

Naranja

(*Citrus sinensis* [L.] Osbeck)

Manual de recomendaciones técnicas para su cultivo en el departamento de Cundinamarca



Diego Miranda Lasprilla

Naranja
(*Citrus sinensis* [L.] Osbeck)

Naranja

(*Citrus sinensis* [L.] Osbeck)

Manual de recomendaciones técnicas para su cultivo en el departamento de Cundinamarca

Diego Miranda Lasprilla



Naranja (*Citrus sinensis* [L.] Osbeck): Manual de recomendaciones técnicas para su cultivo en el departamento de Cundinamarca / Diego Miranda Lasprilla – Bogotá, D. C. : Corredor Tecnológico Agroindustrial, CTA-2, 2020.

112 páginas ; ilustraciones ; 24cm.

Incluye referencias bibliográficas.

ISBN-e: 978-958-794-360-3

ISBN obra impresa: 978-958-794-359-7

PALABRAS CLAVE: Manejo y conservación de suelos, Cultivo de naranja, Manejo eficiente de la fertilización integrada en naranja, Manejo agronómico del cultivo de naranja, Cosecha y poscosecha del cultivo de naranja, Costos de producción del cultivo de naranja

CORREDOR TECNOLÓGICO AGROINDUSTRIAL CTA-2
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, SEDE BOGOTÁ
Calle 44 N.º 45-67
Unidad Camilo Torres
Edificio 826 Bloque A-1
Oficina 101
Teléfono (57-1) 316 5000 Extensión 10248
Bogotá, D. C. Colombia
Código postal: 111321

Impreso en Bogotá, D. C., Colombia
Printed in Bogota, D. C., Colombia

PREPARACIÓN EDITORIAL
Mesa Editorial
Corredor Tecnológico Agroindustrial CTA-2

GESTOR DE CONTENIDOS:
Luis Gabriel Bautista Montealegre

DISEÑO Y DESARROLLO CONT_EXT:
Andrés Conrado Montoya Acosta

CITACIÓN SUGERIDA: Miranda-Lasprilla, D. (2020).
Naranja (*Citrus sinensis* [L.] Osbeck): Manual de recomendaciones técnicas para su cultivo en el departamento de Cundinamarca. Bogotá, D. C.: Corredor Tecnológico Agroindustrial CTA-2.

CLÁUSULA DE RESPONSABILIDAD: CTA-2 no es responsable de las opiniones e información contenidas en el presente documento. Los autores se adjudican exclusiva y plenamente la responsabilidad sobre su contenido, ya sea propio o de terceros, declarando en este último supuesto que cuentan con la autorización de terceros para su publicación; adicionalmente, los autores declaran que no existe conflicto de interés 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.



Esta obra se distribuye con una licencia *Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International* (CC-BY-SA 4.0)
Se puede consultar en la dirección <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.es>

*Dedicado a todas las personas
que trabajan la tierra*

Corredor Tecnológico Agroindustrial CTA-2

Entidad Ejecutora:

Gobernación de Cundinamarca

Nicolás García Bustos

Gobernador

Comité Directivo

Gobernación de Cundinamarca

Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación

Nelly Yolanda Russi Quiroga

Secretaria de Ciencia, Tecnología e Innovación

Alcaldía Mayor de Bogotá, D. C.

Secretaría Distrital de Desarrollo Económico

César Augusto Carrillo Vega

Director de Economía Rural y Abastecimiento Alimentario

Universidad Nacional de Colombia

Vicerrectoría de Investigación

Hernando Guillermo Gaitán Duarte

Director de Investigación y Extensión Sede Bogotá

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria

Centro Tibaitatá

Juan Diego Palacio Mejía

Director

**Comité Técnico Científico
Corredor Tecnológico Agroindustrial CTA-2**

Gobernación de Cundinamarca

Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación

John Jairo González Rodríguez

Alcaldía Mayor de Bogotá, D. C.

Secretaría Distrital de Desarrollo Económico

Andrea Campuzano Becerra

Universidad Nacional de Colombia

Dirección de Investigación y Extensión – Sede Bogotá

Bethsy Támara Cárdenas Riaño

Jefe de la División de Investigación

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria

Centro Tibaitatá

Carlos Alberto Herrera Heredia

Coordinación de Innovación Regional

Directora de proyecto

Ingritts Marcela García Niño

Supervisor

Diego Mauricio Salas Ramírez

El Corredor Tecnológico Agroindustrial (CTA) es una estrategia de cooperación entre Estado, sector productivo y academia, en la cual participan actores directivos del sector agropecuario y agroindustrial de Cundinamarca y Bogotá, D. C., con el fin de aunar esfuerzos en actividades de desarrollo y fortalecimiento de la ciencia, la tecnología y la innovación. Sus capacidades están orientadas a la formulación y ejecución de proyectos de carácter investigativo, que permitan la transferencia tecnológica al sector agropecuario y agroindustrial.

El presente documento es resultado del Subproyecto “Evaluación de tecnologías innovadoras para el manejo integral de los cultivos de mango, naranja y mandarina en zonas productoras del departamento de Cundinamarca”, desarrollado en el marco del Corredor Tecnológico Agroindustrial CTA-2, Proyecto “Investigación, desarrollo y transferencia tecnológica en el sector agropecuario y agroindustrial con el fin de mejorar todo el departamento, Cundinamarca, Centro Oriente”, suscrito por la Gobernación de Cundinamarca, a través de la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación; la Alcaldía de Bogotá, a través de la Secretaría Distrital de Desarrollo Económico; la Universidad Nacional de Colombia, y la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA, antes Corpoica). El Corredor Tecnológico Agroindustrial CTA-2 es financiado con recursos del Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación del Sistema General de Regalías.

Contenido

Introducción	15
Diagnóstico del sistema productivo	17
Zonas de influencia del Subproyecto Mango, Naranja y Mandarina ..	17
Caracterización de beneficiarios	17
Parcelas de Investigación Participativas Agropecuarias	21
Generalidades del cultivo	23
Importancia de los cítricos en el mundo	23
Variedades más utilizadas	25
Morfología de la naranja	26
Fenología del cultivo	31
Suelos y clima para el cultivo	37
Suelos	37
Temperatura y altitud	38
Precipitación	39
Humedad relativa	39

Manejo integrado del cultivo	41
Instalación del cultivo	41
Manejo integrado de la fertilización	42
Podas	46
Inducción de floración	49
Polinización	55
Manejo integrado de enfermedades	71
Tristeza o CTV (<i>Citrus tristeza closterovirus</i>)	71
Antracnosis (<i>Colletotrichum</i> sp.)	72
Mal rosado (<i>Corticium</i> sp.)	73
<i>Phytophthora</i> spp.	74
Fumagina (<i>Capnodium</i> sp.)	76
Parasitoides	77
Depredadores	78
Entomopatógenos	79
Insectos potencialmente plagas asociadas al cultivo de cítricos	81
Cosecha y poscosecha	91
Cosecha	91
Poscosecha	94
Limpieza	95
Desinfección de los frutos	95
Clasificación	96
Empaque	98
Condiciones de almacenamiento y transporte	99

Costos de producción	101
Referencias bibliográficas	103

Introducción

Los cítricos se cultivan en la franja comprendida entre los 40° N y los 40° S de latitud; sin embargo, las principales zonas productoras se ubican entre los 25° y los 40° de latitud norte y sur. A nivel mundial, la producción de cítricos en 2018 y 2019 alcanzó el récord de 101 500 000 de toneladas (t), con un aumento interanual del 9 %; de lo cual el 53,4 % corresponde a naranjas (54 279 t). La naranja (*Citrus sinensis* [L.] Osbeck) se originó en la China, pero fue identificada en Portugal antes de 1865; en el subtropical es clasificada como de cosecha tardía.

La baja adopción de tecnologías nuevas e innovadoras para los sistemas de producción de naranja en Colombia conlleva a que los agricultores en la actualidad tengan baja productividad y baja rentabilidad en sus cultivos. En estos sistemas de producción se observa poco relevo generacional en los productores, escasez de mano de obra, escasos recursos económicos para inversión y renovación de huertos, concentración de la producción en un periodo al año, poca tecnología para suministro de riego en periodos de escasez y la utilización de variedades con más de 30 años, entre otras (Miranda, Carranza, Rodríguez, Daza y Molano, 2018).

En este contexto, en el marco del proyecto del Corredor Tecnológico Agroindustrial CTA-2 y el Subproyecto “Evaluación de tecnologías innovadoras para el manejo integral de los cultivos de mango, naranja y mandarina en zonas productoras del departamento de Cundinamarca” (que en adelante se denominará Subproyecto Mango, Naranja y Mandarina), se realizó la instalación de Parcelas de Investigación Participativas Agropecuarias (PIPA), con el fin de desarrollar

tecnologías innovadoras en los sistemas de producción agrícola con énfasis en naranja (*Citrus sinensis*). Este producto hace parte del Plan Maestro de Abastecimiento de Alimentos y Seguridad Alimentaria (PMAAB), en municipios de las provincias del Tequendama, Alto Magdalena y Rionegro en el departamento de Cundinamarca.

Por otro lado, el desarrollo del Subproyecto Mango, Naranja y Mandarina permitió la elaboración del presente manual, recomendado para las condiciones productivas del departamento de Cundinamarca. Sin embargo, algunas de las recomendaciones aquí incluidas, pueden llegar a ser validadas y adaptadas a otras zonas agroecológicas donde se adelanta la producción de este cultivo.

Diagnóstico del sistema productivo

Zonas de influencia del Subproyecto Mango, Naranja y Mandarina

El Subproyecto Mango, Naranja y Mandarina se desarrolló en los municipios de La Mesa, Cachipay, El Colegio, Viotá, Apulo, Anapoima, Pacho y Tocaima, considerados como las principales zonas productoras de naranja y tangelo en el departamento de Cundinamarca.

Caracterización de beneficiarios

En el marco del Subproyecto Mango, Naranja y Mandarina se adelantó un diagnóstico sociotecnológico para el cultivo de naranja en los municipios mencionados, con el fin caracterizar, clasificar y tipificar los sistemas de producción del cultivo en el departamento de Cundinamarca.

Según los principales resultados obtenidos en el diagnóstico del sistema productivo con énfasis en naranja, se pudo observar que en la totalidad de municipios se siembra naranja (*Citrus sinensis*), de las variedades Valencia común en los municipios de Anolaima, Apulo, Tocaima, El Colegio y Viotá; naranja común en Cachipay, Pacho y el Colegio; y la variedad Ombligona sembrada en los municipios de El Colegio y Viotá.

En cuanto a prácticas de fertilización y a la implementación de riego en los cultivos, el 100 % de los productores del municipio de Apulo fertilizan sus cultivos con base en la experiencia adquirida a través de los años; mientras que en el resto de los municipios abarcados por el Subproyecto Mango, Naranja y Mandarina, entre el 56 y el 83 % de los productores implementa algún tipo de fertilización en sus cultivos.

Más del 40 % de los productores encuestados en los municipios asegura contar con acceso a riego, excepto en El Colegio, Pacho, Tocaima y La Mesa, municipios en los que menos del 33 % de los encuestados cuenta con algún tipo de riego. No obstante, quienes reportaron efectuar esta práctica sobre sus cultivos de naranja mencionaron realizarla a través de aspersores, mangueras perforadas, por goteo, o manualmente mediante baldes y mangueras. El recurso hídrico se toma a partir de reservorios, nacederos y/o quebradas.

En el componente tecnológico, las podas influyen directamente sobre la calidad de los frutos, ya que mediante esta práctica se les brinda a las plantas mayor incidencia de la luz y menor humedad relativa en la copa del árbol, favoreciendo su desarrollo de color, y a su vez disminuyendo el ataque de patógenos. En este sentido, en los municipios de Tocaima, El Colegio y Apulo, el 100 % de los productores aseguran realizar podas sobre sus cultivos, mientras que en los municipios restantes entre el 86 y el 56 % de los agricultores lleva a cabo dicha práctica. Las podas de mantenimiento y las sanitarias son las más empleadas y, en menor proporción, la poda de formación, que es de vital importancia para el crecimiento adecuado de los árboles, la distribución de nutrientes y las adecuadas labores de cosecha.

En el manejo fitosanitario, las principales plagas reportadas por los productores de naranja de los municipios trabajados son: la mosca de las frutas, los áfidos (pulgones), las hormigas, los trips, los ácaros, los minadores y el picudo de los cítricos. Estos insectos son controlados principalmente con la aplicación de moléculas químicas; no obstante, los productores aseguran emplear el uso de trampas, así como de controles manuales y biológicos. En relación con la presencia de las enfermedades, mediante las visitas realizadas y la respuesta de los agricultores se pudo constatar la presencia de gomosis, alternaria, antracnosis y fumagina; en este sentido, el manejo dado a las enfermedades se basa principalmente en la aplicación de fungicidas.

Para el manejo de arvenses, más del 90 % de los productores de los municipios emplean técnicas de control de arvenses, excepto en los municipios de Viotá y Cachipay donde respectivamente el 85 % y el 73 % de los productores encuestados hace algún tipo de control. El manejo dado a las arvenses es mecánico, mediante el uso de machete o guadañadora y, en menor proporción, mediante la aplicación de herbicidas. Adicionalmente, los productores de naranja realizan la práctica de “desinjertar,” la cual consiste en subirse a los árboles y desprender de estas las plantas epiparásitas del género *Struthanthus*.

Teniendo en cuenta lo anterior, entre el 92 % y el 65 % de los productores de La Mesa y Pacho, respectivamente, mencionan no utilizar equipo de protección personal a la hora de realizar las aplicaciones de agroquímicos. Por otro lado, los agricultores que sí aseguran emplear protección en la finca para la aplicación de productos de control sanitario constituyen el 90 % en Anapoima, el 85 % en Viotá, el 75 % en El Colegio, y menos del 50 % de los productores de los municipios de Apulo, Cachipay y Tocaima.

Para las condiciones del país, el estrés hídrico es el principal factor que afecta la floración y responde también a épocas de lluvia en temporadas secas (Ordúz y Fischer, 2007). Adicionalmente, la temperatura también afecta la duración del período comprendido entre la floración y la cosecha de la fruta madura; este periodo es más largo en zonas con temperaturas frescas (Aguilar, 1991). Cabe mencionar que los productores de los municipios de Anapoima reportan una floración principal entre los meses de diciembre a marzo y una secundaria entre los meses de abril a mayo. En Apulo se reporta la floración principal entre noviembre y diciembre y la secundaria entre junio y noviembre; en Cachipay la principal es reportada en marzo y abril, y la secundaria, entre junio y noviembre; en el municipio de Pacho los productores mencionan que la floración principal se da en el trimestre de agosto a octubre y la secundaria en el trimestre de febrero a abril; mientras que en el municipio de Tocaima, la floración principal se da en el trimestre de marzo a abril y la secundaria entre octubre y septiembre. Por otro lado, el uso de inductores florales es limitado en la zona de estudio; quienes mencionan emplear algún tipo de inductor solo constituyen un 38 % del total de los productores en Apulo, un 33 % en Anapoima, un 8 % en Tocaima, un 8 % en El Colegio y un 5 % en Viotá.

De igual manera, en el componente tecnológico de estos sistemas productivos se identificaron limitantes referentes a: 1) Generación de productos con escaso valor agregado y nivel de transformación. 2) Concentración de la producción en un periodo al año. 3) Cultivos con bajo nivel de tecnificación. 4) Ausencia de canales para la comercialización. 5) Desconocimiento técnico en el manejo integrado del cultivo. 6) Fruta con baja demanda en el mercado. 7) Escasas variedades nuevas. 8) Deficiencia en el suministro de agua para riego con pocas fuentes de suministro para los periodos de escasez. 9) Variedades con más de 30 años de establecidas. 10) La naranja hace parte de sistemas de cultivo intercalados con café, por lo que se considera un cultivo secundario, de baja competitividad. 11) Criterios empíricos para fertilización. 12) Ausencia de programas de asistencia técnica especializada para el cultivo.

Finalmente, el diagnóstico permitió identificar limitantes importantes en el componente sociocultural de los sistemas productivos con énfasis en naranja en los municipios de influencia del Subproyecto Mango, Naranja y Mandarina. Entre estas se destacan: 1) Envejecimiento de la población productora y económicamente activa dedicada a esta actividad. 2) Escasez de mano de obra. 3) Relevo generacional con muy baja formación técnica y profesional en el área agrícola. 4) Escaso acceso a la propiedad de la tierra por parte de las mujeres. 5) Comunidad disgregada. 6) Falta de acompañamiento social y comunitario. 7) Carencia de organización en los productores. 8) Escaso recurso económico para mejoramiento y renovación de cultivos. 9) Poco relevo generacional dedicado a la actividad productiva agrícola.

Con el fin de aportar a la solución de estas problemáticas, el equipo técnico del Subproyecto Mango, Naranja y Mandarina planteó experimentos con el enfoque de investigación participativa con grupos de productores ubicados en diferentes veredas de los municipios vinculados. Para esto empleó la metodología denominada PIPA.

