peso y color de las frutas.

El aumento de las ventas, así como la exploración de nuevos mercados, está muy relacionado con la calidad de las frutas y la certificación de los predios. Esta última garantiza que se cumplan requisitos asociados con la protección ambiental y social, con el comercio justo, con la seguridad alimentaria y principalmente con la trazabilidad del producto, la calidad y las buenas prácticas agrícolas (Export Marketing Agency [EMA], 2012).



Referencias

- Abadía, J. C., Arcila, A. M., & Chacón, P. (2013). Incidencia y distribución de termitas (Isoptera) en cultivos de cítricos de la costa Caribe de Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*, 39(1), 1-8. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-04882013000100001&script=sci_arttext
- Abaunza, C. A., Arcila, A. M., & Yacomelo, M. J. (2016). *Seleccionar al menos dos clones sobresalientes (mango de hilaza y mango de azúcar) con base en resultados de caracterización morfológica y molecular realizada a una población de genotipos seleccionados en la región Caribe: informe final de meta*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Aguilar, D., Siachoque, R., Otero, J., Páramo, G., García, E., Escobar, C., Porras, P, ... Acosta, C. (2018). *Cultivo comercial de mango: identificación de zonas aptas en Colombia: escala 1:100.000*. Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA).
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (2006). *Evapotranspiración del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos* [Estudio FAO riego y drenaje 56]. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). <https://www.fao.org/3/x0490s/x0490s00.htm>
- Alvarado Moreno, J. R. (2012). Las tareas del Acuerdo de Competitividad de la Cadena del Mango. *Frutas & Hortalizas*, 25, 16-19.
- Alvarado Ochoa, S. P., Jaramillo, R., Valverde, F., & Parra, R. (2011). *Manejo de nutrientes por sitio específico en el cultivo de maíz bajo labranza de conservación para la provincia de Bolívar* [Boletín técnico n.º 150]. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (Iniap), República del Ecuador; International Plant Nutrition Institute (IPNI). <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/455>
- Ansorena Minere, J. (1994). *Sustratos: propiedades y caracterización*. Mundi-Prensa Libros.
- Arab, A., & Costa-Leonardo, A. M. (2005). Effect of biotic and abiotic factors on the tunneling behavior of *Coptotermes gestroi* and *Heterotermes tenuis* (Isoptera: Rhinotermitidae). *Behavioural Processes*, 70(1), 32-40. <https://doi.org/10.1016/j.beproc.2005.04.001>

- Arauz, L. F. (2000). Mango anthracnose: economic impact and current options for integrated management. *Plant Disease*, 84(6), 600-611. <https://doi.org/10.1094/PDIS.2000.84.6.600>
- Arcila, A. M. (2015). Termitas asociadas a cultivos frutales en la región Caribe colombiana. En J. L. Jaramillo, M. M. Palacio & C. M. Holguín (Comps.), *Memorias XLII Congreso Sociedad Colombiana de Entomología (Socolen)* (pp. 2010-216).
- Arcila, A. M., & Varón, E. (2016). Principales artrópodos-plaga emergentes y sus daños asociados, identificados en cultivos de mango en el Magdalena [Informe final de meta 3387]. En *Estrategias de prevención y manejo de plagas y enfermedades emergentes de mango: Zona Bananera, Colombia*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Arcila, A. M., & Varón, E. (2017). *Hormiga arriera en cultivo de mango* [App Dr. Agro]. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA. https://play.google.com/store/apps/details?id=co.org.corpoica.doctoragro&hl=es_419
- Arcila, A. M., & Varón, E. (2018). Fluctuación poblacional establecida para los artrópodos-plaga más significativos de Magdalena [Informe final de meta 3514]. En *Estrategias de prevención y manejo de plagas y enfermedades emergentes de mango: Zona Bananera, Colombia*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA.
- Aristizábal, G. E. (2004). Mango (*Mangifera indica* L.). En H. F. Ospina Ospina (Ed.), *Caracterización de los productos hortifrutícolas colombianos y establecimiento de las normas técnicas de calidad* (pp. 50-79). Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé); Servicio Nacional de Aprendizaje [SENA]. <http://hdl.handle.net/10778/828>
- Armenta Porras, G. E. (2013). *Análisis detallado del efecto foehn generado por la cordillera Oriental en el alto Magdalena (Huila y Tolima)*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/20734>
- Avilán Rovira, L. (1983). La fertilización del mango (*Mangifera indica* L.) en Venezuela. *Fruits*, 38(3), 183-188.
- Avilán, L. (1988). El ciclo de vida productivo de los frutales de tipo arbóreo en medio tropical y sus consecuencias agroeconómicas. *Fruits*, 43(9), 517-529.
- Avilán, L. (1996). *Fertilización del mango en el trópico*. International Plant Nutrition Institute (Ipni). [http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/2ca1610230942c3c05257afc005d50a7/\\$FILE/Fertilizacion.pdf](http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/2ca1610230942c3c05257afc005d50a7/$FILE/Fertilizacion.pdf)

- Avilán, R. L. (2008). *Nutrición y fertilización del mango*. International Plant Nutrition Institute (Ipni).
- Avilán, L., Leal, F., & Bautista, D. (1992). *Manual de fruticultura: principios y manejo de la producción*. Editorial América.
- Avilán R., L., & Meneses, L. (1979). Efecto de las propiedades físicas del suelo sobre la distribución de las raíces del mango (*Mangifera indica* L). *Turrialba*, 29(2), 117-122.
- Azzous, S., Mostafa, H. A., Said, G., & El-Masry. H. (1984). Effect of some growth regulators on mango malformation. *Agricultural Research Review*, 62, 181.
- Bailey, J. A., O'Connell, R. J., Pring, R. J., & Nash, C. (1992). Infection strategies of *Colletotrichum* species. En A. J. Bayley & J. M. Jeger (Eds.), *Colletotrichum: biology, pathology and control* (pp. 88-120). CAB International.
- Baíza Avelar, V. H. (2003). *Guía técnica del cultivo del aguacate*. Ministerio de Agricultura y Ganadería, República de El Salvador. <http://repiica.iica.int/docs/B0218e/B0218e.pdf>
- Bally, I. S. E. (2006). *Mangifera indica (mango)*. Permanent Agriculture Resources (PAR). <http://agroforestry.org/images/pdfs/Mangifera-mango.pdf>
- Banco de Desarrollo Empresarial de Colombia [Bancoldex]. (2014). *Zonificación para el cultivo del mango con fines comerciales en Colombia: escala 1:100.000* [Memoria técnica]. Bancoldex; Unión Temporal Crece-Federación Nacional de Cafeteros de Colombian (FNC).
- Bandeira, A. G., Vasconcellos, A., Silva, M. P., & Constantino, R. (2003). Effects of habitat disturbance on the termite fauna in a highland humid forest in the Caatinga domain, Brazil. *Sociobiology*, 42(1), 117-127. <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:qHw0rDQ52qkJ:parqueserradoscavalos.caruaru.pe.gov.br/wp-content/uploads/2019/12/Effects-of-Habitat-Disturbance-on-the-Termite-Fauna-in-a-Highland-Humid-Forest-in-the-Caatinga-Domain-Brazil.pdf+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=co>
- Bompard, J. M. (2009). Taxonomy and systematics. En R. E. Litz. (Ed.), *The mango: botany, production and uses* (2.nd edition, pp. 19-41). CABI Publishing. 10.1079/9781845934897.0000
- Brown, B. I., Wells, I. A., & Murray, C. F. (1986). Factors affecting the incidence and severity of mango sap-burn and its control. *ASEAN Food J*, 2, 127-132.
- Burbano Orjuela, H., & Silva Mojica, F. (2010). *Ciencia del suelo: principios básicos*. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo.
- Calderón Sáenz, F., & Cevallos, F. (2001). *Los sustratos*. Dr. Calderón Laboratorios Ltda. http://www.drcalderonlabs.com/Publicaciones/Los_Sustratos.htm

- Cañón, P. J. (2005). *Caracterización morfológica de mango común y selección de clones sobresalientes en el suroeste antioqueño*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín].
- Carrascal Pérez, F., Arcila Cardona, Á. M., & Pulgarín, J. A. (2018). Termitas (Blattodea: Termitoidea) asociadas a cultivos de mango y aguacate en la región Caribe colombiana. En J. Rodríguez & O. Ascuntar-Osnas (Comps.), *Resúmenes XLV Congreso Sociedad Colombiana de Entomología (Socolen)* (p. 333).
- Cartagena Valenzuela, J. R., & Vega Beltrán, D. (1992). *Fruticultura colombiana: el mango* [Manual de asistencia técnica n.º 43]. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA); Banco de Comercio Exterior de Colombia (Bancoldex). <http://hdl.handle.net/20.500.12324/13405>
- Castillo, G. P., Hio, J. C., & Rojas, E. (2017). *Ficha técnica: malformación floral y vegetativa del mango* [App Dr. Agro]. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA. https://play.google.com/store/apps/details?id=co.org.corpoica.doctoragro&hl=es_419
- Centis, S., Guillas, I., Séjalon, N., Esquerré-Tugayé, M. T., & Dumas, B. (1997). Endopolygalacturonase genes from *Colletotrichum lindemuthianum*: cloning of CLPG2 and comparison of its expression to that of CLPG1 during saprophytic and parasitic growth of the fungus. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 10(6), 769-775. <https://doi.org/10.1094/MPMI.1997.10.6.769>
- Coelho, E. F., De Sousa, V. F., Aguiar Netto, A. O., & De Oliveira, A. S. (2000). *Manejo de irrigação em fruteiras tropicais* [Circular técnica n.º 40]. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/568365/manejo-de-irrigacao-em-fruteiras-tropicais>
- Corabastos. (2020, julio). *Boletín diario de precios*. <http://boletin.precioscorabastos.com.co/>
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [Corpoica]. (2014). *Reporte de resultados: laboratorio de servicios laboratorio de química de suelos, aguas y plantas* [Informe n.º 714-st14] (14126-14145).
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [Corpoica]. (2015). *Reducción del riesgo y adaptación al cambio climático producto 1: caracterización de la variabilidad climática y zonificación de la susceptibilidad territorial a los eventos climáticos extremos: departamento del Magdalena: informe final*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica); Fondo de Adaptación.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [Corpoica]. (2016). *Sistema de apoyo para la toma de decisiones agroclimáticamente inteligente*. <http://www.corpoica.org.co:8086/NetCorpoicaMVC/SEMapa/Inicio/>

- Corrales-Bernal, A., Maldonado, M. E., Urango, L. A., Franco, M. C., & Rojano, B. A. (2014). Mango de azúcar (*Mangifera indica*), variedad de Colombia: características antioxidantes, nutricionales y sensoriales. *Revista Chilena de Nutrición*, 41(3), 312-318. https://www.researchgate.net/publication/267628913_Mango_de_azucar_Mangifera_indica_variedad_de_Colombia_caracteristicas_antioxidantes_nutricionales_y_sensoriales
- Correa, M. M. (2011). *Cambios en los modelos productivos de las empresas agropecuarias del noreste de la provincia de La Pampa, en los últimos 10 años* [Tesis de pregrado, Universidad Católica Argentina]. Repositorio institucional UCA. <https://repositorio.uca.edu.ar/handle/123456789/456>
- Cruz-Barrón, V., Bugarín-Montoya, R., Alejo-Santiago, G., Luna-Esquivel, G., & Juárez-López, P. (2014). Extracción y requerimiento de macronutrientes en mango 'Ataulfo' (*Mangifera indica* L.) con manejo de poda anual y bianual. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(2), 229-239. <https://www.redalyc.org/pdf/2631/263129784005.pdf>
- Da Cruz Batista, D., Terao, D., Guimaraes Barbosa, M. A., & Cruz de H Tavares, S. C. (2015). *Cultivo da mangueira: doenças*. Sistemas de produção Embrapa. https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducaolf6_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_sistemaProducaold=7743&p_r_p_-996514994_topicold=8296
- Da Silva Galdino, T. V., Kumar, S., Oliveira, L. S. S., Alfenas, A. C., Neven, L. G., Al-Sadi, A. M., & Picanço, M. C. (2016). Mapping global potential risk of mango sudden decline disease caused by *Ceratocystis fimbriata*. *PLoS ONE*, 11(7). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0159450>
- Deguine, J. P., Toulassi, A.-N., Aubertot, J. N., Augusseau, X., Atiama, M., Jacquot, M., & Reynaud, B. (2015). Agroecological management of cucurbit-infesting fruit fly: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 35(3), 937-965. <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0290-5>
- Departamento de Agricultura de los Estados Unidos [USDA]. (1999). *Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo*. https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_051913.pdf
- Donovan, S. E., Eggleton, P., & Bignell, D. E. (2001). Gut content analysis and a new feeding group classification of termites. *Ecological Entomology*, 26(4), 356-366. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2311.2001.00342.x>
- Duarte, O. (2016). *Cinco estrategias claves para inducir y controlar la floración* [Conferencia]. V Congreso Internacional de Mango y Palto, municipalidad de Casma, Perú.