Parcelas de Investigación Participativas Agropecuarias

Las Parcelas de Investigación Participativas Agropecuarias (PIPA) son una de las metodologías existentes para desarrollar proyectos de investigación y capacitación directamente en fincas de productores. Una vez desarrollado el diagnóstico, con el fin de ajustar y validar opciones tecnológicas para plantear y desarrollar alternativas de solución a la problemática tecnológica diagnosticada, así como fomentar su uso por parte de los productores de naranja, el Subproyecto Mango, Naranja y Mandarina formalizó convenios con grupos de productores para la instalación de seis PIPA. Esto se realizó en seis fincas seleccionadas de los municipios de Cachipay (vereda Peña Negra), Anapoima (vereda El Consuelo), El Colegio (vereda Trujillo), Viotá (vereda La Neptuna), Tocaima (vereda Santo Domingo) y Pacho (vereda Pan de Azúcar). De manera conjunta, con los grupos de productores vinculados al diagnóstico y con los técnicos, se escogieron aquellas fincas con condiciones agroclimáticas adecuadas para el desarrollo del cultivo, ubicadas estratégicamente, equidistantes con respecto a los demás predios de productores vinculados y con vías de acceso adecuadas para el desarrollo de las diferentes actividades a realizar. Como criterio de selección del productor de la finca donde se ubicaría cada PIPA, se tuvo en cuenta la disponibilidad para implementar las tecnologías evaluadas, ser receptivo y estar dispuesto a realizar las labores asignadas en el desarrollo de la PIPA e, igualmente, permitir la realización de eventos de transferencia de tecnología en la misma. Para lo anterior, fueron firmados acuerdos de participación entre los productores dueños de las fincas y el director del Subproyecto Mango, Naranja y Mandarina.

Generalidades del cultivo

Importancia de los cítricos en el mundo

Se denominan agrios a las especies de los géneros *Citrus*, *Fortunella* y *Poncirus*. Los cítricos son una de las especies arbóreas más cultivadas en todo el mundo. A nivel mundial, la producción de cítricos en 2018/2019 alcanzó el récord de 101 500 000 t, con un aumento interanual del 9 %. El 53,4 % de esta producción corresponde a naranjas (54 279 t), el 31,5 % a pequeños cítricos (mandarinas), el 8,3 % a limones y limas, y el 6,7 % a pomelos (Maluenda García, 2019). La producción de naranja se distribuye en más de 140 países, donde la mayor parte del cultivo crece a cada lado de un cinturón alrededor del ecuador terrestre, entre los 40° latitud Norte y los 40° latitud Sur, cubriendo las áreas tropicales y subtropicales del mundo.

La producción mundial de naranjas para 2018/2019 se estimó en 54 300 000 t, con un aumento interanual de 6 300 000 t, debido a las condiciones meteorológicas muy favorables en Estados Unidos y Brasil, principalmente. Brasil es el primer productor mundial con un 37 %, seguido de China con el 13,3 % y la Unión Europea con el 12 %; estos representan en conjunto el 62 % de la producción mundial de naranjas. El consumo en fresco de 30 600 000 t aumentaría 1 000 000 t con respecto al año anterior; China, la Unión Europea y Brasil son los principales consumidores, con el 60 % del consumo mundial (Maluenda García, 2019).

La producción de zumos de naranjas en 2018/2019 prevé un crecimiento inter-anual del 36 % para llegar a los 2 200 000 t (65° Brix); este aumento es debido a la excelente producción de naranjas en Brasil y Estados Unidos, los principales procesadores de naranjas en zumos. El consumo de zumos de naranjas tiende a ir disminuyendo año tras año, debido a la competencia de zumos de otras frutas. Brasil, principal y casi único productor de zumos de naranja, llegará a los 1 400 000 t en 2018/2019, que proceden del 70 % del total de la producción de naranja. El 75 % es destinado a la exportación y a su principal mercado, la Unión Europea, con 650 000 t. Estados Unidos aumentaría la producción de zumos de naranjas al 75 % en 2018/2019, para alcanzar las 327 000 t (Maluenda García, 2019).

La Organización Mundial de Cítricos publicó la primera previsión de producción de cítricos del hemisferio sur. El informe provisional muestra que se espera que la cosecha total de cítricos en 2020 en el hemisferio sur alcance los 8 387 341 t, lo que representa una pequeña disminución del 3 % en comparación con el balance de 2019. Se espera que la exportación aumente en un 12 % para alcanzar 3 486 883 t, lo que podría explicarse como resultado de la mayor demanda de cítricos por parte de los consumidores en el contexto de la COVID-19, debido tanto a los beneficios nutricionales asociados a los cítricos como a un incremento en el consumo doméstico. Por lo que se refiere a la industrialización, se espera que un total de 2 426 154 t de cítricos se destinen a la transformación industrial, lo que supone una disminución del 15 % en comparación con 2019 (Cítricos de Chile, 2020).

En Colombia, la producción de cítricos, aunque se puede dar a lo largo y ancho del país, se concentra en seis núcleos productivos: 1) Costa Atlántica: Atlántico, Magdalena, Cesar, Bolívar. 2) Nororiente: Santander, Norte de Santander, Boyacá. 3) Centro: Cundinamarca, Tolima, Huila. 4) Llanos Orientales: Meta, Casanare. 5) Occidente: Antioquia, Valle del Cauca, Caldas, Risaralda, Quindío. 6) Sur: Cauca, Nariño (SIOC, 2019).

Colombia posee cerca de 97 000 hectáreas (ha) cultivadas en cítricos, las cuales se encuentran distribuidas en casi la totalidad del territorio nacional, con una producción total de 1 257 474 t y una productividad promedio de 15 t/ha. De acuerdo a las cifras convenidas en las principales plazas mayoristas del país,

el 47 % de la producción corresponde a naranjas, el 27 % a mandarinas y el 26 % a limas ácidas (SIOC, 2019). La producción de cítricos está principalmente destinada al mercado en fresco; en el caso de la naranja y la tangelo, son empleadas para la producción de jugo (Orduz et ál., 2011). En Cundinamarca se reportaron 9092 ha sembradas en cítricos, con lo que participan con el 10 % de la producción nacional (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2019). La naranja representa casi el 50 % de esa producción; sin embargo, la productividad en este departamento se considera baja, inferior a las 8 t/ha. La cadena de cítricos es altamente intermediada, lo cual genera distorsión en la información y los precios del mercado, y se refleja en desigualdades en la distribución de los márgenes de ganancia de la cadena; el productor es quien recibe la menor ganancia. La citricultura colombiana actualmente enfrenta una amenaza de carácter sanitario, por la presencia de la enfermedad Huanglongbing (HLB) de los cítricos, que ingresó al país en 2015; actualmente existen siete departamentos con declaratoria de emergencia por presencia de la enfermedad.

Variedades más utilizadas

De acuerdo con los grupos de cítricos de importancia alrededor del mundo, las naranjas dulces son las más cultivadas. De estas, las más cultivadas en Colombia son las naranjas ombligonas pertenecientes al grupo Navel y la variedad Valencia del grupo blanca o redondo (Orduz-Rodríguez, 2012).

Profrutales (2018) tiene un banco de germoplasma donde muestra tres grupos:

- **Naranjas ombligonas:** Frost Washington, Center Navel, Washington Sangre, Cambell Valencia y Valle Washington.
- **Naranjas Valencias:** Olinda Valencia, Garcia Valencia, Valencia Variegada.
- **Naranjas comunes:** Hamlin, Palmira Ruby, Salerna, Galicia (*Sweetly Orange*), Salustiana, Lima Naranja (Profrutales, 2018).

Los resultados obtenidos en el diagnóstico del sistema productivo con énfasis en naranja muestran que en la totalidad de municipios se cultiva tangelo

(*Citrus × tangelo*, naranja tangelo para los productores), seguida de la variedad Valencia, en los municipios de Anolaima, Apulo, Tocaima, El Colegio y Viotá; así como la naranja común en Cachipay, Pacho y El Colegio y la variedad Navel ombligona, sembrada en los municipios de El Colegio y Viotá (Miranda et ál., 2018).

Morfología de la naranja

La planta

El naranjo (*C. sinensis*), es una planta perenne de porte recto, de tamaño medio que puede alcanzar una altura de seis a diez metros, dependiendo del patrón que se haya usado para su establecimiento (Avilán y Rengifo, 1987); es de madera dura y corteza fina de color verde a gris marrón.

Raíces

La raíz primaria, las secundarias y las subsiguientes ramificaciones en su conjunto forman el sistema radical. El sistema radical de los cítricos tiene una amplia distribución tanto horizontal como vertical, con el mayor porcentaje de raíces cerca de la superficie. Más del 70 % de raíces de los árboles de cítricos están en el primer metro de profundidad del suelo y poseen una raíz pivotante que puede extenderse cerca de dos metros por debajo de la superficie. La raíz primaria crece directamente hacia abajo y constituye la raíz principal. Aparecen dos tipos de raíces laterales secundarias: raíces gruesas y racimos de raíces finas fibrosas.

Las raíces laterales son numerosas y su distribución no es regular. En cada ramificación las raíces son menores, siendo el diámetro de las más pequeñas menor a 0,5 cm. Las raíces secundarias o fibrosas comúnmente se extienden mucho más allá de la copa (Manner et ál., 2006) y alcanzan longitudes de seis a siete metros en sentido horizontal (Orduz y Baquero, 2003). Su crecimiento es cíclico, alternando con el crecimiento de la parte aérea, aunque según las plantas

envejecen, los periodos de crecimiento de la raíz se alargan y en árboles adultos se plantea que el crecimiento de la raíz es casi continuo.

En un corte transversal de raíz primaria pueden distinguirse: la epidermis; la hipodermis o exodermis, por debajo de aquella, y que da inicio a la corteza; la endodermis, que es la capa cortical más interna, en cuyas paredes celulares se presentan las características bandas de Caspary suberizadas; el periciclo y el cilindro vascular en la parte central de la raíz, en el que alternan cordones de xilema y de floema y el centro lo ocupan células del xilema y parénquima. Las raíces laterales se forman a partir de la dediferenciación de células del periciclo, que dan lugar a los primordios de las raíces laterales; al crecer estas irrumpen a través de la corteza hacia el exterior.

Después del comienzo del crecimiento secundario, se forma la peridermis en el periciclo o en la endodermis, lo que provoca el desprendimiento de la corteza.

En las raíces de los cítricos se forman pelos radicales de origen epidérmico, aunque son poco frecuentes, y su número, tamaño y duración dependen básicamente de la temperatura, la aireación y el pH. La velocidad media de elongación de las raíces cítricas es fuertemente dependiente de la temperatura, tanto en el caso de las raíces pioneras, como el de las fibrosas, y muestra un aumento lineal positivo en el crecimiento de 17 a 30° C (Devices y Albrigo, 1999).

Estudios hechos sobre la distribución del sistema radical de los cítricos muestran el efecto que ejercen sobre el desarrollo y disposición de las raíces las propiedades físico-químicas, así como el manejo del suelo y del cultivo (Avilán et ál., 1984). Con relación a la distancia que exploran las raíces desde el tronco hacia la zona de goteo (distancia lateral), de seis portainjertos, Vieira, Massaroni y Colautos (2004) encontraron que aquella fue similar al radio de la copa del árbol, y que se presenta mayor concentración de raíces bajo la proyección de la copa. Mattos-Jr., Graetz y Alva (2003) encontraron que, para naranja Hamlin, conforme se incrementan la profundidad y la distancia desde el tronco, disminuye la densidad de raíces; las raíces fibrosas (t 0,2 cm de diámetro) se concentran en los primeros 15 cm de profundidad, y más del 70 % del total de raíces en el estrato de cero a 45 cm.

En condiciones normales de cultivo es muy corriente que las raíces de los cítricos posean micorrizas, constituyendo asociaciones eficaces. Las raíces desempeñan un papel importante en el comportamiento general de los cítricos.

Tronco

El tallo presenta dos tipos de crecimiento: longitudinal, debido a la actividad de los meristemos apicales y en grosor, debido a la actividad del cambium. Este crecimiento posee una cinética irregular; inicialmente es muy lento, y aumenta progresivamente hasta disminuir poco a poco y finalmente cesar (Agusti, 2003). Los cítricos cultivados tienen un solo tronco, con tres o cuatro ramas principales, que nacen a una altura de entre 50 y 80 cm. Según la densidad y crecimiento de las ramas, estas contribuyen al aspecto general del árbol y su arquitectura puede modificarse con las podas. La forma de las ramas verticales es redondeada, mientras que las horizontales son aplanadas, como consecuencia de la actividad diferencial del cambium, dando origen a un crecimiento hipotrófico que influye en la forma del dosel de los árboles (Agusti, 2003).

Potencialmente los vástagos se producen durante toda la temporada en regiones tropicales, debido a las elevadas temperaturas medias existentes durante todo el año, y siempre y cuando el agua no sea un factor limitante, como ocurre en las regiones tropicales con ciclos climáticos diferenciados de humedad y sequía (Reuther, 1993; Devies y Albrigo, 1999). La elongación de los tallos de los cítricos comúnmente ocurre entre dos y cinco distintos tirones de crecimiento anual en las regiones subtropicales, pero pueden crecer casi continuamente en las zonas tropicales, particularmente los limoneros y limas. El inicio del crecimiento del tallo está regulado por la temperatura en las zonas subtropicales (mayor a 12,5 °C) y por la disponibilidad de agua en las zonas tropicales.

Hojas

Las hojas jóvenes en cítricos son de color verde pálido y cambian a verde oscuro al cesar el crecimiento del brote, excepto en el limonero y el cidro en los

que las hojas, al nacer, son de color rojizo y van tornándose verdes con su desarrollo. Las hojas de los cítricos son perennes (la abscisión ocurre todo el año y no de una sola vez) y aunque aparentemente simples, son hojas compuestas imparipinnadas que conservan solo el foliolo terminal, como lo prueba la articulación entre el limbo y el peciolo. Se presentan dos puntos de abscisión: entre el peciolo y el tallo y entre el limbo y el peciolo.

En árboles desarrollados en plena exposición solar la mayoría de las hojas en el dosel maduro están a la sombra. De ahí que las hojas de *Citrus* tengan una alta concentración de clorofilas, que son características anatómicas asociadas con hojas tolerantes a la sombra. Las hojas maduras de naranja Valencia tienen contenidos de clorofila de cerca de 780 um/m^2 . Sin embargo, los cítricos tienen un dispositivo de potencia de aclimatación a la irradiación. Muchos árboles maduros producen unos 350 m^2 de superficie foliar con un índice de área foliar de 12, lo que produce una intensificación del problema de autosombreamiento e altas densidades de plantación (Duran, 2003)

Otro aspecto de las hojas en desarrollo es que son generalmente importadoras de carbono hasta su total expansión, unas cuatro a seis semanas después de la floración plena. Los estomas situados en el envés de la hoja no se desarrollan totalmente y el control estomático sobre la transpiración es pobre (Sylversten, 1994).

Flores

Las flores del naranjo son generalmente hermafroditas y de tamaño mediano, de aspecto ceráceo y color generalmente blanco. Se presentan aisladas o agrupadas en racimos en forma de corimbo, y a veces de cima, que pueden ser terminales o desarrollarse en las axilas de las hojas. Cada flor tiene un pedúnculo corto, desnudo, articulado y carnoso con su parte superior ensanchada, lo que constituye el receptáculo. La flor de los cítricos está perfectamente diseñada para facilitar la reproducción sexual.

Así, es hermafrodita, es decir, está formada por una parte masculina o androceo y una femenina o gineceo, y los sépalos y pétalos protegen al aparato sexual hasta el momento preciso en el que se debe producir la fecundación. El estigma

de los cítricos es de forma esférica y su color evoluciona de verde a marrón —pasando por amarillo—, en función de su viscosidad y estado de madurez. El estilo es cilíndrico. En su interior se encuentran los canales estilares, que se encargan de conducir el tubo polínico desde el estigma hasta el ovario. El ovario está formado por entre ocho y diez carpelos unidos alrededor del eje floral formando los lóculos, donde se encuentran los óvulos (Agustí, 2003).

Los frutos

El fruto de los cítricos es un hesperidio de tamaño y color variable con la especie y la variedad, al igual que su forma, que puede ser oval, piriforme, esférica achatada, o no. La corteza es gruesa, indehiscente, con la superficie externa más o menos lisa o rugosa y cuyo color depende en gran medida de la temperatura a la que se desarrolla.

Están conformados por las siguientes partes:

- **El exocarpo o flavedo:** comúnmente llamada cáscara o corteza de la naranja. Está formado por una epidermis e hipodermis, que es de color verde cuando aún no está madura, y color naranja cuando ya está en su punto de maduración. Esta parte está compuesta de pequeñas vesículas que contienen aceites esenciales, que se utilizan principalmente para realizar perfumes y aromatizantes.
- **Mesocarpo o albedo:** esta parte también forma parte de la cáscara de la naranja. Su aspecto es esponjoso y de color blanco. Es la parte de la naranja que contiene más pectinas y glucósidos.
- **Endocarpo o pulpa:** es la región más interna y está constituida por los lóculos o gajos. Los lóculos contienen las vesículas de zumo, formadas por un cuerpo de células completamente vacuolizadas y un pedúnculo que las mantiene unidas a la epidermis dorsal de los carpelos y limitadas lateralmente por los septos. En esta parte de la naranja es donde se encuentran los diferentes ácidos orgánicos (como la vitamina C), los azúcares y el agua que aporta esta fruta (González-Sicilia, 1968; Schneider, 1968).