- Ecophyto. (2018). *Confection d'un augmentorium dans le cadre de la protection contre les mouches des fruits*. <https://ecophytopic.fr/pic/proteger/confection-dun-augmentorium-dans-le-cadre-de-la-protection-contre-les-mouches-des>
- Export Marketing Agency [EMA]. (2012). *El mercado europeo del mango y sus subproductos*. <https://docplayer.es/5448123-El-mercado-europeo-del-mango-y-sus-subproductos-bogota-16-de-octubre-2012.html>
- Fallas, R., Bertsch, F., Miranda, E., & Henríquez, C. (2010). Análisis de crecimiento y absorción de nutrimentos de frutos de mango, cultivares Tommy Atkins y Keith. *Agronomía Costarricense*, 34(1), 1-15. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/ac/v34n1/a01v34n1.pdf>
- Federación Colombiana de Productores de Mango [Fedemango]. (2013). *Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación Tecnológica para el Cultivo de Mango en la Región Caribe Cenimango Caribia-Sevilla (Magdalena)*.
- Fernández, F., Castro-Huertas, V., & Serna, F. (2015). *Hormigas cortadoras de hojas de Colombia: Acromyrmex & Atta (Hymenoptera: Formicidae)* [Fauna de Colombia: monografía n.º 5]. Instituto de Ciencias Naturales, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. https://www.antwiki.org/wiki/images/0/06/Fernandez_et_al_2015_atta_and_acromyrmex_of_colombia.pdf
- Ferreira E., R., & Selles Van S., G. (eds.) (2007). *Manejo del riego y suelo en palto* [Boletín INIA n.º 160]. Centro de Regional de Investigación La Cruz, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), República de Chile. <https://biblioteca.inia.cl/handle/123456789/7110>
- Fischer, G., & Orduz-Rodríguez, J. O. (2012). Ecofisiología en frutales. En G. Fischer. (Ed.), *Manual para el cultivo de frutales en el trópico* (pp. 54-72). Editorial Produmedios. https://www.researchgate.net/profile/Gerhard-Fischer-2/publication/256680949_Ecofisiologia_en_frutales/links/595bc76eaca272f3c0888349/Ecofisiologia-en-frutales.pdf
- Freeman, S., Shtienberg, D., Maymon, M., Levin, A. G., & Ploetz, R. C. (2014). New insights into mango malformation disease epidemiology lead to a new integrated management strategy for subtropical environments. *Plant Disease*, 98(11), 1456-1466. <https://doi.org/10.1094/PDIS-07-14-0679-FE>
- Galán Saucó, V. (1999). *El cultivo del mango*. Ediciones Mundi-Prensa.
- Galvis, J., & Herrera, A. (1995). *El mango: manejo y poscosecha*. Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA).
- Gamboa Porras, J. R., & Mora Montero, J. (comps.). (2010). *Guía para el cultivo del mango (Mangifera indica L.) en Costa Rica*. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA). <http://www.platicar.go.cr/images/buscador/documents/pdf/01/00471-mango.pdf>

- García, J. (2005). *Evaluación, caracterización y selección de cultivares de mango criollo presentes en las regiones de occidente, norte y centro del país para mejorar la competitividad del cultivo de mango en Colombia* [Informe final de proyecto, n.º de convenio 023/2005]. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- García, J., & Sandoval, A. P. (2011). *Recomendaciones para la implementación de buenas prácticas agrícolas en la producción de mango en el Tolima (primera versión)*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). <https://docplayer.es/32786872-Corpoica-recomendaciones-para-la-implementacion-de-buenas-practicas-agricolas-en-la-produccion-de-mango-en-el-tolima-primera-version-corpoica.html>.
- García Lozano, J. (2011). *Fenología del cultivo de mango (Mangifera indica L.) en el alto y bajo Magdalena: bases conceptuales para su manipulación*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). <http://hdl.handle.net/20.500.12324/13003>
- García Lozano, J., Floriano, J. A., Corredor, J. P., Bernal, J. A., Vásquez, L. A., Sandoval, A. P., Forero Longas, F., & Gómez Barros, G. (2010a). *Descripción de las variedades de mango criollo colombiano: boletín técnico*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). <http://hdl.handle.net/20.500.12324/1239>
- García Lozano, J., Sandoval, A. P., Forero, F., Floriano, J. A., Salamanca, G., Bernal Eusee, J. A., Vásquez, L. A., & Gómez, G. (2010b). *Atributos de calidad del mango criollo para la agroindustria: boletín técnico*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). <http://hdl.handle.net/20.500.12324/1238>
- García Lozano, J., Bernal, J. A., Díaz, C. A., & Guzmán, J. A. (2010c). *Selección del material de siembra y propagación de mango criollo: boletín divulgativo*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). <http://hdl.handle.net/20.500.12324/12892>
- García Lozano, J., Sandoval Aldana, A., Lozano, M. D., & Varón Devia, É. (2013). *Guía técnica para el cultivo de mango: modelo productivo dirigido a mejorar la productividad y la competitividad*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). <http://hdl.handle.net/20.500.12324/34475>
- García Lozano, J., Abaunza González, C. A., & Rivera Velasco, J. E. (2017). *Modelo productivo para el cultivo de mango en el valle del Alto Magdalena para el departamento del Tolima*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/13756>