Las semillas

Las semillas de los cítricos son de forma y tamaño variable, pero existen características comunes para una misma especie: Las formas más comunes son fusiformes, ovoides, cuneiformes y deltoides. El número promedio de semillas por fruto difiere de una variedad a otra y también tiene relación con las condiciones de cultivo. El color de la semilla varía entre blanco grisáceo, crema o amarillo o verdoso, con diferencia entre las variedades. Las semillas poliembriónicas características de la mayoría de las especies de citrus se derivan de los óvulos a través de una serie de cambios de crecimiento y desarrollo.

La germinación de la semilla es hipogea, es decir, los cotiledones permanecen subterráneos. La temperatura para que empiece a emerger la radícula oscila entre 9 y 38° C y varía con cada cultivar. El número de días hasta la primera emergencia oscila entre aproximadamente 80 días a 15-20° C, hasta tan solo 14 a 30 días para la mayoría de los cultivares en el intervalo óptimo de 30 a 35° C (Figura 2). La intensidad de la luz no afecta a la germinación o emergencia pero las plántulas que se desarrollan en la oscuridad son pálidas y ahiladas (Devies y Albrigo, 1999).

Fenología del cultivo

Ciclo de vida

Los cítricos en general, bajo condiciones óptimas de manejo, tienen una longevidad muy variable, que oscila entre los 30 y 40 años, según la zona, y pasa por las siguientes etapas (Amórtegui, 2001):

- Desarrollo en vivero: de 1 a 3 años.
- Desarrollo del árbol joven: de 2 a 5 años.
- Desarrollo de la producción: de 3 a 7 años.
- Periodo de plena producción: de 8 a 20 años.
- Periodo de envejecimiento y muerte: de 20 a 40 años.

Ciclo anual

Una planta de cítricos durante su periodo de plena producción reduce su crecimiento vegetativo y consolida su energía para florecer, fructificar, renovar ramas y hojas. Durante el año es factible diferenciar las siguientes fases (Amórtegui, 2001):

- Fase vegetativa.
- Fase de floración.
- Fase de fructificación.
- Fase de maduración del fruto.

Desarrollo vegetativo

El estadio vegetativo se asocia principalmente con la juvenilidad del árbol, periodo durante el cual el crecimiento es exponencial y se desarrollan ciertas estructuras características de cada especie, como el tipo de ramificación, las hojas y las espinas. Se ha demostrado que la temperatura del suelo puede llegar a afectar la cantidad de brotes nuevos y su longitud puede estar determinada por condiciones medioambientales durante el día; es así como en los trópicos se presenta un crecimiento más vigoroso que en zonas templadas (Agustí, 2003).

Desarrollo reproductivo

Estado en el cual la planta pasa por las fases fisiológicas de floración, cuajado, caída fisiológica, crecimiento y desarrollo del fruto, y finalizando con la maduración de este:

Floración: debido a la relación existente entre el clima y la duración de los estadios fenológicos, la intensidad y momento de floración están ligados a los factores climáticos de la región. Así, en las regiones subtropicales la formación y desarrollo de nuevos brotes florales se da en tres o cuatro ciclos bien definidos, mientras que en regiones tropicales y algunas subtropicales, la brotación es continua durante el año en ciclos de corta duración y separados por periodos de inactividad (Cassin et ál., 1969; Rebolledo, 2012).

La floración de los cítricos presenta tres fases: la iniciación floral, la inducción floral, la diferenciación de la flor y el desarrollo floral (Garzón, 2012). La inducción floral incluye los eventos entre el crecimiento vegetativo hasta llegar a la producción de inflorescencias, mientras que la diferenciación floral incluye los cambios histológicos y morfológicos de los meristemos vegetativos para llegar a ser reproductivos (Davenport, 1990).

En cítricos se reconocen cinco tipos de brotes distintos clasificados según el número de flores y hojas que presentan (Guardiola, Agustí y García, 1977). De estos, cuatro son reproductivos y uno es vegetativo (sin flores); los cuatro reproductivos se denominan campanero (una flor terminal acompañada de hojas), mixto (brote con flores y hojas), flor solitaria (flor sin crecimiento de hojas) y ramillete (múltiples flores sin hojas) [Figura 1] (Agustí y Almela, 1991).

Cuajado: el cuajado ocurre desde el final de la antesis marcado con la caída de los pétalos de la flor hasta cerca del tamaño final del fruto (Garzón, 2012). Este es un proceso que se prolonga en el tiempo y durante el cual, el fruto no tiene asegurada su presencia en el árbol (Agustí y Almela, 1991). En *Citrus*, la tasa final de cuajado solo puede cuantificarse después de que la caída fisiológica se ha detenido, entre las semanas 10 a 12 después de antesis (Spiegel y Goldschmidt, 1996). Los cultivares de cítricos más importantes presentan una floración abundante, de entre 100 000 y 200 000 flores en un árbol adulto; sin embargo, menos del 2 % de estas flores llega a un estado de cuajado final (Erickson y Brannaman, 1960; Orduz, Monroy y Fischer, 2010).

Caída fisiológica: la caída fisiológica, o abscisión, es un proceso de selección en el cual los frutos entre los 5 y los 20 mm de diámetro ecuatorial son abortados por la planta debido a la competencia entre estos por obtener fotoasimilados (Rebolledo, 2012; Garzón; 2012). En general, los frutos pequeños que presentan una menor velocidad de crecimiento son los que tienen mayor probabilidad de caer del árbol (Zucconi, Monselise y Goren, 1978; Agustí, García y Guardiola, 1982), sin embargo, esta relación no es completamente estricta (Ruiz y Guardiola, 1994).

En el género *Citrus* se reconocen dos caídas fisiológicas sucesivas: durante la floración, lo que genera la caída de flores y ovarios, y durante el desarrollo del fruto, lo que genera la caída de frutos en crecimiento (Rebolledo, 2012). No



Figura 1 Tipos de brotes reproductivos en cítricos: a) Flor solitaria. b) Brote campanero. c) Ramillete de flores. d) Brote mixto.

Fuente: Martínez et ál., (2015).

obstante, en algunos casos se observa un solo evento continuo que presenta un pico máximo entre las semanas seis a ocho después de floración y que termina luego de la semana 12 (Duarte y Guardiola, 1996). Adicionalmente, y como caso excepcional, se reporta que en la región del Tolima, en términos relativos, se presentan tres ondas de abscisión: una que se da seis días después de antesis y genera la caída de flores y frutos en cuajado inicial, y las dos posteriores a los 34 y 49 días después de antesis, que generan la caída de frutos en crecimiento (Rebolledo, 2012).

Crecimiento y desarrollo del fruto: en este proceso se identifican tres fases bien definidas.

- **Fase I:** abarca desde la antesis hasta el final de la caída fisiológica de los frutos. En esta fase se da un crecimiento exponencial del fruto generado por una alta tasa de división celular.
- **Fase II:** abarca desde el final de la caída fisiológica hasta poco antes del cambio de color del fruto. Se caracteriza por presentar un crecimiento lineal dado por la expansión de los tejidos y un aumento en el tamaño celular; este proceso toma entre dos a tres meses para variedades precoces y de cinco a seis meses para variedades tardías.
- **Fase III:** comprende los cambios dados por la maduración del fruto y se caracteriza por una reducción en la tasa de crecimiento. Esta fase puede ser apenas perceptible o presentar un crecimiento importante según la variedad.

Maduración: se define como el conjunto de cambios externos, de sabor y de textura que el fruto experimenta cuando alcanza su máximo tamaño y completa su desarrollo (Agustí, 2003). Los frutales pueden ser clasificados entre climatéricos y no climatéricos; los cítricos pertenecen al grupo de los no climatéricos, por lo que los cambios físicos y químicos propios de la maduración son graduales en el tiempo y no están acompañados por aumentos en la respiración o en la producción de etileno (Agustí, 2003).

Suelos y clima para el cultivo

Suelos

Los cítricos se adaptan a una gran diversidad de suelos. La profundidad es muy importante, ya que la parte activa del sistema radicular puede llegar hasta una profundidad de 1,5 m; además, el buen drenaje es muy importante para la productividad del cultivo, que prefiere suelos con pH entre 5,5 y 7,0 (Asociación Hortifrutícola de Colombia [ASOHOFrucol], 2014). Los suelos de la zona de estudio pertenecen a tres tipos diferentes: Lithic Ustorthents, Typic Ustorthents y Typic Ustropepts.

Lithic Ustorthents

El material parental de estos suelos está constituido por areniscas duras. En general son entre bien y excesivamente drenados, poco evolucionados, muy superficiales, limitados en su profundidad efectiva por la roca. El color del horizonte A es gris oscuro, la textura franco arenosa con gravilla y la estructura blocosa poco desarrollada. Químicamente son suelos casi neutros, pobres en materia orgánica, de capacidad catiónica de cambio media, saturación total de bases muy alta, saturaciones de calcio y magnesio muy altas, y saturación de potasio muy baja; la disponibilidad de fósforo para las plantas es muy baja y la fertilidad es moderada (Cortolima, 2011).

Typic Ustorthents

Estos suelos han evolucionado a partir de areniscas conglomeráticas. Son entre bien y excesivamente drenados, superficiales, de textura franco arcillosa gravilosa en los horizontes superiores y franco arenosa en los inferiores; la estructura es poco desarrollada y los colores gris oscuro en superficie y de oliva a pardo oliva en profundidad. Desde el punto de vista químico son suelos ligeramente ácidos, pobres en materia orgánica, de capacidad catiónica de cambio media, saturación total de bases muy alta, saturaciones de calcio, magnesio y potasio muy altas y disponibilidad de fósforo para las plantas alta en la superficie y baja en profundidad. La fertilidad es moderada (Cortolima, 2011).

Typic Ustropepts

El material parental está constituido por materiales tobáceos y andesíticos, que originan suelos bien drenados y moderadamente profundos, limitados por capas de cascajo, gravilla y piedra. El horizonte A es de color pardo grisáceo oscuro, textura franca y estructura poco desarrollada (Cortolima, 2011). De estos tipos se encontraron huertos en suelos entre profundos y muy profundos y pendientes por debajo del 50 % para naranjas Valencia y común, correspondientes a valles y lomeríos. Se encontró que los suelos de textura pesada poseen limitaciones de drenaje y no son aptos para el cultivo de naranja, pues se asocian con problemas de crecimiento y enfermedades radicales.

Temperatura y altitud

Las condiciones fisiográficas en Colombia proporcionan una gran diversidad de microclimas que deben ser tenidos en cuenta durante las actividades agronómicas. En Colombia, los cítricos se cultivan desde el nivel del mar hasta los 2100 msnm, aunque tienen importancia comercial hasta los 1500 y 1600 msnm. Las temperaturas óptimas para cítricos se ubican entre los 18 y los 30° C, y se eligen para climas medios las variedades tempranas en las regiones subtropicales, y las variedades tardías en las regiones cálidas (Orduz y Mateus, 2012).

Precipitación

En general, el consumo de agua anual de los cítricos varía entre 750 mm (zonas templadas) hasta 1200 mm (zonas áridas) (Agustí, 2003; Garzón, 2012). Para Colombia, Orduz y Fischer (2007) calcularon un requerimiento hídrico de 1046 mm por año para el piedemonte llanero; sin embargo, para que la necesidad hídrica se satisfaga es necesario una adecuada distribución (Agustí, 2003).

El estrés hídrico en cítricos puede afectar la florescencia y la fecundación, y producir un aborto floral y la abscisión del fruto (González y Castel, 2003); además, el crecimiento de hojas nuevas es muy sensible al déficit hídrico, y llega a generar un detenimiento total de la emisión de brotes vegetativos durante los periodos prolongados sin riego, pero tan pronto se reanudan las lluvias se reanuda este proceso (Syvertsen, 1985; González y Castel, 2003). Sin embargo, el estrés hídrico y la temperatura son los factores inductivos primarios de la floración, siendo el estrés hídrico el más importante bajo condiciones tropicales (Agustí, 2003).

Humedad relativa

Los cítricos se adaptan bien a distintos valores de humedad relativa atmosférica; por esto pueden cultivarse tanto en regiones desérticas subtropicales –donde la humedad relativa es cercana a cero– como en las regiones tropicales, donde las humedades relativas son considerablemente más altas (casi nunca descienden del 70 %) y pueden llegar a la saturación (Agustí, 2003).

La humedad relativa se considera como un factor decisivo en la producción, no solo por su relación con el desarrollo de fitopatógenos, sino también por su relación con los distintos estadios fenológicos de la planta. Durante el cuajado del fruto la planta requiere de humedades relativas moderadas; las alteraciones de estas y en especial los descensos bruscos se relacionan con la caída fisiológica de los frutos en la fase I de desarrollo, y se ha demostrado que esta aumenta cuanto menor sea la humedad relativa; además, puede llegar a afectar el tamaño final del fruto (Agustí, 2003).

Manejo integrado del cultivo

Instalación del cultivo

Preparación del terreno

La preparación, la densidad de siembra y la forma de plantación dependen principalmente de la variedad y el portainjerto. Características como el tamaño de la copa, el vigor del árbol, las condiciones edafoclimáticas y topográficas, la labranza y mecanización son necesarias para tener en cuenta las labores de siembra. La forma de preparación estuvo relacionada con la ubicación topográfica del sistema productivo. En lomeríos se encontró que la preparación no es generalizada, solo se prepara el sitio de plantación luego del trazado del huerto. En zonas planas, se encontró preparación generalizada del huerto, utilizando rastras pesadas, seguido por el trazado y posterior ahoyado.

Siembra

Se encontró que las distancias de plantación se seleccionan de forma empírica, y en algunas localidades se sigue usando el arreglo cuadrado o tresbolillo, que no favorece la mecanización y por tanto se aumentan los costos de producción. Los arreglos más apropiados son los rectangulares, que se modifican de acuerdo

con la especie, la variedad y el patrón. La distancia de siembra recomendada es de 7×7 m para una densidad de siembra de 204 plantas/ha; en tresbolillos es de 273 plantas/ha.

Manejo integrado de la fertilización

El mantener los árboles fertilizados ayuda a que estos sean resistentes a plagas y enfermedades, a las podas y a cualquier actividad que se realice; por lo tanto, la fertilización es una práctica importante en los cítricos, ya que además la deficiencia de nutrientes ocasiona disminución en la producción y en la calidad del fruto (Morales, 2007). El pH es un factor a tener en cuenta para la absorción de nutrientes; un suelo con fuerte acidez es pobre en bases (calcio, magnesio, potasio), la actividad de los microorganismos se reduce y el fósforo disponible disminuye, al precipitarse con el hierro y aluminio (Instituto Nacional de Innovación Agraria [INIA], 2009).

Análisis de suelos

El análisis de suelo es considerado como una herramienta fundamental para evaluar su fertilidad, a la vez que es indispensable para definir las dosis de nutrientes que requiere el cultivo. Después de que las muestras de suelo son enviadas al laboratorio y una vez que se reciben los resultados, se deben tener en cuenta diversos factores al momento de interpretarlos. Entre estos se encuentran: 1) El conocimiento de la cantidad total de nutrientes individuales en los suelos tiene un valor muy limitado para predecir el suministro de los mismos para el crecimiento vegetal. 2) La disponibilidad de cada nutriente en el suelo, o cantidad efectiva, es menor que la total e incluso pobremente correlacionada con esta última. 3) En los intentos para caracterizar químicamente los suelos desde el punto de vista del suministro de nutrientes para las plantas, el objetivo es determinar su disponibilidad y no la cantidad total.

Fertilización edáfica

Algunas propiedades de los suelos, tales como la textura, el contenido de materia orgánica (MO), la humedad y el drenaje, entre otros, pueden influenciar las deficiencias o la baja disponibilidad de elementos mayores y menores. Un ejemplo de ello son los suelos arenosos, los suelos con bajo contenido de materia orgánica y las altas precipitaciones, que favorecen la deficiencia de nitrógeno (N) en los cultivos agrícolas (Tabla 1). Para el caso del pH del suelo, este puede afectar la disponibilidad de los elementos nutricionales; los suelos medianamente ácidos y ligeramente ácidos son los que permiten intervalos adecuados y máxima disponibilidad de nutrientes para las plantas (Tabla 2).

Tabla 1 Influencia de las condiciones edáficas y ambientales, y su relación con las deficiencias nutricionales.

Nutriente	Condiciones que favorecen la deficiencia
Nitrógeno (N)	Suelos arenosos. Poca materia orgánica. Altas precipitaciones.
Fósforo (P)	Suelos muy pobres. Suelos muy húmedos. Ricos en Ca. Fríos.
Potasio (K)	Suelos arenosos. Suelos muy húmedos. Suelos pobres y erodados.
Calcio (Ca)	Suelos arenosos y ácidos, minerales o de turba. Alcalinos y sódicos. Altas precipitaciones.
Magnesio (Mg)	Suelos arenosos. Muy húmedos.
Azufre (S)	Suelos poco húmicos. Altas precipitaciones. Poca adición de fuentes de S.
Hierro (Fe)	Suelos cálcicos. Pobrementemente drenados. Altos contenidos de P, Mn, Zn y Cu.
Cobre (Cu)	Suelos muy húmicos. Alcalinos. Ricos en cal. Arenosos. Empobrecidos. Alta fertilización nitrogenada.
Zinc (Zn)	Suelos arenosos empobrecidos. Alcalinos. Graníticos.
Manganeso (Mn)	Suelos francos o limosos ricos en cal. Muy húmicos y cálcicos mal drenados. Minerales muy arenosos y ácidos.
Boro (B)	Suelos arenosos procedentes de rocas eruptivas. Ácidos empobrecidos. Orgánicos ácidos. Alcalinos con poca cal libre.
Molibdeno (Mo)	Suelos cálcicos bien drenados. Férricos.