- García Serrano, J. P., Ruano Criado, S., Lucena Marotta, J. J., & Nogales García, M. (2011). Abonado de los principales cultivos en España. En *Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España* (2.ª edición, pp. 239-241). Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural Marino, Gobierno de España.
- Gil-Albert Velarde, F. (1980). *Tratado de arboricultura frutal* (Vol. 1). Ediciones Mundi-Prensa.
- Gil, L. F., Arcila, Á. M., Achury, R. A., Sanabria, M. C., Arias, H., & Baquero Lizcano, K. Y. (2013). *Guía de campo para la identificación y manejo de enfermedades y plagas en el cultivo de mango*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.23278.92481>
- Gil P., M., Sergent, E., & Leal, F. (1998). Efectos de la poda sobre variables reproductivas y de calidad en mango. *Biagro*, 10(1), 18-23. [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwik0o7vx5H0AhVIQjABHRQTAlIQFnoECAMQAQ&url=http%3A%2F%2Fwww.ucla.edu.ve%2Fbioagro%2FREV10\(1\)%2F3.%2520Efectos%2520de%2520la%2520poda.pdf&usg=AOvVaw0pnNnjMwFr3Zul86fgpP4q](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwik0o7vx5H0AhVIQjABHRQTAlIQFnoECAMQAQ&url=http%3A%2F%2Fwww.ucla.edu.ve%2Fbioagro%2FREV10(1)%2F3.%2520Efectos%2520de%2520la%2520poda.pdf&usg=AOvVaw0pnNnjMwFr3Zul86fgpP4q)
- Gómez, M. I. (2012). *Fertilización de frutales*. En G. Fischer (Ed.), *Manual para el cultivo de frutales en el trópico* (pp. 141-168). Editorial Produmedios.
- Gómez, M., & Castro, H. (2009). *Gestión de la fertilidad de los suelos: diagnóstico, interpretación y recomendación de nutrientes en la fertilización de cultivos*. Ingeplant.
- Gómez, J. C., Arcila, A. M., Brochero, C., & Varón, E. (2018). Influencia de variables climáticas y de manejo en la incidencia de mosca de la fruta (Diptera: Tephritidae) en mango cv. azúcar en el departamento del Magdalena. En J. Rodríguez & O. Ascuntar-Osnas (Comps.), *Resúmenes XLV Congreso Sociedad Colombiana de Entomología (Socolen)* (p. 143).
- González Gutiérrez, F. A. (2002). *Caracterización y evaluación de 11 clones de mango (Mangifera indica L.) variedad azúcar, del municipio de Ciénaga, en el Centro de Investigación Caribia, municipio Zona Bananera, departamento del Magdalena* [Tesis pregrado, Universidad del Magdalena]. Repositorio Digital UniMagdalena. <http://repositorio.unimagdalena.edu.co/jspui/handle/123456789/3298>
- Gross, E. R. (1997). Pruning mango to increase yield. *Acta Horticulturae*, 455, 538-542. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1997.455.70>
- Guerrero, R. (2001). La recomendación de fertilizantes: fundamentos y aplicaciones. En *Fertilidad de suelos, diagnóstico y control* (pp. 247-267). Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo.

- Hernández, J., & Vega, Y. (s. f.). *Establecimiento y manejo del cultivo de mango de azúcar*. Asociación Hortifrutícola de Colombia (Asohofrucol).
- Hiroce, R., Carvalho, O., Bataglia, O., Furlani, P. R., Furlani, Â. M. C., Dos Santos, R. R., De Pariquera Açu, E. E., & Romano Gallo, J. (1977). Composição mineral de frutas tropicais na colheita. *Bragantia*, 36(1), 155-164. <https://doi.org/10.1590/S0006-87051977000100014>
- Howard, J.J. (1988). Leafcutting and diet selection: relative influence of leaf chemistry and physical factors. *Ecology*, 69(1), 250-260. <https://doi.org/10.2307/1943180>
- Huete, M., & Arias, S. (2007). *Manual para la producción de mango*. USAID-RED. http://www.agrolalibertad.gob.pe/sites/default/files/Manual_Produccion_Mango.pdf
- Infoagro. (2008). *El cultivo del mango*. http://www.infoagro.com/frutas/frutas_tropicales/mango.htm
- Instituto Colombiano Agropecuario [ICA]. (2010). *Manual de detección de moscas de la fruta*. Plan Nacional de Detección, Control y Erradicación de Moscas de la Fruta (PNMF); Dirección Técnica de Epidemiología y Vigilancia Fitosanitaria.
- Instituto Colombiano Agropecuario [ICA]. (2011). *Resolución 001. "Por medio de la cual se establecen medidas fitosanitarias para el control de la mosca de las frutas en el territorio nacional y se dictan otras disposiciones"*. https://www.icbf.gov.co/cargues/avance/docs/resolucion_ica_0001_2011.htm
- Instituto Colombiano Agropecuario [ICA]. (2018). *Listado de predios certificados (c) y recertificados (r) en BPA*.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC]. (2009). *Estudio general de suelos y zonificación de tierras de Magdalena*.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [Ideam]. (2005). *Atlas climatológico de Colombia*. Imprenta Nacional de Colombia. <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/019711/preliminares.pdf>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [Ideam]. (2010). *Segunda comunicación nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático: República de Colombia*. <http://documentacion.ideam.gov.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=17823>
- International Plant Genetic Resources Institute [IPGRI]. (2006). *Descriptors for mango (Mangifera indica L.)*. <https://www.biodiversityinternational.org/e-library/publications/detail/descriptors-for-mango-mangifera-indica-l/>
- Kondo, T. (2009). III. Insectos. En J. A. Bernal & C. A. Díaz (Eds.), *Tecnología para el cultivo de mango con énfasis en mangos criollos: manual técnico* (pp. 105-140). Produmedios. https://www.researchgate.net/publication/233987960_III_Insectos

- Kondo, T., & Arcila, A. M. (2017). Informe final meta 2007: protocolo para la cría masiva de *Anovia punica* con *C. multicastrices* y evaluación de un hospedero alternativo para su cría. En *Proyecto control biológico y químico de la cochinilla acanalada Crypticerya multicastrices Kondo & Unruh (Hemiptera: Monophlebidae)*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Kondo, T., Carrascal, F., Parra, M., & Arcila, A. M. (2018). Escamas (Hemiptera: Coccothorax) asociadas al cultivo de mango de azúcar (*Mangifera indica*) en el Magdalena. En J. Rodríguez & O. Ascuntar-Osnas (Comps.), *Resúmenes XLV Congreso Sociedad Colombiana de Entomología (Socolen)* (p. 351).
- Kondo, T., & Kawai, S. (1995). Scale insects (Homoptera: Coccoidea) on mango in Colombia. *Japan Journal of Tropical Agriculture*, 39, 57-58.
- Kostermans, A. J. G. H., & Bompard, J. M. (1993). *The mangoes: their botany, nomenclature, horticulture and utilization*. Academic Press.
- Loveys, B. R., Robinson, S. P., Brophy, J. J., & Chacko, E. K. (1992). Mango sapburn: components of the fruit sap and their role in causing skin damage. *Australian Journal of Plant Physiology*, 19(5), 449-457.
- Marouelli, W. A. (2008). *Tensiômetros para o controle de irrigação em hortaliças* [Circular técnica 57]. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/780870>
- Marouelli, W. A., & Silva, W. (2011). *Seleção de sistemas de irrigação para hortaliças*. [Circular técnica 98]. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/75698/1/ct-98.pdf>
- Marouelli, W. A., Silva de Oliveira, Á, Ferreira Coelho, E., Nogueira, L. C., & Ferreira de Sousa, V. (2011). Manejo da água de irrigação. En V. F. de Sousa, W. A. Marouelli, E. Ferreira Coelho, J. M. Pinto & M. A. Coelho Filho (Ed.), *Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças*. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/915574/1/IRRIGACAOeFERTIRRIGACAOcap5.pdf>
- Masood, A., & Saeed, S. (2012). Bark beetle, *Hypocryphalus mangiferae* Stebbing (Coleoptera: Curculionidae) is a vector of mango sudden death disease in Pakistan. *Pakistan Journal of Botany*, 44(2), 813-820. https://www.researchgate.net/publication/286877854_Bark_beetle_Hypocryphalus_mangiferae_stebbing_Coleoptera_Curculionidae_Scolytinae_is_a_vector_of_mango_sudden_death_disease_in_Pakistan

- Masood, A., Saeed, S., & Sajjad, A. (2008). Characterization and damage patterns of different bark beetle species associated with mango sudden death syndrome in Punjab, Pakistan. *Pakistan Entomologist*, 30(2), 163-168. https://www.academia.edu/30805239/Characterization_and_damage_patterns_of_different_bark_beetle_species_associated_with_mango_sudden_death_syndrome_in_Punjab_Pakistan
- Matheus Gómez, H. (2005). *Las moscas de la fruta*. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). <https://www.ica.gov.co/getattachment/f2cd7a85-e934-418a-b294-ef04f1bbacb0/Publicacion-4.aspx>
- Mederos, E. (1988). *Fruticultura*. Editorial Pueblo y Educación.
- Medianero, E., & Alvarado-Galves, L. (2016). Profundidad a la que empupan las moscas de la fruta del género *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae) bajo condiciones de laboratorio. *Scientia*, 26(2), 45-58. https://www.researchgate.net/publication/314102120_PROFUNDIDAD_A_LA_QUE_EMPUPAN_LAS_MOSCAS_DE_LA_FRUTA_DEL_GENERO_ANASTREPHA_DIPTERA_TEPHRITIDAE_BAJO_CONDICIONES_DE_LABORATORIO
- Mellado-Vázquez, A., Salazar-García, S., Goenaga, R., & López-Jiménez, A. (2020). Survey of fruit nutrient removal by mango (*Mangifera indica* L.) cultivars for the export market in various producing regions of Mexico. *Terra Latinoamericana*, 37(4), 437-447. <https://doi.org/10.28940/terra.v37i4.528>
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR]. (2021). *Base agrícola EVA 2020*. Biblioteca Digital Agronet. <https://www.agronet.gov.co/estadistica/paginas/home.aspx?cod=59>
- Miranda, D. (2012). Mango (*Mangifera indica* L.). En G. Fischer (Ed.), *Manual para el cultivo de frutales en el trópico* (pp. 627-656). Editorial Produmedios. https://www.researchgate.net/profile/Gerhard-Fischer-2/publication/257972716_Introduccion_Manual_para_el_cultivo_de_frutales_en_el_tropico/links/5794cee608aec89db7a2ca5f/Introduccion-Manual-para-el-cultivo-de-frutales-en-el-tropico.pdf
- Mohali, S. R., Burgess, T. I., & Wingfield, M. J. (2005). Diversity and host association of the tropical tree endophyte *Lasiodiplodia theobromae* revealed using simple sequence repeat markers. *Forest Pathology*, 35, 385-396. https://www.researchgate.net/publication/222106760_Diversity_and_host_association_of_the_tropical_tree_endophyte_Lasiodiplodia_theobromae_revealed_using_SSR_markers
- Molina, J. (2011, marzo 14). Aspectos generales del cultivo. *Cultivo de mango*. <http://joemolina27.blogspot.com/>

- Mora Montero, J., Gamboa Porras, J., & Elizondo Murillo, R. (2002). *Guía para el cultivo del mango*. Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica; Sistema Unificado de Información Institucional (SUNII); Instituto Nacional de Innovación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria [INTA]. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/f01-8004.pdf>
- Morton, J. (1987). Mango. In J. F. Morton (Ed.), *Fruits of warm climates* (pp. 221-239). http://www.hort.purdue.edu/newcrop/morton/mango_ars.html
- Mukherjee, S. K., & Litz, R. E. (2009). Introduction: botany and importance. En R.E. Litz (Ed.), *The Mango: botany, production and uses* (2.nd edition, pp. 1-18). CABI Publishing. <https://www.cabi.org/ISC/ebook/20093143199>
- Mukherjee, S. K., Majumder, P. K., Bid, N. N., & Goswami, A. N. (1965). Clonal propagation of mango (*Mangifera indica* L.) through cuttings. *Current Science*, 34, 434-435.
- Nagle, T. T., Holden, R., & Moreno López, Y. (2002). Estrategia de fijación de precios: gestión activa de su mercado. En *Estrategia y tácticas de precios: una guía para toma de decisiones rentables*. (3.^a edición, pp. 154-184). Prentice Hall.
- Noiaium, S., & Soyong, K. (2000). Integrated biological control of mango var. Choke Anan. *Acta Horticulturae*, 509, 769-778. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2000.509.91>
- Núñez, B. L., & Pardo, E. F. (1989). *Las moscas de las frutas* [Cartilla ilustrada n.º 49]. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).
- Oosthuysen, S. A. (1994). Pruning of sensation mango trees to maintain their size and effect uniform and later flowering. *South African Mango Growers' Association*, 14, 1-6. http://www.hortresearchsa.co.za/hort_research_sa/Books_and_Literature_files/Pruning%20of%20Sensation%20Mango%20Trees%20to%20Maintain%20Their%20Size.pdf
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (1983). Directivas: evaluación de tierras para la agricultura en secano. *Boletín de Suelos*, 52, 268.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (1995). *Fertilizantes y nutrición vegetal* [Boletín FAO n.º 12].
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (1997). *Zonificación agroecológica: guía general*. <https://www.fao.org/3/w2962s/w2962s00.htm>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (1999). *Guía para el manejo eficiente de las plantas*.