Fuente: Salazar (2011).

Tabla 2 Efectos del pH sobre la disponibilidad de los nutrientes en suelo.

pH	Evaluación	Efectos
< 4,5	Extremadamente ácido	Condiciones muy desfavorables.
4,5-5,0	Muy fuertemente ácido	Posible toxicidad por Al ⁺³ .
5,1-5,5	Fuertemente ácido	Exceso de: Co, Cu, Fe, Mn y Zn. Deficiencia de: Ca, K, N, Mg, Mo y P. Suelos sin carbonato de calcio. Actividad bacteriana escasa.
5,6-6,0	Medianamente ácido	Intervalo adecuado de disponibilidad para la mayoría de cultivos.
6,1-6,5	Ligeramente ácido	Máxima disponibilidad de nutrientes.
6,6-7,3	Neutro	Algunos micronutrientes se fijan: Zn, Cu, Mn y Fe.

Fuente: Prado (2008).

Por otro lado, aspectos como la acidificación de los suelos por altos contenidos de aluminio (Al), la salinización por cloruros o sulfatos, la toxicidad por cloruros, sodio (Na) y micronutrientes, las deficiencias inducidas por el uso de enmiendas, así como los desbalances entre aniones y cationes, también deben ser analizados por su efecto sobre el desbalance de nutrientes.

El boro (B) constituye un elemento esencial requerido para el adecuado crecimiento de los cítricos. Su deficiencia causa en las plantas de naranja una reducción significativa en la acumulación de materia seca en las hojas, tallos y raíces (Tabla 1). Sin embargo hay un mayor crecimiento en la raíz que en la parte aérea de la planta, lo que se traduce en un resultado de la relación raíz/vástago de 0,57 para el tratamiento de 0 µM de boro. Este comportamiento se argumenta por la baja movilidad del boro en el floema, así como por el periodo prolongado de la deficiencia de boro, la intensidad lumínica y la especie cultivar.

Disponibilidad de agua y nutrientes

Los factores como la disponibilidad de agua y nutrientes también tienen su efecto en la fisiología del transporte de carbohidratos en la planta. Por ejemplo, bajo condiciones de estrés hídrico la naranja Valencia disminuye su contenido total de almidón y sacarosa, resultado de la deficiencia fotosintética; sin embargo, el contenido de azúcares reductores se muestra significativamente más alto,

como mecanismo de retención de agua (hipotéticamente, pues no se conocen mecanismos de ajuste osmótico en cítricos).

La información anteriormente citada (Tabla 1 y Tabla 2) se constituye en una guía útil para los técnicos y agricultores; sin embargo, bajo la asesoría de un ingeniero agrónomo, y partiendo de los resultados de análisis de suelo, foliares y de calidad del agua, se deben interpretar estos resultados y calcular la cantidad necesaria de fertilizante que requiere el cultivo de naranja según el portainjerto, la variedad, la edad del cultivo, las fuentes a utilizar y su disponibilidad.

Para la aplicación de los fertilizantes se recomienda incorporar el fertilizante en la zona de mayor actividad radical de los árboles (esta varía según el portainjerto); sin embargo, se recomienda ubicar la fertilización y el encalado $1/3$ hacia el centro de la gotera del árbol y en los primeros 30 cm de profundidad, donde se ubica la mayor cantidad de raíces finas o activas de absorción.



Figura 2 Ubicación de fertilizantes en hoyos realizados previamente en suelo cultivado con naranja. Fuente: Equipo CTA-2, Subproyecto Mango, Naranja y Mandarina (2018).

Fertilización foliar

Las aspersiones de nutrientes minerales dirigidas al follaje brindan un suministro de elementos indispensables para la planta en estados críticos de deficiencias, siendo hasta 30 veces más rápidas y eficientes que el método de aplicación al suelo; sin embargo, el efecto se considera temporal (Lovatt, 2000). En este sentido, las aplicaciones de urea y nitratos son las más usadas en los cultivos, ya

que las plantas presentan respuestas positivas a su suministro, debido principalmente a que el nitrógeno es importante para la inducción floral de los cítricos (Albrigo y Saúco, 2004).

Podas

La realización de podas sobre los árboles de naranja tiene como finalidad modificar los ejes de crecimiento, mediante cortes manuales y/o mecánicos del tejido, de acuerdo con la fenología de la planta (Miranda, 2012) y hace parte fundamental del manejo agronómico del cultivo. Cuando los árboles no son podados su crecimiento es libre, irregular vertical hacia arriba, con ramas etioladas; esto conlleva a la formación de árboles de porte alto en los que los controles fitosanitarios y la recolección de la fruta son difíciles de llevar a cabo.

Los principales objetivos de esta práctica son: armonizar la arquitectura del árbol y determinar el porte de la planta, modificar el vigor de la planta, suprimir ramas indeseables, lograr un equilibrio fisiológico, disminuir la presencia de enfermedades, producir frutos de mejor calidad por muchos años y regular la alternancia de las cosechas.

Adicionalmente, las prácticas de poda pueden realizarse manualmente –según la disponibilidad de mano de obra calificada para realizar la labor– o de forma mecánica. Esta última es empleada en regiones donde la fruticultura es tecnificada, los cultivos son de extensa producción y en zonas con baja disponibilidad de mano de obra.

Poda de raíz

Normalmente se realiza antes del trasplante de los árboles al sitio definitivo y consiste en la eliminación de las raíces de la planta. En caso de realizarla, la poda de raíz es recomendada siempre y cuando se esté buscando mantener árboles de porte bajo, para ser sembrados en alta densidad.

Poda estructural

Se realiza una vez el árbol ha sido trasplantado a su sitio definitivo, con el fin de estimular la formación y el desarrollo de tres o cuatro ramas primarias. Consiste en despuntar el árbol a una altura de entre 60 y 70 cm cuando el cultivo es instalado en terrenos planos; en terrenos ondulados, la altura que se utiliza es hasta de un metro. Este primer corte se hace teniendo en cuenta la posición de las hojas y las yemas, con el propósito de que las ramas resultantes queden alternadas a diferente altura entre ellas y en diferente dirección (Figura 3).



Figura 3 Árbol en fase de crecimiento inicial sin poda estructural (a) y árbol con poda de formación (b).
Fuente: Fotos Diego Miranda. Equipo CTA-2, Subproyecto Mango, Naranja y Mandarina (2018).

Poda de formación

Este tipo de poda tiene como finalidad mantener la forma inicial dada a los árboles en la poda estructural, mientras busca a su vez el engrosamiento de las ramas primarias, y la formación de ramas secundarias y terciarias con un número de terminales adecuadas, según la edad del árbol. Como resultado de dicha poda, se obtienen árboles de porte bajo a mediano y de copa abierta, en los que se presenta adecuada circulación del aire y entrada de radiación al interior de la copa.

Poda de mantenimiento

En la poda de mantenimiento se realizan despuntes, entresaque de ramas, eliminación de ramas entrecruzadas delgadas, eliminación de plumillas y levante de las ramas bajas de la copa del árbol, a la vez que se mantiene un volumen bajo de vegetación en la copa, así como el porte inicial del árbol.

Poda sanitaria

Labor con la cual se eliminan de los árboles las ramas afectadas por enfermedades e insectos, así como ramas secas. Adicionalmente, también se eliminan los raquis o residuos de las panículas florales al terminar la cosecha, ya que estos se convierten en focos de enfermedades por hongos y/o bacterias.

Poda de producción

Esta poda debe estar acompañada de un buen manejo nutricional de las plantas, un adecuado suministro de riego y complementarse con el uso de biorreguladores de crecimiento para inducir la floración. La finalidad de la poda de producción es preparar el árbol para el nuevo ciclo productivo y se lleva a cabo cuando la producción del ciclo anterior ha terminado. En este tipo de poda se combinan podas suaves y podas fuertes. Las podas fuertes inducen un crecimiento vigoroso, menor inducción de yemas florales, menor rendimiento por hectárea y un mayor tamaño de los frutos; mientras que las podas suaves –que normalmente son solo despuntes– inducen un crecimiento menos vigoroso, mayor inducción de yemas florales, mayor rendimiento por hectárea y menor tamaño de los frutos.

Poda de rejuvenecimiento

Algunas variedades de cítricos con edades avanzadas presentan dificultades para la recolección, distribución de la producción solo en los terminales de las ramas, y disminución del tamaño del fruto, productividad y rendimiento. Por

esta razón se hace necesario renovar sus ramas y reducir su altura, para lograr una nueva copa y un nuevo sistema de ramificación. La práctica consiste en realizar una poda fuerte, recortando las ramas y retrocediendo los árboles, sin eliminar ni cambiar la copa existente.

Poda de renovación

Consiste en el cambio de la copa del árbol, ya sea porque cuenta con muchos años de producción, por baja productividad y calidad de la fruta, o por exigencias comerciales que requieren cambios de variedad; para llevar a cabo la poda de renovación se emplean las siguientes técnicas:

Soqueo parcial de la copa: se fundamenta en la eliminación parcial de la copa que se va a cambiar, mientras se mantiene una parte del árbol (rama productiva, rama pulmón, rama tirasavia). Esta poda tiene la ventaja de que una parte de la planta sigue produciendo frutos, lo que favorece la generación de ingresos para el productor. Sobre la parte soqueada se puede realizar injertación directa de yemas de la nueva variedad de interés o reinjertar sobre los rebrotes de la copa vieja, mediante un injerto en T invertida.

El soqueo total: consiste en eliminar la copa vieja en su totalidad e injertar máximo tres rebrotes seleccionados de las yemas de la nueva variedad, mediante un injerto de T invertida; posteriormente se protegen las yemas con cintelita y bolsas de papel para favorecer el prendimiento. No obstante, como inconveniente se presenta el retraso de la producción por dos años, según la sanidad, el manejo dado a las plantas y la nutrición. En el género *Citrus* las podas de renovación dependen en gran parte de la longevidad de los portainjertos utilizados, por lo que se requiere que antes de tomar la decisión de realizarla, se tenga previo conocimiento sobre el tipo e historial del portainjerto empleado; si se desconocen estos requerimientos es mejor realizar una siembra nueva.

Inducción de floración

La inducción floral es un proceso mediante el cual las yemas de los frutales, originalmente vegetativas, sufren cambios metabólicos que las preparan para



Figura 4 Poda de renovación en naranja mediante soqueo total.

Fuente: Foto Diego Miranda. Equipo CTA-2, Subproyecto Mango, Naranja y Mandarina (2018).

transformarse en yemas florales (Yuri, Lobos y Lepe, 2002). En cítricos, obte-

ner frutas fuera de la temporada normal de producción mediante prácticas de estimulación de la floración representa la opción más adecuada para extender el periodo de cosecha de los frutales y comercializar con mayores ventajas económicas en los mercados nacionales e internacionales (Becerril y Rodríguez, 1989). Entre los beneficios del uso de técnicas para inducción floral en árboles frutales, sobresale el poder anticipar o retardar las épocas de producción de los cultivos, mediante la modificación de las épocas de cosecha; esto con el fin de lograr mejores precios del producto y mayor competitividad. En este contexto, entre las estrategias para estimular la floración se encuentran las que se enumeran a continuación.

Estrés hídrico

La inducción del estrés hídrico o sequía puede inducir la floración debido a la inhibición del crecimiento de la raíz seguido por cambios en el balance hormonal del árbol (Nir, Goren y Leshem, 1972). Las plantas sometidas a sequía realizan ajuste osmótico, lo que les permite sobrevivir sin gasto de energía (Hsiao, 1973). Conforme el estrés hídrico se acentúa, hay una reducción en la concentración de almidón y sacarosa, mientras que los azúcares se incrementan (Wang y Stutle, 1992).

Para promover floración en los cítricos, el estrés hídrico debe durar aproximadamente un mes, lo que varía en ocasiones por las condiciones climáticas y las características físicas del suelo (Barbera, Kicascui y Fatta, 1985). En este sentido, plantas de lima Persa injertadas sobre *C. macrophylla* bajo invernadero y sometidas a un periodo de estrés hídrico durante cuatro a cinco semanas, pueden llegar a desarrollar brotes florales dos semanas después ser expuestas a dicho estrés (Southwick y Davenport, 1987).

Anillado y rayado

El anillado de ramas o tallo en frutales es una práctica antigua usada para manipular el crecimiento vegetativo del árbol, la floración y el desarrollo del fruto (Davie, Stassen y Walt, 1995). El anillado consiste en la remoción de la corteza del tallo o rama en forma de anillo; esto provoca el bloqueo temporal de la

translocación de los fotosintatos de las hojas a la raíz y resulta en la detención del crecimiento y la acumulación de carbohidratos y hormonas en los tejidos situados por encima de la incisión (Schaper y Chacko, 1993; Davie et ál. 1995; McNeil y Parsons, 2003; Urban, Léchaudel y Lu, 2004; Mostafa y Salch, 2006). Finalmente, el tamaño del anillo puede variar según el ancho de la corteza extraída, que en general es mayor a dos milímetros (Agustí, 2000).

Por su parte, el rayado de ramas o tallo es una variante del anillado y consiste en hacer una incisión circular superficial de un milímetro en una rama terciaria mediante una navaja de hoja curva, con el fin de forzar la brotación de yemas fructíferas en la planta; con esto se logra forzar la floración. Esta técnica presenta una ventaja sobre el anillado, ya que produce menor daño alrededor de toda la rama, sin la extracción de un anillo de corteza, por lo que cicatriza con mayor facilidad. Sin embargo, si las prácticas de anillado y rayado no son realizadas adecuadamente, pueden generar efectos adversos como la caída de flores y frutos, formación de frutos pequeños y, en casos extremos, la muerte de ramas y árboles (Ariza, Cruzaley y Vasquez, 2004).

Aplicación de reguladores de crecimiento

Un regulador del crecimiento de las plantas es “cualquier sustancia o mezcla de sustancias destinadas, mediante acción fisiológica, para acelerar o retrasar la tasa de crecimiento o maduración o para alterar de otra manera el comportamiento de las plantas ornamentales”. Estos productos representan solo del 3 al 4 % de las ventas totales de agentes de protección de cultivos, y su potencial de mercado actualmente limitado obedece a los crecientes costos de desarrollo y registro. La demanda de alta rentabilidad ha creado restricciones importantes en la introducción de nuevos PBR.

Entre las aplicaciones importantes de los reguladores de crecimiento en la fruticultura del trópico y del subtrópico están las producciones continuas de frutas y la programación de cosechas, que buscan –entre otros factores– el manejo de las floraciones y las producciones a destiempo (desfase de las cosechas), aumentar los volúmenes de fruta producida y pretender un beneficio económico a los productores, por la venta de sus productos de manera anticipada. El uso

de estas alternativas requiere, de igual manera, el conocimiento de las especies, variedades o cultivares, la caracterización climática de las zonas de producción, el conocimiento de la fenología del cultivo, el uso de prácticas como podas, raleos y manejo del riego y la nutrición. A esto se suma el proceso de capacitación requerido para los técnicos y productores sobre el uso de estos productos reguladores, sobre sus ventajas, pero también sobre sus desventajas (Miranda, 2019).

A pesar de que en Colombia se ha generado conocimiento sobre el uso de algunos biorreguladores del crecimiento en algunas especies frutales (caso del mango, guanábana, aguacate y cítricos) y de sus efectos sobre la promoción de la floración (inducción) y la fructificación, poco se conoce acerca del uso de otras sustancias promotoras o retardantes del crecimiento para el caso de naranja.

Etileno

El etileno es una molécula orgánica con actividad biológica producida por todas las plantas, además de algunos microorganismos (Srivastava, 2002). En cítricos, se han realizado varios ensayos que han mostrado un efecto similar al del estrés hídrico con la aplicación de etileno. De acuerdo con esto, la aplicación foliar de entre 200 y 500 mg/l, acompañada de urea al 1 %, puede reducir el tiempo de ocurrencia de la floración hasta en un 50 % con respecto a un periodo normal, y se llega a generar la floración 40 días después de la aplicación.

Paclobutrazol

El paclobutrazol (PBZ) es un fitorregulador retardante del crecimiento que ha sido reportado como promotor de la floración en el género *Citrus* para diferentes cultivos como naranja dulce, mandarina y limas ácidas (Harty y Van Staden, 1988; Ogata et ál., 1996; Martínez, Mesejo, Juan, Almela y Agustí, 2002; Monteiro da Cruz, Lopes de Siqueira, Chamhum y Cecom, 2008). Junto con las bajas temperaturas (16° C) incrementa la floración hasta en un 214 % con concentraciones de 819 mg/l (Monteiro da Cruz et ál., 2008). El efecto del PBZ sobre la

floración depende de distintos factores, como la cantidad de frutos en el árbol al momento de la aplicación y la época en que esta se realiza; de acuerdo con esto último, el PBZ se debe aplicar después del reinicio del crecimiento vegetativo, entre un mes y un mes y medio después de la poda, dependiendo del cultivar; de este modo se puede adelantar cerca de un mes la floración y la cosecha (Davenport, 2006).