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2015). *El suelo es un recurso no renovable*. <http://www.fao.org/soils-2015/news/news-detail/es/c/276277/>
- Osorio, N. W. (2014). *Manejo de nutrientes en suelos del trópico* (2.^a edición). Editorial L. Vieco S.A.S.
- Osorio, J. A., Martínez, E. P., & Hío, J. C. (2012). Screening de filtrados de cultivos microbianos, extractos vegetales y fungicidas para el control de la antracnosis del mango. *Agronomía Colombiana*, 30(2), 222-229. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/20877/38941>
- Ospino, R. (2016, septiembre 24). Historias del Magdalena. *Historias del Magdalena de Raúl Ospino Rangel*. <https://historiasdelmagdalena1.blogspot.com/2016/09/heroinas-oriundas-del-magdalena.html>.
- Páez, R. A. (2003). *Tecnologías sostenibles para el manejo de la antracnosis (Colletotrichum gloeosporioides (Penz.) Penz. & Sacc.) en papaya (Carica papaya L.) y mango (Mangifera indica L.)* [Boletín técnico n.º 8]. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/handle/11348/6459>
- Parra, M., Arcila, A. M., Varón, E., & Carrascal, F. (2018). Especies de trips (Thysanoptera) asociados a inflorescencias y frutos de mango de azúcar (*Mangifera indica*) en el departamento del Magdalena. En J. Rodríguez & O. Ascuntar-Osnas (Comps.), *Resúmenes XLV Congreso Sociedad Colombiana de Entomología (Socolen)*, (p. 285).
- Posada Ochoa, L. (1989). *Lista de insectos dañinos y otras plagas en Colombia* [Boletín técnico n.º 43]. (4.^a ed.). Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).
- Rabelo-Barbosa, F., Nunes-Moreira, A., De Alencar, J. A., Pedrosa-Haji, F. N., & Díaz-Medina, V. (2000). *Metodologia de amostragem e nível de ação para as principais pragas da mangueira no Vale do São Francisco* [Circular técnica da Embrapa Semi-Árido n.º 50]. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/134202/metodologia-de-amostragem-e-nivel-de-acao-para-as-principais-pragas-da-mangueira-no-vale-do-sao-francisco>
- Ram, S. (1993). Factors affecting mango tree architecture. *Acta Horticulturae*, 341, 177-191. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1993.341.18>
- Rao, V. N. M., & Kader, J. B. M. (1980). Effect of pruning and thinning of young shoot cluster of mango. *Science and Culture*, 46(2), 71-72.
- Raymond, L., Schaffer, B., Brecht, J. K., & Crane, J. H. (1998). Internal breakdown in mango fruit: Symptomology and histology of jelly seed, soft nose and

- stem-end cavity. *Postharvest Biology Technology*, 13(1), 59-70. [https://doi.org/10.1016/s0925-5214\(97\)00074-4](https://doi.org/10.1016/s0925-5214(97)00074-4)
- Reyes C. (2004). *Manejo agronómico del mango* (*Mangifera indica* L.) [Documento]. Curso Nacional sobre Producción de Frutas de Clima Cálido.
- Ribeiro I. J. A. (2005). Doenças da Mangueira (*Mangifera indica* L.). En H. Kimati, L. Amorin, A. Bergamin Filho, L. E. A. Camargo & J. A. M. Rezende (Eds.), *Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas* (Vol. 2, 4.^a ed., pp. 457-465). Editora Agronômica Ceres.
- Rodríguez Cedillos, M., Guerrero Berríos, M., & Sandoval, R. (2002). *Guía técnica: cultivo de mango*. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA). <http://docplayer.es/337802-Guia-tecnica-cultivode-mango.html>
- Rosas, C. (2014, septiembre 4 y 5). *Proyectando las plantaciones de mango a futuro: impacto del comportamiento climático en la producción* [Conferencia]. V Congreso Internacional del Mango, Guayaquil, Ecuador.
- Schaffer, B., Urban, L., Lu, P., & Whiley, A. W. (2009). Ecophysiology. En R. E. Litz (Ed.), *The mango: botany, production and uses* (2.nd edition, pp.170-209). CABI Publishing. <https://doi.org/10.1079/9781845934897.0170>
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (Sagarpa). (2004). *Programa de sanidad vegetal-Sagarpa-GTO*. Gobierno de México.
- Sierra, P. V. (2017). *Nivel de daño económico y fluctuación poblacional de trips (Frankliniella gardeniae Moulton) en mango (var. Yulima) en Tolima, Colombia* [Tesis de maestría, Universidad de Caldas, Manizales].
- Tavares, S. C. C. H., & Costa, V. S. de O. (2002). *Metodologia de amostragem e nível de ação para as principais doenças da mangueira no Vale do São Francisco* [Circular técnica n.º 73]. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa).
- Tavares, S. C. C. H., Oliveira Costa, V. S., & Nunes Moreira, A. (2005). *Manejo da morte descendente (Botryodiplodia theobromae + Lasiodiplodia theobromae) na produção integrada de manga* [Instruções Técnicas da Embrapa Semi-Árido n.º 62]. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa).
- Tobón Abello, A., & Ojito Olivares, V. J. (2001). *Caracterización y evaluación de 11 clones de mango (Mangifera indica L.) variedad azúcar, del distrito de Santa Marta, en el Centro de Investigación Caribia, municipio Zona Bananera del Magdalena*. [Tesis de pregrado, Universidad del Magdalena].
- Torres, D. A., Castillo, M., & Pérez, Q. (2006). *¡Mejores mangos, más beneficios!: guía para el manejo integrado de las moscas de las frutas*. SEA; Promango; Consejo Nacional de Competitividad; USAID. <http://190.167.99.25/digital/Manejo%20Mosca%205medio.pdf>

- Tuão Gava, C. A. (2004). *Verrugose*. Agência de Informação Embrapa. http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia22/AG01/arvore/AG01_94_24112005115224.html
- Van Lelyveld, L. J., & Smith, H. E. (1979). Physiological factors in the maturation and ripening of mango (*Mangifera indica* L.) fruit in relation to the jelly-seed physiological disorder. *Journal of Horticultural Science*, 54(4), 283-287. <https://doi.org/10.1080/00221589.1979.11514883>
- Van Wyk, M., Wingfield, B. D., Al-Adawi, A. O., Rosetto, C. J., Ito, M. F., & Wingfield, M. J. (2011). Two new *Ceratocystis* species associated with mango disease in Brazil. *Mycotaxon*, 117, 381-404. <http://hdl.handle.net/2263/19482>
- Varón, E., & Arcila, A. M. (2017). *Mosca de la fruta del mango Anastrepha obliqua Macquart (Diptera: Tephritidae)* [App Dr. Agro]. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA. https://play.google.com/store/apps/details?id=co.org.corpoica.doctoragro&hl=es_419
- Varón, E., Sierra, P., & Arcila, A. M. (2017a). *Estrategias tradicionales de manejo de la mosca de la fruta en fincas de agricultores de Tolima y Cundinamarca, validadas* [Informe final meta 3519]. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Varón, E., Sierra, P., & Arcila, A. M. (2017b). *Estrategia de uso de parasitoides para el control de mosca de la fruta en mango* [Informe final meta 3520]. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Vázquez, V., Pérez, M. H., & Osuna, J. A. (2010). *La poda del mango* [Libro técnico n.º 2]. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (Inifap); Centre for the Study of Political Cahnge (CIRPaC).
- Watson, B. J., & Winston, E. C. (1984). Plant genetic improvement. In *Proceedings of the First Australian Mango Research Workshop*. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO).
- Yacomelo-Hernández, M. J., Ramírez-Gómez, M. M., Pérez-Moncada, U. A., Arcila-Cardona, Á., Carrascal-Pérez, F. F., & Flórez-Cordero, E. (2021). Análisis nutricional y niveles de extracción del mango cv. azúcar en el departamento del Magdalena, Colombia. *Bioagro*, 32(2), 79-90. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7904318>
- Zambolim, L., & Junqueira, N. T. V. (2004). Manejo integrado de doenças da mangueira. En D. E. Rozane, R. J. Darezzo, R. L. Aguiar, G. H. A. Aguilera & L. Zambolim. (Eds.), *Manga: produção integrada, industrialização e comercialização* (pp. 377-408). Universidade Federal de Viçosa. http://www.nutricaoeplantas.agr.br/site/ensino/pos/Palestras_William/Livromanga_pdf/12__manejointegradodedoencaomangueira.pdf



Anexo

Requerimientos de riego promedio (periodo 1980-2010)
para las diferentes etapas fenológicas del cultivo de mango
en cinco municipios del departamento del Magdalena

Localidad (departamento_ municipio_finca)	Precipitación (mm)	ETo (mm/mes)	Año 1		Año 2		Año 3		Año 4	
			ETc (mm/mes)	Requerimiento hídrico (L/planta/mes)	ETc (mm/mes)	Requerimiento hídrico (L/planta/mes)	ETc (mm/mes)	Requerimiento hídrico (L/planta/mes)	ETc (mm/mes)	Requerimiento hídrico (L/planta/mes)
1. Magdalena_ Zona Bananera_ Sacramento_ Centro de Investigación Caribia										
Enero	2,60	102,91	41,16	3.856,68	41,16	3.856,68	61,74	5.914,83	82,33	7.972,98
Febrero	3,11	98,71	39,49	3.637,66	39,49	3.637,66	59,23	5.611,95	78,97	7.586,25
Marzo	12,17	115,82	46,33	3.416,06	46,33	3.416,06	69,49	5.732,39	92,65	8.048,73
Abril	76,17	110,66	44,26	-3.190,57	44,26	-3.190,57	66,40	-977,40	88,53	1.235,77
Mayo	178,00	110,96	44,39	-13.361,75	44,39	-13.361,75	66,58	-11.142,50	88,77	-8.923,25
Junio	161,23	108,32	43,33	-11.790,06	43,33	-11.790,06	64,99	-9.623,61	86,66	-7.457,16
Julio	135,26	115,27	46,11	-8.915,59	46,11	-8.915,59	69,16	-6.610,25	92,21	-4.304,90
Agosto	180,45	114,86	45,94	-13.450,60	45,94	-13.450,60	68,92	-11.153,43	91,89	-8.856,26
Septiembre	217,08	106,93	42,77	-17.430,54	42,77	-17.430,54	64,16	-15.291,94	85,54	-13.153,34
Octubre	268,76	100,32	40,13	-22.863,03	40,13	-22.863,03	60,19	-20.856,61	80,26	-18.850,19
Noviembre	139,92	91,50	36,60	-10.331,66	36,60	-10.331,66	54,90	-8.501,69	73,20	-6.671,72
Diciembre	34,60	94,86	37,95	334,39	37,95	334,39	56,92	2.231,67	75,89	4.128,95

(Continúa)

(Continuación anexo)

Localidad (departamento_ municipio_finca)	Precipitación (mm)	ETo (mm/mes)	Año 1		Año 2		Año 3		Año 4	
			ETc (mm/mes)	Requerimiento hídrico (L/planta/mes)	ETc (mm/mes)	Requerimiento hídrico (L/planta/mes)	ETc (mm/mes)	Requerimiento hídrico (L/planta/mes)	ETc (mm/mes)	Requerimiento hídrico (L/planta/mes)
2. Magdalena_ Sitio Nuevo_ San Antonio										
Enero	4,03	102,65	41,06	3.702,78	41,06	3.702,78	61,59	5.755,83	82,12	7.808,88
Febrero	6,89	96,96	38,78	3.189,01	38,78	3.189,01	58,17	5.128,15	77,57	7.067,30
Marzo	16,86	112,43	44,97	2.811,71	44,97	2.811,71	67,46	5.060,39	89,95	7.309,06
Abril	79,38	108,83	43,53	-3.585,15	43,53	-3.585,15	65,30	-1.408,56	87,06	768,03
Mayo	163,28	111,19	44,47	-11.880,28	44,47	-11.880,28	66,71	-9.656,53	88,95	-7.432,78
Junio	140,89	110,69	44,28	-9.660,97	44,28	-9.660,97	66,41	-7.447,16	88,55	-5.233,35
Julio	136,79	117,07	46,83	-8.996,25	46,83	-8.996,25	70,24	-6.654,92	93,65	-4.313,59
Agosto	170,57	117,06	46,82	-12.374,56	46,82	-12.374,56	70,24	-10.033,34	93,65	-7.692,12
Octubre	206,30	101,45	40,58	-16.571,98	40,58	-16.571,98	60,87	-14.542,89	81,16	-12.513,80
Septiembre	196,65	108,02	43,21	-15.344,46	43,21	-15.344,46	64,81	-13.184,12	86,41	-11.023,79
Noviembre	122,06	92,61	37,04	-8.501,26	37,04	-8.501,26	55,56	-6.649,12	74,09	-4.796,98
Diciembre	40,21	95,62	38,25	-195,78	38,25	-195,78	57,37	1.716,68	76,50	3.629,15
3. Magdalena_ Remolino_ Guaimaral										
Enero	8,16	103,81	41,52	3.336,71	41,52	3.336,71	62,29	5.412,94	83,05	7.489,16
Febrero	9,35	98,23	39,29	2.994,20	39,29	2.994,20	58,94	4.958,70	78,58	6.923,21
Marzo	21,71	113,78	45,51	2.379,92	45,51	2.379,92	68,27	4.655,46	91,02	6.931,01
Abril	82,92	109,64	43,85	-3.906,54	43,85	-3.906,54	65,78	-1.713,79	87,71	478,96
Mayo	154,50	111,33	44,53	-10.996,91	44,53	-10.996,91	66,80	-8.770,38	89,06	-6.543,85
Junio	131,63	110,74	44,30	-8.733,85	44,30	-8.733,85	66,44	-6.519,09	88,59	-4.304,34
Julio	123,77	117,33	46,93	-7.683,26	46,93	-7.683,26	70,40	-5.336,61	93,87	-2.989,97
Agosto	163,13	117,12	46,85	-11.628,77	46,85	-11.628,77	70,27	-9.286,43	93,69	-6.944,08
Septiembre	185,09	107,92	43,17	-14.192,14	43,17	-14.192,14	64,75	-12.033,70	86,34	-9.875,27
Octubre	209,32	101,37	40,55	-16.876,99	40,55	-16.876,99	60,82	-14.849,68	81,09	-12.822,37
Noviembre	130,45	92,66	37,06	-9.338,70	37,06	-9.338,70	55,59	-7.485,59	74,12	-5.632,49
Diciembre	44,02	96,21	38,48	-553,30	38,48	-553,30	57,73	1.370,91	76,97	3.295,12