Prohexadiona de calcio

La prohexadiona de calcio (Pro-Ca) es un biorregulador que actúa inhibiendo la biosíntesis de giberelinas y que tiene una persistencia limitada de cuatro semanas (Evans, R., Evans, J. y Rademacher, 1997; Winkler, 1997; Fallahi, 1999; Bubán, Foldes, Fekete y Rademacher, 2004). La inhibición de la síntesis de giberelinas mediante la Pro-Ca parece ser el resultado de la competencia por el sitio activo de las enzimas (hidrolasas) involucradas en la etapa final de la síntesis de giberelinas (Costa, Sabatini, Spinelle, Andreotti, Bomben y Vizzoto, 2004). Para el caso de cítricos (*Citrus paradisi* cv. Duncan, *C. reticulata* Blanco cv. Sun Cha Sha, *C. macrophylla*, *C. aurantium*, *C. paradisi* × *Poncirus trifoliata* y *C. paradisi* injertado en Smooth Flat Seville), dos aplicaciones de 500 mg/l de Pro-Ca, a un pH de 3,5 en intervalos de cuatro semanas, reduce el crecimiento de todos los brotes vegetativos en los primeros tres meses; con esto también se logra la inhibición en un 40 % de la longitud de los brotes (Stover et ál., 2004).

Recomendaciones para el uso de reguladores de crecimiento

Antes de la aplicación de cualquier biorregulador de crecimiento se debe tener presente la especie vegetal, la variedad y su estado fenológico, su edad, la maduración de los brotes y algunas prácticas complementarias como podas, nutrición y agobios, entre otras; así mismo se deben considerar las condiciones ambientales predominantes en la zona del cultivo, ya que estos factores en conjunto inciden en la respuesta de las plantas. Si bien las respuestas iniciales de la aplicación de los inductores son impactantes, se debe recordar también que estos productos en su mayoría son inhibidores o retardantes del crecimiento, por lo

que su uso debe ser restringido, pues las aplicaciones frecuentes pueden ocasionar alteraciones en el crecimiento de las plantas, así como su envejecimiento acelerado.

Polinización

La polinización es el proceso de transferencia del polen desde los estambres hasta el estigma, lo que hace posible la fecundación de las plantas con flores (angiospermas) y, por lo tanto, la producción de frutos y semillas (Ramírez y Lee Davenport, 2013; Apolo-Observatorio de agentes polinizadores, 2014). La polinización puede ser llevada a cabo tanto por vectores bióticos (animales) como abióticos (agua o viento), pero la gran mayoría de plantas con flores dependen de los primeros, principalmente de aquella mediada por insectos (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2014; García, Ríos y Álvarez del Castillo, 2016). Dentro del grupo de insectos, las abejas son los principales polinizadores de la mayoría de los cultivos agrícolas y plantas silvestres.

Importancia del proceso de polinización

La polinización como un proceso biótico tiene valor ecológico y comercial, pues representa un servicio clave para el mantenimiento de la productividad agrícola, que depende tanto de la función de los polinizadores domésticos como de las poblaciones de polinizadores silvestres (Schulp, Lautenbach y Verburg, 2014).

Los cultivos agrícolas varían en sus niveles de dependencia de la polinización animal, desde aquellos para los que es irrelevante (autopolinizados o polinizados por vectores abióticos), hasta los que dependen estrictamente de la polinización animal (Aizen y Harder, 2009).

Los cultivos dependientes de polinización abiótica y las especies de tubérculos representan la principal fuente de energía en la dieta humana; sin embargo, los cultivos polinizados por insectos son críticos para el suministro de proteínas vegetales (soja, aceite de palma, semilla de canola, frijol, arveja), fibra dietaria (hortalizas), vitaminas A y C (frutas y verduras) y, en general, para proporcionar

una dieta equilibrada y variada (Hein, 2009). Además, las gramíneas y leguminosas (alfalfa y tréboles), que requieren polinización para la producción de semilla, hacen parte de la dieta de animales domésticos y, en última instancia, contribuyen de forma indirecta a la dieta humana en productos como la leche y sus derivados, así como la carne de res, cerdo, aves y ovinos (Abrol, 2012).

Gran parte de los alimentos que hoy en día se consumen y comercializan masivamente dependen directa o indirectamente de la polinización realizada por insectos (Schulp et ál., 2014). Actualmente, se estima que la polinización mediada por insectos maximiza los rendimientos del 75 % de las 115 especies de cultivo más importantes a nivel mundial y es responsable de aproximadamente el 35 % de la producción agrícola en el mundo (Klein et ál., 2007; Winfree, Gross y Kremen, 2011; Cunningham y Le Feuvre, 2013). La naturaleza y el alcance de estos beneficios derivados de la polinización pueden variar entre los cultivos, y van desde el aumento de la cantidad y calidad de las frutas o semillas producidas, hasta acelerar el desarrollo del cultivo o el aumento de la diversidad genética del mismo (Breeze, Bailey, Balcombe y Potts, 2011).

En términos económicos, la polinización mediada por insectos reviste una gran importancia. De acuerdo con Melathopoulos, Cutler y Tyedmers (2015) y con Gallai, Salles, Settele y Vaissière (2009), las pérdidas económicas a nivel global como resultado de una falta de polinización animal se estiman en US \$ 212 000 000, o 9,5 % del valor económico de la producción agrícola mundial, considerando sólo los cultivos que se utilizan directamente para la alimentación humana.

Así mismo, la pérdida completa de polinizadores se traduciría en un déficit de producción respecto a los niveles actuales de consumo de 12 % para las frutas y 6 % para las verduras (Potts, Biesmeijer, Kremen, Neumann, Schweiger y Kunin, 2010); aunque estos escenarios de valoración son solo aproximaciones, permiten demostrar la importancia relativa de la polinización por insectos como un insumo agrícola significativo. De otra parte, a pesar de su enorme importancia y de acuerdo con recientes investigaciones, los polinizadores podrían verse afectados por una serie de cambios ambientales, como la pérdida de hábitat y el cambio climático, con consecuencias aún desconocidas para el proceso de polinización (Potts et ál., 2010).

Agentes polinizadores

A nivel mundial, diferentes insectos participan en la polinización de cultivos agrícolas (Tabla 3). Los principales polinizadores son las abejas y cerca del 73 % de los cultivos del mundo son polinizados por alguna especie perteneciente a este grupo (Toni y Djossa, 2015); para el 28 % restante participan polinizadores como moscas, hormigas, avispas, escarabajos, mariposas, polillas, aves y mamíferos, entre otros (Freitas y Pereira, 2004).

De los cultivos que componen la mayor parte del suministro de alimentos a nivel mundial, solo el 15 % son polinizados por abejas gestionadas —principalmente abejas melíferas, abejorros y abejas sin aguijón—; mientras que por lo menos el 80 % son polinizados por abejas silvestres u otros polinizadores silvestres (Abrol, 2012; Sharmah, Khound, Rahman y Rajkumari, 2015).

Existen por lo menos 17 000 especies de abejas nativas o silvestres en el mundo (Michener, 2007). Muchas de estas especies son agentes polinizadores en los agroecosistemas y contribuyen sustancialmente a la polinización de varios cultivos comerciales (como café, sandía, tomate, arándanos, girasoles y fresa, entre otros) beneficiando directamente la producción agrícola (Winfree et ál., 2011).

Las abejas nativas son los principales polinizadores silvestres para los cultivos más dependientes de la polinización animal (Klein et ál., 2007) y en algunas regiones se complementa la actividad de las colmenas de abejas *Apis mellifera* mediante la mejora de la eficacia de la polinización en cultivos donde la actividad polinizadora de la abeja melífera resulta deficiente y al asegurar el proceso ante la escasez de polinizadores (Winfree et ál., 2011).

Si bien no se tiene información precisa de la contribución de los polinizadores silvestres en los agroecosistemas, estos son los responsables de gran parte de la producción en los cultivos donde no hay abejas gestionadas (Klein et ál., 2007). Tal puede ser el caso de la producción agrícola de los países en desarrollo como Colombia, en donde la apicultura se orienta principalmente hacia la producción de miel, el traslado de colmenas para polinización no es una práctica común y la actividad apícola como tal no está muy difundida, en comparación con otras regiones como Europa y Estados Unidos.

Tabla 3 Lista de especies polinizadoras conocidas a nivel mundial en cultivos destinados directamente a la alimentación humana.

Grupo de polinizadores	Especies
Abeja melífera	<i>Apis mellifera</i> L., <i>A. cerana</i> Fabr., <i>A. dorsata</i> Fabr. y <i>A. florea</i> Fabr.
Abejas sin aguijón	<i>Melipona favosa</i> Fabr., <i>M. subnitida</i> Ducke, <i>M. quadrifasciata</i> Lepeletier, <i>Nanotrigona perilampoides</i> Cresson, <i>N. testaceicornis</i> Lepeletier, <i>Trigona cupira</i> Sm., <i>T. iridipennis</i> Smith, <i>T. (Lepidotrigona) terminata</i> Smith, <i>T. (Tetragonoula) minangkabau</i> Sakagami, <i>T. toracica</i> Smith <i>Scaptotrigona depilis</i> Moure.
Abejorros	<i>Bombus affinis</i> Cresson, <i>B. californicus</i> F. Smith, <i>B. hortorum</i> L., <i>B. hypnorum</i> L., <i>B. impatiens</i> Cresson, <i>B. lapidarius</i> L., <i>B. (Thoracobombus) pascuorum</i> Scop., <i>B. sonorus</i> L., <i>B. terrestris</i> L. y <i>B. vosnesenskii</i> Radoszkowski.
Abejas solitarias	<i>Amegilla chlorocyanea</i> Cockerell, <i>A. (Zonamegilla) holmesi</i> Rayment, <i>Andrena ilderda</i> Cam., <i>Anthophora pilipes</i> Fabr., <i>Centris tarsata</i> Smith, <i>Creightonella frontalis</i> Fabr., <i>Habropoda laboriosa</i> Fabr., <i>Halictus tripartitus</i> Cockerell, <i>Megachile (Delomegachile) addenda</i> Cresson, <i>M. rotundata</i> Fabr., <i>Osmia aglaia</i> Sandhouse, <i>O. cornifrons</i> Radoszkowski, <i>O. cornuta</i> Latreille, <i>O. lignaria</i> Say, <i>O. lignaria propinqua</i> Cresson, <i>O. ribiflora</i> Cockerell, <i>Peponapis limitaris</i> Cockerell, <i>P. pruinosa</i> Say, <i>Pithitis smaragdula</i> Fabr., <i>Xylocopa (Zonohirsuta) dejeanii</i> Lepeletier, <i>Xylocopa frontalis</i> Oliver y <i>Xylocopa suspecta</i> Moure.
Avispas	<i>Blastophaga psenes</i> L.
Mosca de la flor y otras moscas	<i>Eristalis cerealis</i> Fabr., <i>E. tenax</i> L. y <i>Trichometalea pollinosa</i> Townsend.
Trips	<i>Thrips hawaiiensis</i> Morgan y <i>Haplothrips (Haplothrips) tenuipennis</i> Bagnall.
Aves	<i>Turdus merula</i> L. y <i>Acridotheres tristis</i> L.

Fuente: Abrol, (2012).

En áreas tropicales de Latinoamérica y el Caribe existen miles de especies polinizadoras nativas y silvestres en los paisajes agrícolas, donde se satisfacen sus necesidades de hábitat y son suficientes para polinizar los cultivos (Winfrey, 2008); no obstante, en los últimos años, la intensificación en los agroecosistemas en algunas regiones, caracterizada por la presencia de grandes plantaciones de monocultivos y el uso intensivo de agroquímicos, ha ocasionado que estos paisajes sean cada vez más limitantes para los polinizadores silvestres.

Cabe resaltar que varios autores coinciden en afirmar que para asegurar un servicio de polinización estable en los agroecosistemas, los paisajes deben contribuir a mantener las poblaciones de polinizadores silvestres mediante el suministro de recursos para la alimentación, anidación e hibernación (Rollin et ál., 2013;

Ricou, Schneller, Amiaud, Plantureux y Bockstaller, 2014); en este sentido, la abundancia de polinizadores y, en consecuencia, la tasa de visitas y el éxito de la polinización se ve favorecido por la presencia de hábitats seminaturales, bordes de bosques o elementos del paisaje que se encuentren cerca de los campos de cultivo (Schulp et ál., 2014).

Finalmente, mediante el trabajo adelantado por el Subproyecto Mango, Naranja y Mandarina en las provincias del Tequendama y Alto Magdalena, se pudo constatar que aún existe diversidad de abejas nativas, entre las que se encuentran las especies *Tetragonisca angustula*, *Scaptotrigona* sp., *Melipona ebúrnea*, *Plebeia* sp., *Oxytrigona daemoniaca*, *Nannotrigona* sp., *Paratrigona* sp. y *Frieseomelitta* sp., las cuales en su totalidad prestan servicio de polinización en las zonas evaluadas. Sin embargo, dentro de las especies identificadas, algunas son de difícil manejo (como *Oxytrigona* sp.) y otras no son productoras de recursos secundarios como miel (*Plebeia* sp.).

Importancia de la conservación de polinizadores en los agroecosistemas

La importancia de los servicios de polinización en los agroecosistemas ha sido bien documentada. Entre los aproximadamente 300 cultivos comerciales, alrededor del 84 % son polinizados por insectos (Abrol, 2012); a su vez, estos insectos polinizadores son responsables de un 80-85 % del total de hectáreas de polinización comerciales, entre frutas, verduras, semillas oleaginosas, leguminosas y forrajes (Allsopp, de Lange y Veldtman, 2008; Abrol, 2012), lo que representa aproximadamente un tercio de la producción mundial de alimentos (Klein et ál., 2007).

De otra parte, el 22,6 % de la producción agrícola en el mundo en desarrollo y el 14,7 % de la producción agrícola en el mundo desarrollado, dependen directamente de la polinización animal, hasta cierto punto (Aizen et ál., 2008); y el valor de la polinización por insectos para la agricultura es aproximadamente el mismo para la Unión Europea (€ 14 200 000, US \$ 19 800 000) y Norteamérica (excluyendo a México) [€ 14 400 000, US \$ 20 100 000] (Gallai et ál., 2009).

Debido a la enorme importancia de la polinización para la agricultura, el alquiler de colmenas de abejas para suplir o complementar la actividad de los polinizadores silvestres es una práctica cada vez más común. Por ejemplo, en el cultivo de almendro en Estados Unidos se ha estimado un incremento en el rendimiento de la producción de € 1000 por cada colmena introducida (son necesarias entre cinco y ocho colmenas por hectárea).

En Nueva Zelanda, la demanda de colmenas para polinizar kiwis se ha incrementado en un 5000 % en los últimos 15 años. En Chile, se estima que se generan entre 9 y 16 millones de dólares de ganancias gracias a la polinización por las abejas domésticas, y el pago por polinización constituye el 50 % de los ingresos del apicultor (Apolo, 2014; FAO, 2014).

En la actualidad, la evidencia revela que la demanda mundial de cultivos que dependen de polinizadores puede superar la capacidad agrícola y ecológica para facilitar la polinización (Aizen et ál., 2009). Durante el último medio siglo, la producción agrícola que es independiente de la polinización animal se ha duplicado, y ha igualado aproximadamente a la creciente demanda de alimentos impuestas por el crecimiento de la población humana (Eilers et ál., 2011); por el contrario, la producción agrícola que requiere polinización animal (en su mayoría frutas y frutos secos de zonas tropicales y subtropicales), aumentó casi cuatro veces (Aizen et ál., 2008). Este rápido aumento de la producción agrícola dependiente de la polinización es muy superior al de la población mundial de abejas domesticadas y, además, podría poner en riesgo las poblaciones de polinizadores silvestres al acelerar la destrucción del hábitat (Aizen y Harder, 2009).

Captura y traslado de abejas nativas

Durante las últimas dos décadas, algunos trabajos han descrito las características y desarrollo de la meliponicultura a nivel global, en varios países de América Latina y en menor proporción en otros continentes. Así mismo, un cuerpo creciente de trabajos sobre biología básica, comportamiento, taxonomía y distribución de meliponinos han dado paso a la investigación aplicada, lo que resulta en el desarrollo de nuevas tecnologías de cría y manejo, que incluyen el diseño de

colmenas, la selección de especies, la cría de reinas y el desarrollo de protocolos para cosecha y manejo de la miel, entre otros (Nates-Parra, 2016).

La captura y traslado de abejas nativas se plantea como una estrategia para la conservación de los polinizadores nativos en las provincias del Tequendama y Alto Magdalena. En la mayoría de las zonas, a pesar del desconocimiento del servicio prestado por esta clase de insectos y su importancia para la agricultura, se debe incentivar la implementación de la tecnología con las condiciones medioambientales actuales.

En cuanto al hábitat de los polinizadores, la conservación de áreas de vegetación nativa dentro de los predios cultivados es un factor de gran importancia para la preservación de especies polinizadoras como las abejas nativas, pues en estas áreas las abejas obtienen los recursos necesarios para su alimentación, anidación e hibernación.

El correcto funcionamiento de la tecnología, luego de la instalación de cajas racionales trasladadas, depende principalmente del manejo que se haga al cultivo. Se deben tener en cuenta aspectos como el manejo ambiental responsable, la delimitación de zonas de conservación de bosques y el correcto uso de insecticidas y herbicidas, en busca de la supervivencia de las abejas luego de su traslado y movimiento en busca de flores objetivo, como las de mango.