(Continúa)

(Continuación anexo)

Localidad (departamento_ municipio_finca)	Precipitación (mm)	ETo (mm/mes)	Año 1		Año 2		Año 3		Año 4	
			ETc (mm/mes)	Requerimiento hídrico (L/planta/mes)	ETc (mm/mes)	Requerimiento hídrico (L/planta/mes)	ETc (mm/mes)	Requerimiento hídrico (L/planta/mes)	ETc (mm/mes)	Requerimiento hídrico (L/planta/mes)
4. Magdalena_ Santa Marta_ Guachaca_ Colias de Calabaza										
Enero	12,50	98,61	39,45	2.694,85	39,45	2.694,85	59,17	4.667,12	78,89	6.639,40
Febrero	18,96	96,62	38,65	1.968,70	38,65	1.968,70	57,97	3.901,01	77,29	5.833,31
Marzo	32,21	114,02	45,61	1.339,52	45,61	1.339,52	68,41	3.619,99	91,22	5.900,46
Abril	126,67	112,10	44,84	-8.183,17	44,84	-8.183,17	67,26	-5.941,15	89,68	-3.699,14
Mayo	226,26	114,50	45,80	-18.045,68	45,80	-18.045,68	68,70	-15.755,64	91,60	-13.465,59
Junio	204,53	113,79	45,52	-15.901,37	45,52	-15.901,37	68,28	-13.625,47	91,04	-11.349,57
Julio	197,47	120,24	48,09	-14.937,28	48,09	-14.937,28	72,14	-12.532,56	96,19	-10.127,85
Agosto	249,36	121,73	48,69	-20.066,51	48,69	-20.066,51	73,04	-17.631,85	97,39	-15.197,18
Septiembre	281,99	113,55	45,42	-23.656,94	45,42	-23.656,94	68,13	-21.386,03	90,84	-19.115,13
Octubre	301,23	106,06	42,42	-25.880,44	42,42	-25.880,44	63,63	-23.759,34	84,84	-21.638,23
Noviembre	205,44	93,35	37,34	-16.809,95	37,34	-16.809,95	56,01	-14.942,99	74,68	-13.076,03
Diciembre	77,68	92,15	36,86	-4.081,48	36,86	-4.081,48	55,29	-2.238,46	73,72	-3.95,44
5. Magdalena_ Fundación										
Enero	7,12	108,15	43,26	3.613,68	43,26	3.613,68	64,89	5.776,68	86,52	7.939,68
Febrero	10,02	102,03	40,81	3.079,18	40,81	3.079,18	61,22	5.119,75	81,62	7.160,33
Marzo	34,93	118,36	47,35	1.241,57	47,35	1.241,57	71,02	3.608,85	94,69	5.976,12
Abril	110,49	111,42	44,57	-6.591,88	44,57	-6.591,88	66,85	-4.363,47	89,14	-2.135,06
Mayo	195,70	110,84	44,34	-15.136,32	44,34	-15.136,32	66,50	-12.919,49	88,67	-10.702,66
Junio	143,49	108,83	43,53	-9.995,77	43,53	-9.995,77	65,30	-7.819,23	87,06	-5.642,70
Julio	127,72	116,15	46,46	-8.125,81	46,46	-8.125,81	69,69	-5.802,74	92,92	-3.479,66
Agosto	167,18	114,76	45,91	-12.127,95	45,91	-12.127,95	68,86	-9.832,70	91,81	-7.537,45
Septiembre	218,41	106,41	42,56	-17.584,20	42,56	-17.584,20	63,85	-15.455,96	85,13	-13.327,72
Octubre	252,14	100,47	40,19	-21.195,34	40,19	-21.195,34	60,28	-19.185,85	80,38	-17.176,36
Noviembre	140,48	93,75	37,50	-10.298,20	37,50	-10.298,20	56,25	-8.423,19	75,00	-6.548,17
Diciembre	46,02	99,11	39,65	-637,42	39,65	-637,42	59,47	1.344,87	79,29	3.327,16

Fuente: Elaboración propia

El mango de azúcar es un fruto pequeño, de color amarillo a rojo en su madurez, aroma y sabor dulce y agradable y bajo contenido de fibra. Todas estas características lo convierten en una fruta muy apetecida en todo el país, un postre saludable, del tamaño adecuado para ser llevado y consumido en el camino, en la lonchera, en el trabajo. Un fruto de mango de azúcar contiene la cantidad justa de energía para animarnos en la jornada y dar placer a los sentidos. Entre todos los mangos de azúcar de Colombia, ninguno se iguala al del Magdalena, su cuna, su nicho, el lugar que le da el color, olor, sabor e identidad. El mango de azúcar cultivado en las planicies y lomas, entre la Sierra Nevada de Santa Marta y el mar Caribe, recibe la cantidad justa de lluvia, sol y nutrientes para ser un manjar exquisito. La importancia de este mango para la economía del departamento del Magdalena y su identidad colectiva como sociedad, nos inspiró para generar esta publicación. El *Modelo productivo de mango de azúcar (Mangifera indica L.) para el departamento del Magdalena* recopila el contexto del área de influencia, manejo agronómico y aspectos técnicos del cultivo, así como lo relacionado con la cosecha, poscosecha y transformación básica, de tal manera que los agricultores puedan tener una guía para el manejo adecuado del sistema productivo. Así mismo, la correcta aplicación de las tecnologías, con base en procesos documentados y a cargo de personal capacitado, garantizará una innovación enfocada en la sustentabilidad ambiental de los procesos productivos. Se espera que el documento sea una herramienta útil de consulta para los técnicos y productores, que contribuya al fortalecimiento del sistema productivo de mango de azúcar y que mejore la competitividad del cultivo.



BIBLIOTECA AGROPECUARIA DE COLOMBIA

CORREO: bac@agrosavia.co

TELÉFONO: (57 1) 422 73 00 EXT. 1257 o 1274

SKYPE: biblioteca.agropecuaria

www.siembra.gov.co

www.agrosavia.co

Distribución gratuita
Prohibida su venta