El clima es una variable importante para el funcionamiento de esta tecnología. Las condiciones climatológicas extremas, como sequías o temporadas de lluvias marcadas, no actuarán a favor del éxito de esta gestión de polinizadores; el comportamiento climático normal sin alteraciones será suficiente para promover la captura de abejas nativas sin aguijón; las anomalías climáticas, como el fenómeno del Niño, con temporadas de sequías marcadas, como La Niña, consistentes en temporadas anormales de lluvias fuertes, pueden dificultar el desarrollo de las poblaciones de abejas polinizadoras.

Instalación de colmenas de abejas nativas

Inicialmente, se deben implementar botellas trampa para la captura de las abejas nativas. Estas no deben proceder de sitios naturales, a no ser que los insectos

polinizadores estén en riesgo, como por la tala de árboles. Una vez capturadas las abejas, se procede a trasladarlas a colmenas de madera; finalmente, las botellas se reutilizan para la captura de más insectos, ya que estos dispositivos son altamente atractivos y seguramente serán ocupados nuevamente por otra colonia. Por otro lado, se aconseja transportar las colonias en botellas trampa o colmenas de madera, en horas de la noche —esto para no perder abejas— y ubicarlas, en lo posible, a mínimo 200 metros de distancia de su sitio original.

Elaboración de señuelos (trampas) para captura de abejas nativas sin aguijón.

En la elaboración de señuelos para la captura de colonias de abejas nativas sin aguijón, se propone el protocolo citado por Oliveira et ál. (2013). Este procedimiento consiste en el uso de botellas plásticas recicladas de dos a tres litros, las cuales deben ser impregnadas en su interior con propóleo o cerumen diluido en alcohol (Figura 5). Posteriormente, las botellas se recubren con un material aislante (como papel periódico) para mantener la temperatura, y con plástico negro para impedir que entre la luz a su interior. Adicionalmente, se abre un orificio en la tapa de cada botella, el cual actúa como la entrada de las abejas al interior. A continuación se describen los materiales y actividades necesarias para la elaboración de las trampas.

Materiales para la elaboración de señuelos

- Botellas recicladas (dos a tres litros) con tapa.
- Papel periódico.
- Plástico negro.
- Atrayente (cera y/o propóleos de abejas).



Figura 5 Botellas preparadas para la instalación en campo.
 Fuente: Equipo CTA-2, Subproyecto Mango, Naranja y Mandarina (2018).

Procedimiento para la elaboración de señuelos

- Lavar y dejar secar las botellas.
- Colocar una capa de periódico.
- Poner una capa de plástico y sellar en el cuello de la botella.
- Aplicar el atrayente dentro de las botellas y tapar. Se debe hacer una perforación de $\frac{1}{2}$ " en la tapa.

Instalación de señuelos

Los señuelos se cuelgan en los árboles no frutales, en áreas de bosque conservado, a alturas de entre uno y dos metros. Las trampas deben colocarse en posición horizontal y amarrarse con cuerda plástica y/o alambre dulce resistente; se debe dejar la tapa de la botella en una posición en la que no sea posible la entrada de agua en caso de lluvia, como se ve en la Figura 6 y la Figura 7.



Figura 6 Técnico haciendo el montaje de una trampa en un árbol no frutal.

Fuente: Equipo CTA-2, Subproyecto Mango, Naranja y Mandarina (2018).

Proceso de traslado de colonias a cajas racionales

Una vez el proceso de captura con las trampas es efectivo, se procede al traslado de los nidos de abejas a cajas racionales diseñadas para su manejo. A continuación se presenta el proceso de traslado de colmenas desde los señuelos efectivos a las cajas racionales.

La finalidad de instalar y trasladar colonias capturadas, es inducir la polinización durante épocas de floración. Con esto es posible obtener mayor rendimiento del cultivo, ya sea por el incremento del número de frutos y por posibles mejoras en su calidad, lo cual conllevará a obtener mayores beneficios económicos. De otra parte, aunque el beneficio más importante de las abejas es la polinización, se debe tener en cuenta que se pueden obtener otros productos de la colmena como miel, cera y propóleos, entre otros, los cuales son altamente valorados.



Figura 7 Instalación correcta de una trampa para la captura de nidos de abejas sin aguijón.
Fuente: Equipo CTA-2, Subproyecto Mango, Naranja y Mandarina (2018).

Materiales para el traslado de abejas nativas

- Colmenas de madera (cajas racionales).
- Recipiente plástico o de vidrio de tamaño medio para poner recipientes de miel.
- Un recipiente con agua para lavarse las manos y los materiales que se usen de miel.
- Cinta de enmascarar de buena calidad y adherencia para cerrar las aberturas de la colmena.
- Cuchillo o navaja para abrir la botella trampa, cortar y retirar la cría, cera y potes de la colonia.

- Brocha suave para barrer abejas de la botella a la nueva caja racional.
- Cuerda o alambre para colgar la colmena en el sitio en donde se encontraba la trampa botella.

Traslado de abejas e Instalación de colmenas de madera

1. Antes del traslado se deben tener listos los materiales recomendados; posteriormente se descuelga la botella con cuidado manteniéndola en la misma posición en que se encontraba. La botella no se debe girar ni invertir, ya que se puede llegar a matar la cría. Es importante recordar en qué dirección se encuentra la entrada, con el fin de ubicar posteriormente la colmena de madera.
2. Retirar la estructura de entrada de las abejas (tubo) y colocarla aparte; seguido a esto, la estructura se pondrá en la entrada de la colmena de madera para que las abejas puedan identificarla por el olor.



Figura 8 a) Retiro de la estructura de entrada de las abejas en una colonia colectada en trampa.
b) Retiro de plástico de trampa colectora de abejas.

Fuente: Equipo CTA-2, Subproyecto Mango, Naranja y Mandarina (2018).

3. Retirar la abrazadera o el cordón ubicado en la boca de la botella para liberar la bolsa negra y el papel periódico. Esto tiene que hacerse suavemente para no dañar la estructura interna del nido (Figura 8a).
4. Realizar un corte cuidadoso y muy superficial en la botella con el cuchillo o navaja para no maltratar las estructuras internas del nido. El corte debe hacerse de tal manera que se pueda abrir una puerta para acceder al nido que posteriormente podrá ser cerrada para reutilizar la botella trampa (Figura 8b).
5. Posteriormente, se debe identificar el área de cría; liberarla y retirarla completamente mediante un corte alrededor de esta área, empleando el cuchillo. Si esto no es posible, se debe retirar el área de cría por secciones, y acomodarlas en la nueva colmena, en la misma posición como se encontraban en la botella. Es posible que la mayoría de las abejas de la colmena se encuentren volando alrededor, lo que es un comportamiento normal, ellas luego podrán regresar a la nueva colmena; es importante tener precaución para perder el menor número de abejas posible (Figura 9).



Figura 9 a) Apertura de trampa para extracción del nido. b) Retiro del área de cría para traslado.
 Fuente: Equipo CTA-2, Subproyecto Mango, Naranja y Mandarina (2018).

6. Una vez ubicada la cría en la nueva colmena, se proceden a trasladar los potes de alimento y la cera que se encuentra en la botella. Se debe tener la precaución de retirar los potes de alimento con cuidado para no romperlos y evitar al máximo derramar alimento en la nueva caja, ya que esto

puede atraer insectos que atacan a las abejas residentes. Es recomendable trasladar la mayor cantidad de alimento posible y de cera, esto debido a que las abejas reciclarán todo este material que les permitirá desarrollarse adecuadamente en su nuevo hogar (Figura 10).



Figura 10 a) Traslado de cría a una colmena racional. b) Traslado de cría, alimento y recubrimiento (cera) a una colmena racional.

Fuente: Equipo CTA-2, Subproyecto Mango, Naranja y Mandarina (2018).



Figura 11 a) Nido de abejas nativas sin aguijón en colmena racional. b) Proceso de cierre de colmena posterior al traslado.

Fuente: Equipo CTA-2, Subproyecto Mango, Naranja y Mandarina (2018).

7. En la botella quedarán abejas. Estas por lo general son muy jóvenes y no pueden volar; para trasladarlas a la nueva colmena, se recomienda revisar que la reina no se encuentre entre ellas y barrerlas utilizando una brocha o sacudirlas dentro de la colmena. En caso de encontrar a la reina, esta debe ser acercada a su nido incitándola a caminar a él; la abeja reina no se

- debe tocar con ningún objeto ni ser manipulada, ya que se puede lastimar o impregnar de otros olores, lo que provoca que la colmena la rechace.
8. Una vez se han trasladado las abejas a la nueva colmena, esta se tapa y se sellan sus uniones con cinta de enmascarar (Figura 11).
 9. Tome el tubo de entrada que retiró en el paso dos, y colóquelo en la nueva entrada de la colmena; este tubo contiene aromas característicos y promoverá la ubicación de las abejas que se encuentren fuera (Figura 12b).
 10. La colmena de madera debe ser trasladada al lugar original de donde se retiró la botella trampa; esta última se debe colgar con el alambre o la cuerda, procurando ubicar la entrada en la misma posición en la cual estaba. Esto ayudará a la ubicación de las abejas que se encontraban en campo cuando la colmena fue retirada (Figura 12a).
 11. Se recomienda dejar la botella trampa abierta unos días de tal manera que otras abejas puedan limpiar el interior. Seguido a esto, se procede a reconstruir la botella trampa colocando papel periódico y plástico negro de recubrimiento, que se amarra en la tapa de la botella con alambre o cuerda, y finalmente se cuelga en otro árbol (Figura 12c).

Cabe resaltar que la principal plaga de las abejas es la mosca conocida como foridio; la cual se caracteriza por ser bastante pequeña y ágil. La mosca es atraída



Figura 12 a) Colonia instalada de abejas nativas sin aguijón. b) Entrada de la colonia instalada. c) Sellado de trampa para reutilización en la captura de abejas nativas sin aguijón.

Fuente: Equipo CTA-2, Subproyecto Mango, Naranja y Mandarina (2018).

por los olores al interior de la colmena y puede provocar la muerte de la colonia en un lapso de ocho días. Una vez iniciada una infestación por foridio, esta no podrá ser detenida con facilidad; para evitar esto, la colmena debe quedar muy bien sellada, y se debe evitar realizar los traslados en épocas lluviosas o en días muy nublados.

Manejo integrado de enfermedades

En huertos citrícolas, las pérdidas económicas por causa de enfermedades ocasionan efectos como la ausencia de unidades productivas por unidad de área, alteración de procesos fisiológicos, disminución en los rendimientos y pérdida de calidad de la fruta. El desarrollo de oportunas prácticas de manejo de cultivo conjugado con las condiciones agroecológicas de la zona determina la respuesta del cultivo a la aparición de enfermedades. Bajo estas consideraciones, se hace necesario implementar esquemas de manejo preventivo que garanticen la sanidad del cultivo y contribuyan a la sostenibilidad ambiental.

A continuación, se describen las enfermedades recurrentes en huertos comerciales de cítricos del departamento de Cundinamarca, haciendo referencia a síntomas y aspectos generales para su manejo. Esta información es útil para la identificación de síntomas en campo; sin embargo, no es suficiente para determinar la etiología de la enfermedad sin un previo diagnóstico por parte de un laboratorio acreditado.

Tristeza o CTV (*Citrus tristeza closterovirus*)

Entre los vectores están los áfidos (*Toxoptera citricida* Kirk., *Aphis gossypii*); los síntomas son variables, dependiente del ambiente, hospedero y severidad del virus. En naranjo se da un ligero bronceado en las hojas, con aspecto coriáceo y quebradizas; presentan amarillamiento de la nervadura principal o progresivo de las hojas viejas, y secamiento progresivo de las ramas a partir de las extremidades

Antracnosis (*Colletotrichum* sp.)

Esta enfermedad se reportó en Colombia por primera vez a finales del año 1979 (Castro, Timmer, Leguizamón, Müller y Corrales, 2000). Es causada por especies del género *Colletotrichum* sp. Se caracteriza por afectar principalmente los órganos florales de la planta, lo que ocasiona la pérdida de botones florales y la caída prematura de frutos en formación, así como la muerte de tejidos jóvenes (Neto, Filho, Stuch y Sposito, 2016). El ataque de esta enfermedad varía en función del clima; es crítica en épocas de lluvia seguida de tiempos secos prolongados, generalmente durante el período de floración-fructificación. Al ser una enfermedad condicionada por eventos climatológicos, la interacción de la copa con el portainjerto no es determinante para su desarrollo. Las condiciones ambientales óptimas para su desarrollo son una alta humedad relativa del 90 % y temperaturas entre los 23 y los 28° C (Aguilera, Civera y Fortí, 2016).

Los síntomas de la enfermedad se evidencian fácilmente en los pétalos de las flores. Inicialmente presentan una necrosis color marrón que aumenta gradualmente y ocasiona múltiples síntomas en el racimo floral, desde pétalos totalmente necrosados hasta desprendimiento de frutos en formación (Figura 13a y Figura 13b) [Timmer, Mondal, Peres y Bhatia, 2004; Orozco-Santos et ál., 2006; Valarezo et ál., 2014; Aguilera et ál., 2016].



Figura 13 Síntomas de antracnosis en cítricos. a) Pétalos necrosados. b) Necrosis en fruto y pedúnculo floral descubierto.

Fuente: a) Velásquez, H. b) Pisco-Ortiz, C.

Acciones de prevención y manejo

Se recomienda evaluar la incidencia de la enfermedad previamente a la decisión de control. A bajas incidencias se deben realizar aplicaciones preventivas de fungicidas, con benzimidazoles y estrobilurinas, al comienzo de la floración y 15 días después. En ataques severos, las aspersiones deben intensificarse en intervalos de 10 días, rotando los principios activos (Arias, 2012). Otras prácticas de manejo consisten en desarrollar podas sanitarias, y remover residuos de cosecha y restos del cultivo.

Mal rosado (*Corticium* sp.)

El mal rosado es una enfermedad causada por el hongo *Corticium* sp. Se ha reportado que infecta a especies de cítricos, palma, cacao, café y aguacate (Castro et ál., 2000). Los síntomas de esta enfermedad son poco frecuentes y se encuentran asociados a escasas intervenciones de manejo agronómico. El principal órgano afectado son las ramas internas de los estratos superiores de árboles adultos. Externamente se observa la depresión y agrietamiento de la corteza, que finaliza con la aparición de una masa micelial de color blanco a rosa sobre la superficie de los tejidos (Figura 14a) [Poltronieri, Trindade, Albuquerque y Duarte, 2002]. Las hojas de las ramas terminales afectadas se tornan cloróticas y secas debido a que el patógeno penetra la corteza y ocasiona el taponamiento de los haces vasculares, lo que seca las ramas (Figura 14b) [Timmer, 2000].

Acciones de prevención y manejo

La principal práctica de manejo consiste en tratar el área afectada con fungicidas cúpricos; estas aplicaciones son efectivas cuando se presentan los síntomas iniciales de la enfermedad. Sin embargo, en estados avanzados y presencia de signos del patógeno es usual asperjar sobre la lesión una pasta a base de fungicidas 48 horas antes de eliminar la rama del árbol. Esta práctica usualmente se realiza para evitar la dispersión del hongo. Otras prácticas de tipo preventivo están orientadas a facilitar la aireación y entrada de luz hacia el interior de la copa del árbol.



Figura 14 Daño y presencia de micelio rosa en ramas infectadas por mal rosado.

Fuente: Pisco-Ortiz.

Phytophthora spp.

El género *Phytophthora* sp. puede ocasionar daños en plantas de vivero y árboles en estado de desarrollo vegetativo y productivo. Generalmente, los árboles infectados por este patógeno manifiestan un conjunto diferente de síntomas en el sistema radical, tallos, ramas y frutos (Vicent, Mira y Dalmaut, 2014). El síntoma más común, es la exudación de goma pegajosa y reblandecimiento de la corteza en la base del portainjerto, que en ocasiones se extiende hasta la inserción con la copa (Figura 15a y Figura 15b). Otro síntoma característico es la presencia de chupones con necrosis descendente en árboles afectados por la enfermedad (Figura 15c). En ramas, los síntomas se presentan como abultamientos de la corteza que producen agrietamientos longitudinales y muerte de brotes terminales (Figura 15d y Figura 15e). Internamente el tejido se necrosa formando canchales en tallos y ramas (Figura 15f), que pueden ocasionar la muerte del árbol.



Figura 15 Síntomas por *Phytophthora* spp. a) Gomosis y necrosis en portainjerto. b) Lesión en unión portainjerto-patrón. c) Necrosamiento descendente en chupones. d) Lesión en ramas. e) Muerte de brotes terminales. f) Cancro en tallo.

Fuente: a), d) y e) Velásquez. b), c) y f) Pisco-Ortiz.

Acciones de prevención y manejo

En general se recomienda evitar excesos de humedad en el suelo que propicien la diseminación del patógeno por la lámina de agua; evitar daños mecánicos por labores de poda y cosecha; emplear portainjertos tolerantes a la enfermedad; mantener el área del pie del árbol libre de daños por comején y termitas. Adicionalmente, si se presenta una alta incidencia de lesiones en tallos y ramas, se debe realizar cirugía y tratamientos con fungicidas sobre la superficie del tejido.

Fumagina (*Capnodium* sp.)

La fumagina es causada por el hongo *Capnodium* sp. y se produce como efecto secundario de las secreciones generadas por insectos chupadores, como afidios, cochinillas y mosca blanca (Arias, 2012). Estas secreciones son ricas en azúcares, lo que propicia un sustrato ideal para el desarrollo del hongo. La enfermedad puede convertirse en un problema crítico para el desempeño agronómico del cultivo, como consecuencia de la disminución de la tasa fotosintética (American Phytopathological Society [APS], 2000).

Los síntomas, que son fácilmente reconocibles, se caracterizan por la presencia de una lámina oscura y seca sobre la superficie de hojas, ramas y frutos (Figura 16).



Figura 16 Síntomas de fumagina en hojas de naranjo.

Fuente: Campos (2018).

Acciones de manejo

La eficiencia en el control de este problema fitosanitario se fundamenta en reducir la densidad de la población plaga por debajo del umbral de daño. Es habitual el uso de hongos entomopatógenos y aceites minerales (Timmer et ál., 2000). El uso de insecticidas varía de acuerdo a la plaga objetivo, mientras que para el control del hongo se deben realizar aspersiones de fungicidas cúpricos para evitar la diseminación. Como práctica cultural se deben eliminar las ramas afectadas para promover la aireación y la entrada de luz.

Enemigos naturales

Los insectos y ácaros, potencialmente plagas que generan daños en los cultivos de cítricos, poseen una gran cantidad de enemigos naturales, además de factores ambientales y climáticos adversos, que reducen sus poblaciones sin la intervención del hombre; esto es denominado control natural.

Los enemigos naturales se clasifican como parasitoides, depredadores y entomopatógenos; estos organismos benéficos contribuyen a la disminución de las poblaciones, y limitan el potencial de reproducción y muerte de insectos plaga, lo que disminuye en gran medida el daño en los cultivos. Conocerlos es muy importante para que sean incorporados en los programas de manejo integrado de plagas en cualquier cultivo y región. Los huertos de cítricos albergan diversa variedad de animales y vegetales, lo que genera un equilibrio ecológico, tanto de insectos plaga como benéficos (León y Kondo, 2017).

Parasitoides

Los parasitoides son insectos que poseen una biología intermedia entre un parásito verdadero y un depredador (León y Kondo, 2017); viven a expensas de otro y le causan la muerte.



Figura 17 a) Larvas de *Erinnyis ello* parasitadas por *Euplectrus* sp. b) Ninfa de *D. citri* parasitada por *T. radiata*.

Fuente: Campos (2018).

Casi todas las especies de insectos plaga tienen al menos una especie de insecto que los parasita (Figura 17a). En los insectos se presentan naturalmente diferentes tipos de parasitismo: *ectoparasitoides*, que se desarrollan fuera o sobre el insecto hospedero (Figura 17b), y *endoparasitoides*, que se desarrollan dentro del cuerpo del insecto hospedero. Actualmente se conocen más de 300 000 especies de parasitoides (Flint y Dreistadt, 1998). La gran mayoría pertenece al orden Hymenoptera (avispas) y Diptera (moscas), que parasitan huevos, larvas, ninfas y adultos de insectos dañinos (León y Kondo, 2017).

Depredadores

Son insectos o ácaros que se alimentan matando a sus víctimas o presas para sobrevivir (Figura 18a); no persiguen una presa determinada, atacan diferentes especies para alimentarse, y su movilidad hace que sean muy eficaces en poblaciones de baja densidad (Figura 18b). Los órdenes de insectos depredadores más importantes en el control de insectos dañinos en el cultivo de cítricos pertenecen a Coleóptera (cucarrones), Diptera (moscas), Hymenoptera (avispas y hormigas), Hemiptera (chinchas) y Neuróptera (crisopas), además de algunas familias de arañas y ácaros de las familias Phytoseiidae, Tydeidae, Bdellidae, Stigmaeidae y Cheyletidae, que abundan en huertos de cítricos; la mayoría depredan insectos dañinos en el cultivo.



Figura 18 a) Araña de la familia Salticidae depredando una mosca. b) Larva del díptero *Baccha* sp. depredando ninfas de áfidos *Toxoptera citricida*.

Fuente: Campos (2018).

Entomopatógenos

Entre los entomopatógenos que afectan a los artrópodos se encuentran bacterias, virus, hongos, nematodos y protozoarios; están siempre presentes en los ecosistemas y causan enfermedades en condiciones naturales o en cultivos. Controlan totalmente a las poblaciones de insectos plaga cuando las condiciones naturales favorecen su desarrollo, y algunos están disponibles en forma de productos fabricados en el mercado, en formulaciones de insecticidas biológicos.

Los insecticidas a base de entomopatógenos poseen características que los hacen muy atractivos para los agricultores, pues no son tóxicos para los humanos ni para otros vertebrados; muchos afectan plagas dañinas específicas y son inocuos para los insectos benéficos, se descomponen de forma rápida en el ambiente y no crean resistencia en los insectos dañinos. Por ser organismos vivos requieren de cuidado en su almacenamiento y conservación.

Bacterias

Son organismos microscópicos unicelulares, que pueden causar infecciones leves en los insectos, o bien encontrarse presentes en sus cadáveres, aunque solo en algunos casos son la causa primaria de mortalidad; se alimentan principalmente de materia orgánica u organismos vivos. Se han identificado más de

100 especies de bacterias con acción entomopatógena, pero solo las del género *Bacillus* son utilizadas comercialmente para el control de larvas de lepidóptera; el *Bacillus thuringiensis* es el producto más conocido y vendido de este grupo (Brechelt, 2004). Las bacterias deben ser ingeridas por el insecto para que desate la infección y el insecto muera. Los principales síntomas por infección de bacterias consisten en cese de la ingesta, parálisis del intestino, pérdida de movilidad, vómito, diarrea, parálisis total y finalmente la muerte. Las larvas presentan un color negro y se descomponen produciendo un olor fétido, característico de las infecciones por bacterias.

Existen otros géneros de bacterias entomopatógenas: *Serratia* y *Pseudomonas*, de amplio rango de acción sobre el control de insectos, pero no han sido consideradas como bioplaguicidas por su acción sobre otros animales (León y Kondo, 2017).

Hongos

Son organismos multicelulares que producen una patogénesis letal en artrópodos (insectos y ácaros). Están compuestos por estructuras llamadas *hifas*, que conforman el *micelio* (Figura 19a), el cual crece dentro del hospedero; su modo de entrada es a través de la cutícula, por procesos físicos, y también mediante la participación de enzimas que degradan la cutícula de su hospedante. Su dispersión en los ecosistemas se realiza mediante conidios (Figura 19b), que se dispersan por agua, aire, suelo, plantas, equipos, insectos y de forma antrópica (por el hombre). Existen más de 700 especies reunidas en 100 géneros de hongos asociados con los insectos. (Lecuona, 1996). Los hongos entomopatógenos más conocidos y utilizados comercialmente son *Beauveria bassiana*, *Metharizium anisopliae*, *Verticillium lecanii* y *Cordyceps* sp., los cuales afectan insectos en diferentes estados de desarrollo. Los hongos no necesitan ser consumidos por el insecto, es suficiente con su contacto.

Virus

Los virus entomopatógenos son organismos submicroscópicos que son considerados parásitos obligados, debido a que necesitan un organismo vivo para



Figura 19 a) Adulto de *D.citri* atacada por hongo. b) Ninfas de *Praelongorthezia praelonga* afectada por el hongo *colletotrichum sp.*

Fuente: Campos (2018).

poder multiplicarse y diseminarse en los ecosistemas. Entran al hospedante con la ingestión de alimento contaminado con cuerpos de inclusión del virus. Los estados larvales son los más susceptibles a la infección. Ya dentro del insecto, inician su replicación hasta causarle la muerte, lo cual ocurre a partir del sexto o séptimo día, dependiendo de la cepa viral. Según Entwistle (1983) existen 1270 asociaciones descritas entre insectos y virus, las cuales han sido ampliamente estudiadas, especialmente los baculovirus. Los virus están presentes en el ambiente de forma natural y pueden ser diseminados por el aire, agua, plantas, insectos y aves. Han sido aislados, multiplicados en los laboratorios y formulados para ser aplicados como control microbiano en diferentes cultivos. Presentan buenas características agronómicas y seguridad para la salud humana, ya que son específicos para invertebrados (Lecuona, 1996).

Insectos potencialmente plagas asociadas al cultivo de cítricos

Compsus sp. (picudo de los cítricos)

Es uno de los insectos plaga de mayor importancia para el cultivo de cítricos, tanto a nivel nacional como en diferentes países productores. O'Brien y Peña

(2012) reportan que, para Colombia, los picudos más frecuentes pertenecen al género *Compsus*: *C. obliquatus* y *C. viridivittatus*. Presentan una doble acción como plaga; por un lado, su estado adulto se alimenta del follaje del árbol hospedero, mientras que su estado larvario se alimenta inicialmente de raicillas y pelos absorbentes para después consumir raíces más gruesas; llega a alimentarse de la epidermis y cortezas de las raíces secundarias y pivotantes. Este ataque por parte de la larva no solo afecta el rendimiento (tamaño y calidad del fruto), también genera susceptibilidad en la planta para el desarrollo de enfermedades de suelo causadas por patógenos como *Ceratocystis fimbriata* y *Rosellinia necatrix*, entre otros. La profundidad a la que pueden permanecer las larvas bajo el suelo oscila según las condiciones del mismo, pero se halla en el rango de 3 a 95 cm (Peñaloza y Días, 2004).

Hormigas cortadoras

Las hormigas cortadoras —o arrieras—, más importantes en los cultivos son: *Atta cephalotes*, *A. sexdens*, *A. colombica*, *Acromirmex aspersus*, *A. landolti* y *A. rugosus*, ya que poseen una gran capacidad de defoliación (Figura 20a). Estas hormigas representan una de las grandes limitantes en la producción de plantas cultivadas como frutales, hortalizas, gramíneas, yuca, café y plátano, entre otros (Figura 20b), debido a su hábito de alimentación polífago, cuyos daños aún no están cuantificados (Della Lucia, 2003). El género *Atta* es el de mayor presencia en Colombia (70 a 80 %) mientras que el *Acromyrmex* representa una minoría (20 a 30 %) (Rodríguez, Calle y Montoya-Lerma, 2008). Su daño se caracteriza por cortes semicirculares en las hojas y pueden llegar a defoliar totalmente los árboles, lo que causa retrasos en su desarrollo y pérdidas en las cosechas; las defoliaciones severas y consecutivas pueden causar la muerte de los árboles.

Áfidos o pulgones

Los áfidos o pulgones son pequeños insectos de la familia Aphididae, que se alimentan de los rebrotes tiernos, las yemas florales y los frutos recién cuajados; extraen su savia y causan entorchamientos, deformaciones y el retraso en el desarrollo de los árboles (Figura 21).



Figura 20 a) Hormigas arrieras realizando cortes sobre hojas de cítricos. b) Árbol de cítricos defoliado totalmente por hormigas cortadoras.

Fuente: Campos (2018).



Figura 21 a) Áfido *Toxoptera citricida* sobre yema floral. b) Áfido *Aphis spiraeola*.

Fuente: Campos (2018).

Los áfidos producen secreciones azucaradas que sirven como sustrato para el hongo *Capnodium*, agente causal de la fumagina. Esta se desarrolla sobre la superficie las hojas formando una especie de capa de color negro que puede llegar a cubrirlas completamente (Figura 22), lo que no permite el desarrollo de la fotosíntesis en las plantas y causa su caída; en frutos da un aspecto desagradable que reduce su calidad y valor comercial.

Los áfidos en poblaciones muy altas se asocian con hormigas, las cuales se alimentan de las secreciones dulces que estos generan y limitan el control natural ejercido por predadores y parásitos. La mayor limitante de la presencia de áfidos o pulgones en los cultivos de cítricos radica en que algunas especies



Figura 22 Hojas afectadas por el hongo *Capnodium* sp., agente causal de la fumagina.
Fuente: Campos (2018).

son transmisoras de enfermedades virales. Es el caso del áfido *Toxoptera citricida*, transmisor del virus de la tristeza en cítricos.

Escamas

Las escamas son insectos que pertenecen al orden Hemiptera; entre las familias más frecuentes en cultivos de cítricos están: Coccoidae, Diaspididae, Margarodidae, Ortheziidae y Pseudococcidae. Poseen un aparato bucal chupador con el cual extraen la savia de las plantas; viven principalmente en colonias y están presentes en todos los órganos de los árboles: hojas, tallos, frutos y raíces.



Figura 23 a) *Coccus* sp. b) *Saisetia oleae*. c) *Planococcus citri*.
Fuente: Campos (2018).

Las escamas no presentan preferencia alguna por algún tipo de variedad de cítricos. En el cultivo de cítricos las escamas no son consideradas como plaga

clave debido que poseen una gran cantidad de enemigos naturales; entre estos se destacan los parasitoides y los depredadores (León y Kondo, 2017).



Figura 24 a) *Aonidiella* sp. b) *Unaspis citri*. c) *Lepidosaphes gloverii*.
Fuente: Campos (2018).

Las especies de escamas más frecuentes en los cultivos de cítricos son: *Ceroplastes* sp., *Coccus* sp. (Figura 23a), *Saissetia* sp. (Figura 23b), *Planococcus citri* (Figura 23c), *Aonidiella* sp. (Figura 24a), *Unaspis citri* (Figura 24b), *Lepidosaphes* sp. (Figura 24c), *Praeiongorthezia praelonga* (Figura 25a), *Chrysomphalus* sp. (Figura 25b), *Pinnaspis aspidistrae* e *Icerya purchasi*.



Figura 25 a) *Praeiongorthezia praelonga*. b) *Chrysomphalus* sp.
Fuente: Campos (2018).

Moscas blancas

Las moscas blancas son pequeños insectos del orden Hemiptera. En estado adulto pueden llegar a medir entre 1 y 1,5 mm; poseen cuatro alas recubiertas por un polvillo blanco que las caracteriza. El cuerpo de las ninfas es de forma ovalada, no posee alas y es un poco más pequeño que el de los adultos (0,6 a 0,8 mm). Las ninfas se localizan en el envés de las hojas formando colonias; su coloración varía de verde claro a marrón o negro, dependiendo de la especie y el estado de desarrollo.



Figura 26 Moscas blancas *Aleyrothrix floccus*.

Fuente: Campos (2018).

Las familias de moscas blancas más comúnmente encontradas en los cultivos cítricos pertenecen a la familia Aleyrodidae con las siguientes especies: *Aleyrothrix floccus* (Figura 26), *Aleurocanthus woglumi*, *Aleuronudus* sp., *Paraleyrodes*

citri y *Dialeurodes* spp. Están presentes en todas las zonas citrícolas del país. El daño lo causan alimentándose de la savia de las hojas, ramas y frutos, lo que puede causar su caída; además, segregan sustancias azucaradas que sirven como alimento para algunas especies de hormigas (*Crematogaster* sp., *Ectatoma* sp. y *Camponotus* sp.), lo cual no permite la presencia de enemigos naturales y sirve como sustrato para la proliferación del hongo *Capnodium* sp., agente causal de la fumagina. Esta cubre las hojas y no permite que se desarrolle el proceso de fotosíntesis, lo que conlleva a su caída y la mala nutrición de los árboles.

Trips

Los trips son un insecto que afecta a diferentes cultivos; pertenecen al orden Thysanoptera. Estos pequeños insectos poseen dos pares de alas plumosas; en su fase adulta son diminutos, su longitud promedio es de 0,5 a 2 mm. Se alimentan de varios tipos y partes de las plantas, además de esporas de hongos; algunas especies son vectores de virus y otras actúan como insectos benéficos, depredando otros insectos pequeños y ácaros en diferentes cultivos. En cítricos encontramos principalmente a *Heliothrips haemorrhoidales*, que causa lesiones irregulares de color plateado sobre los frutos en formación y así les resta valor comercial por su apariencia.

Diaphorina citri

Los adultos de *Diaphorina citri* [Hemiptera: Liviidae] (Figura 27a) poseen alas moteadas de color castaño, ojos compuestos de color rojo y antenas pequeñas con una coloración negra en el ápice. Se reconocen por la posición de descanso que toman sobre las ramas, formando un ángulo de 45° (García, Ramos, Sotelo y Kondo, 2016). Las ninfas (Figura 27b) pasan por cinco estados ninfales; son ápteras, de color anaranjado amarillento, ojos rojos y antenas negras. Generalmente *D. citri* está relacionada como vector de la bacteria *Candidatus Liberibacter caribbeanus* (Manjunath et ál., 2015), causante de la enfermedad catastrófica llamada Huanglongbing (HLB) o “enverdecimiento de los cítricos” (Mead y Fasulo, 2010); también se alimenta de la savia de las hojas.



Figura 27 a) Adulto de *D. citri* en su posición típica sobre los árboles. b) Ninfas de *D. citri*.
Fuente: Campos (2018).

En Colombia fue reportada desde 2007 (ICA, 2010), pero solo hasta diciembre de 2015 el ICA reporta adultos de *D. citri* vectores de la bacteria *Candidatus Liberibacter asiáticos* en dos municipios del departamento de La Guajira. Es de tal importancia esta enfermedad que el ICA declaró emergencia nacional en ese año, y se establece que cualquier productor que crea tener dicha enfermedad en su plantación debe comunicarse de inmediato con el ICA para hacer la investigación respectiva.

El ICA, en la Resolución 7109, indica que HLB es una enfermedad que tapon y degenera los vasos del floema de los tejidos de la planta, por lo cual esta presenta síntomas de deficiencia de nutrientes junto con pérdida de vigor y, en todos los casos, la muerte del árbol.

Ácaros

El cultivo de los cítricos alberga una gran cantidad de ácaros fitófagos, que en poblaciones altas pueden llegar a convertirse en limitantes en la producción. Los ácaros de mayor importancia para la región son: el ácaro del tostado, *Phyllococrupta oleivora* [Ashmead] (Figura 28a), el cual no puede ser observado a simple vista sino con lupa; es de color crema y tiene forma de cono (Figura 28b) mide entre 0,13 y 0,16 mm (Mesa et ál., 2011b). Se alimenta del contenido de las células epidérmicas de frutos y hojas jóvenes, donde causa una mancha plateada

que puede llegar a cubrir todo el fruto; esto reduce su valor comercial para su comercialización en fresco.



Figura 28 a) Fruto manchado por el ácaro del tostado *Phyllococrypta oleivora*. b) Colonia del ácaro del tostado sobre fruto.

Fuente: Campos (2018).

Otro ácaro de importancia en el cultivo de cítricos es el ácaro blanco tropical *Polyphagotarsonemus latus* [Banks] (Figura 29a); es de aspecto traslúcido, color amarillento o blanco perlado, es ancho y presenta una banda blanca longitudinal característica de la especie (León y Kondo, 2017).



Figura 29 a) Colonia de ácaro blanco. b) Daño del ácaro blanco *Polyphagotarsonemus latus* en hojas de naranjo.

Fuente: Campos (2018).

Se alimenta preferiblemente de los tejidos vegetales jóvenes y en desarrollo, como las hojas jóvenes, las yemas apicales y las yemas florales, las cuales adquieren un aspecto deformado y acorchado (Figura 29b); se pueden observar manchas marrones en los pecíolos y en los tallos. Si las plantas han sido atacadas gravemente, la yema apical podría morir y detener el crecimiento de la planta, lo que provoca su necrosis. Los frutos afectados por el ácaro blanco se decoloran y toman una apariencia plateada o bronceada, y pierden su valor comercial.

Cosecha y poscosecha

Cosecha

Los árboles de naranja en la región de estudio se caracterizan por ser de porte medio a alto, usualmente con copas bastante densas y ramas frágiles, lo cual dificulta los procesos de recolección. Sumado a lo anterior, el principal parámetro empleado para la recolección de frutos es el color; sin embargo, este proceso es muy subjetivo, lo cual obliga a implementar metodologías de fácil manejo y durabilidad que les permita a los productores realizar la cosecha de sus frutos en estado fisiológicamente óptimo y no teniendo como criterio los precios del mercado, que en ocasiones induce a pérdidas de cosecha superiores al 50 %. De acuerdo con lo anterior, a continuación se describen los aspectos más relevantes al momento de adelantar los procesos de cosecha:

- Inicialmente, se recomienda implementar podas para reducir el porte de los árboles y facilitar la labor de cosecha; también evitar las prácticas de trepado en los árboles, ya que pueden poner en riesgo el bienestar de trabajadores y la integridad de los cultivos.
- Una vez definida la época de cosecha, se recomienda recolectar frutos en el mismo estado de madurez; esto para facilitar las condiciones de manejo, almacenamiento y reducir el riesgo de pérdidas poscosecha (Figura 10).

- La cosecha debe realizarse por medio de tijeras, para evitar el desgarre de la cáscara y la afectación del hongo verde (*Penicillium digitatum*) en regiones secas (Arias y Toledo, 2000).
- Para tal fin, se deben utilizar tijeras de poda o alicates bien afilados, realizar el corte en la zona de inserción del pedúnculo y evitar dejar secciones de pedúnculo sobresalientes, ya que estas pueden causar daño en las etapas posteriores de manejo de los frutos. Dichas herramientas deben ser desinfectadas antes y después de cada cosecha o cuando hayan entrado en contacto con frutos u árboles enfermos.
- Cuando sea requerido el uso de escaleras, se debe evitar apoyarlas sobre las ramas de los árboles, así como evitar el uso de ganchos y varas que causen el desprendimiento excesivo de hojas, flores y frutos verdes (Arias y Toledo, 2000).
- Al momento de coleccionar los frutos cosechados en campo, se recomienda utilizar bolsas de fibra o canastillas plásticas (contenedores) con capacidades no mayores a 10 kg y acoplados a correas que le permitan al trabajador tener las manos libres (Figura 30). En este sentido, el uso de canecas es el menos recomendado debido a su profundidad, ya que la fruta ubicada en el fondo del contenedor recibe excesivo peso, causando daño mecánico y el deterioro de su calidad; situación crítica para frutos de naranja, los cuales son altamente susceptibles a daños por compresión.
- Eliminar el uso de contenedores con formas geométricas pronunciadas que puedan generar daño físico al producto, tales como canastillas perforadas. Los contenedores deben permanecer limpios, y deben ser lavados y desinfectados entre cosechas para prevenir la contaminación de los frutos (Garcés, 2012). Deben ser de uso exclusivo de los frutos, es decir, no deben ser utilizados para otras labores de cultivo, como almacenamiento de herramientas y productos agroquímicos.



Figura 30 Homogeneidad de madurez de frutos cosechados en contenedores de recolección de cítricos.

Fuente: Equipo CTA-2, Subproyecto Mango, Naranja y Mandarina (2018).

Preselección y acopio de frutos en campo

- La preselección de los frutos en cultivo debe realizarse para facilitar las labores poscosecha posteriores y reducir la manipulación de los frutos.
- Se debe mantener el suelo libre de residuos de cosecha, como frutos descartados o aquellos que han caído de los árboles.
- Inicialmente se debe disponer de varios contenedores para separar los frutos de acuerdo con su calidad y tamaño.
- Los frutos cosechados deben ser ubicados en un lugar bajo sombra, ya que su exposición al sol durante un periodo prolongado de tiempo puede afectar el color de la cáscara y el sabor. Adicionalmente, no deben ser transportados al lugar de acopio en menos de 24 horas para condiciones húmedas y menos de 48 horas para condiciones secas (Arias y Toledo, 2000).
- Para el caso de los frutos descartados, estos deben ser dispuestos en un contenedor exclusivo para tal fin, y trasladarse posteriormente fuera del cultivo para evitar diseminación de enfermedades. Por otro lado, no se deben disponer los frutos sobre el suelo, ya que se verán expuestos a daño por abrasión y suciedad. También estarán expuestos a riesgo de contaminación y daño por plagas y enfermedades, principalmente hongos.

- Finamente, se recomienda monitorear el cultivo frecuentemente para identificar y descartar oportunamente frutos con cualquier tipo de daño e implementar prácticas de manejo como compostaje, lombricultura, entre otros, para realizar una adecuada disposición de desechos y evitar la contaminación de frutos sanos.
- El transporte al centro de acopio se debe realizar cuidadosamente, y evitar golpes o vibraciones que puedan causar magulladuras o daños en la piel de los frutos.
- Según la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE), no se deben someter a trabajos de carga a equinos menores a tres años de edad. Así mismo, se indica que el período máximo de trabajo es de seis horas diarias y el de descanso es de al menos un día entero semanalmente. También se afirma que se debe dar descanso al animal cada dos horas y ofrecerle hidratación (OIE, 2017).
- Con el fin de evitar lesiones de trabajadores en los procesos de carga humana, las mujeres y los trabajadores jóvenes y mayores, solo pueden transportar un máximo de 15 kg, mientras que hombres adultos y trabajadores entrenados podrán transportar entre 25 y 40 kg, respectivamente (Ruiz, 2011).

Poscosecha

La poscosecha involucra actividades de condicionamiento después de la cosecha, en busca de conservar la calidad del producto y disponerlo en las condiciones que requiere el mercado. Dicho proceso incluye operaciones de selección, clasificación, limpieza, desinfección y empaque, entre otros. El proceso de acondicionamiento se debe realizar en un lugar que cuente con las condiciones de higiene y limpieza necesarias para el manejo de los frutos. El volcado de los frutos, que es comúnmente realizado durante su recepción, previo a las operaciones de selección y clasificación, debe ser llevado a cabo con cuidado para reducir el impacto y el daño mecánico sobre los frutos. Puede realizarse en seco o en agua, según las etapas posteriores a ser realizadas. El volcado en agua genera menores daños por manipulación en el fruto (Anderson et ál., 1996).

Selección

La selección se realiza para verificar que los frutos cumplan con las condiciones mínimas requeridas para su comercialización. La Norma Técnica Colombiana NTC 4085 indica dichos requerimientos para frutos de naranja. Los requerimientos mínimos de calidad para cítricos son:

- Frutos enteros con la forma característica de la variedad; deben presentar cáliz (en el caso de tangelo)
- Frutos libres de ataques de insectos y/o enfermedades, humedad externa, olores y/o sabores extraños.
- Frutos exentos de síntomas de deshidratación, con aspecto fresco y consistencia firme.

Limpieza

Consiste en la remoción de materiales extraños del fruto, tales como tierra, hojas y otros residuos del cultivo, como agroquímicos. Puede ser realizada en seco o en húmedo según el estado del producto cosechado:

- La limpieza en seco es recomendada cuando los frutos presentan gran contaminación de campo, y se utilizan paños y cepillo de cerdas suaves.
- Para el caso de la limpieza en húmedo, esta se lleva a cabo cuando los frutos se encuentran manchados; para ello se emplean paños húmedos o la inmersión de los frutos en tanques de agua. De acuerdo con esto último, el agua de lavado debe ser potable y renovada frecuentemente para evitar contaminantes al fruto; y debe estar acompañada de tratamientos con fungicidas.

Desinfección de los frutos

La práctica se realiza con el fin de eliminar o reducir la carga de patógenos y sustancias químicas contaminantes sobre la superficie de los frutos. Para ello se recomienda tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Inicialmente se debe capacitar al personal en la adecuada preparación y uso de mezclas de desinfección.
- Los frutos para desinfectar deben estar totalmente limpios y libres de materia orgánica para incrementar la efectividad de los agentes desinfectantes.
- La eficiencia de la labor depende del tipo de desinfectante, pH y temperatura de la solución, las cuales deben ser monitoreadas constantemente.
- La desinfección y lavado se debe realizar únicamente si se cuenta con la infraestructura para el óptimo escurrido y secado del agua superficial en los frutos, ya que la humedad residual propicia la aparición de hongos que deterioran la calidad de los frutos.
- Una vez desinfectados los frutos, la manipulación del producto debe ser mínima, aplicando finalmente normas estrictas de higiene en las áreas de trabajo y en el personal.

Clasificación

La clasificación involucrará la agrupación de frutos con características similares. Los cítricos pueden ser clasificados por calidad externa, calibre (diámetro y peso) y estado de madurez. Un proceso de clasificación puede permitir la obtención de mejores precios de venta y acceso a mercados diferenciales.

Clasificación por calidad externa: la normatividad vigente para Colombia indica que los frutos de naranja y tangelo son clasificados de acuerdo con tolerancias de calidad en cuanto a alteraciones que comprometen la apariencia general del fruto; se establecen para ello tres categorías de clasificación (Tabla 4).

Clasificación por calibre: en cítricos la clasificación por calibres es la más utilizada en el mercado nacional. La normatividad colombiana NTC 1330 (Icontec, 1977) establece seis categorías para frutos de naranja y tangelo (Tabla 5). Sin embargo, es común que algunos mercados definan sus propios calibres y categorías de clasificación. La clasificación por calibre debe ser realizada, como

Tabla 4 Categorías de clasificación de calidad para naranja.

Categoría de calidad para naranja	
<p>Calidad Extra</p> 	<p>La naranja Valencia debe cumplir los requisitos generales definidos en el apartado Selección de este capítulo y estar exenta de todo defecto; se aceptan alteraciones superficiales que no excedan el 15 % del área total del fruto, siempre y cuando no afecten la apariencia general del producto.</p>
<p>Categoría I</p> 	<p>Defectos leves en la forma. Defectos leves en el color, causados por el sombreamiento que se produce por el contacto entre los frutos en el árbol. Cicatrices superficiales ocasionadas por insectos (trips o grillos) y ácaros. Estos defectos en conjunto no deben exceder el 30 % del área total del fruto.</p>
<p>Categoría II</p> 	<p>Defectos en la forma. Defectos en el color causado por el sombreamiento que se produce por el contacto entre los frutos en el árbol. Cicatrices superficiales ocasionadas por insectos (trips o grillos) y ácaros. Estos defectos en conjunto no deben exceder el 50 % del área total del fruto. Piel rugosa.</p>

Fuente: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (Icontec), Norma Técnica Colombiana NTC 4086 y NTC 4085.

mínimo, con ayuda de herramientas manuales de clasificación por tamaño conocidas como “pasa-no pasa” las cuales deben poseer orificios del tamaño de las categorías de clasificación de acuerdo con los requerimientos del mercado (Figura 30).

Clasificación por estado de madurez: la clasificación de los frutos por estado de madurez debe adelantarse una vez los frutos hayan sido clasificados por calidad y/o tamaño; con los siguientes objetivos:

- Manejar adecuadamente frutos en diferente estado de madurez y reducir sus pérdidas.

Tabla 5 Clasificación por calibre de naranja y tangelo.

Naranja			Tangelo		
Diámetro(mm)	Calibre	Peso promedio(g)	Diámetro(mm)	Calibre	Peso promedio(g)
> 93	A	444	≥ 96	A	480
92-84	B	318	95-89	B	383
83-72	C	226	88-82	C	312
71-62	D	165	81-72	D	242
< 62	E	111	71-66	E	178
			≤ 65	F	136

Fuente: Icontec (1977).



Figura 31 Tablas de clasificación para naranja de acuerdo a los requerimientos del mercado de la región del Tequendama, Cundinamarca.

Fuente: Equipo CTA-2, Subproyecto Mango, Naranja y Mandarina (2018).

- Establecer la prioridad de salida de frutos de acuerdo con su estado de madurez.
- Planear la logística de distribución de los frutos en diferentes estados de madurez de acuerdo con los requerimientos del mercado y los tiempos de transporte y acopio hasta la entrega del producto al consumidor final.

Empaque

El empaque busca proteger al producto de las condiciones ambientales, evitar daños mecánicos, así como favorecer el transporte y distribución hacia los centros de comercio y procesamiento (Martínez et ál., 2006). La norma NTC 4086

estableció las condiciones de los empaques aceptados para el mercado nacional e internacional de frutos de naranja. No obstante, los aspectos más relevantes a tener en cuenta en los procesos de empaque se describen a continuación:

- Los frutos en un mismo empaque deben tener características homogéneas, pertenecer a una misma variedad, calibre y estado de madurez.
- Los frutos deben ser ubicados cuidadosamente para evitar presión extrema y daño mecánico.
- Se deben colocar en orden y por capas, manteniendo un número similar de frutos por capa y un máximo de tres capas por empaque.
- Se debe respetar su capacidad y garantizar un espacio de por lo menos cinco centímetros sobre los frutos para evitar daños durante el apilamiento de empaques.
- No deben ser empleados empaques con aristas pronunciadas o que no proporcionen soporte durante el apilamiento (como costales).
- El empaquetado en mallas para su comercialización debe ser realizado únicamente en dicho punto y no debe exceder los 10 kg de capacidad.
- El tamaño de los empaques debe ser ajustado al tamaño de las *pallets* para permitir el estibamiento.
- Los empaques deben ser lavados y desinfectados entre cosechas y cada vez que ingresen a los predios canastillas de las cuales se desconoce su origen.

Condiciones de almacenamiento y transporte

Para determinar las condiciones adecuadas de almacenamiento y transporte es importante tener en cuenta que los frutos presentan sensibilidad a las bajas temperaturas, mientras que las altas temperaturas incrementan la intensidad respiratoria, el ablandamiento, y la pérdida de agua y de vitamina C, lo cual

afecta negativamente la calidad del fruto (Passaro et ál., 2012). Las bajas humedades relativas pueden causar la deshidratación acelerada, el arrugamiento y la consecuente pérdida de peso del fruto (MFCL, 2003), mientras que las altas humedades relativas favorecen el desarrollo de enfermedades causadas por hongos. Finalmente, los frutos pueden absorber olores fuertes del ambiente cuando se dispone el producto en sitios inadecuados.

Todas las operaciones poscosecha deben ser realizadas sobre mesones con una altura de trabajo ergonómica para evitar afectar el bienestar de los trabajadores, así como la inocuidad y sanidad del fruto e incrementar la eficiencia de los procesos. Para el caso del almacenamiento de los frutos, se debe contar con una zona limpia, desinfectada, alejada de fuentes de contaminación y que tenga buena luminosidad y ventilación. El lugar seleccionado debe ser de uso exclusivo para el desarrollo de la actividad; debe estar restringido el ingreso de animales y se debe contar con señalización de las áreas de trabajo.

Finalmente, el transporte es la última etapa de custodia de los frutos hasta las unidades productivas o centros de acopio. Los frutos deben ser ubicados sobre estibas para que no entren en contacto con la superficie del transporte, además de permitir el correcto flujo de aire entre los empaques. En esta etapa se debe tener en cuenta que los frutos deben ser transportados en camiones cerrados protegidos de la lluvia, el polvo y los contaminantes, entre otros.

Durante el cargue y descargue de los frutos se debe utilizar luz natural, puesto que la luz artificial puede atraer insectos que afecten la sanidad de los frutos. El transporte se recomienda realizarlo en las primeras horas del día o en la noche para favorecer la baja temperatura de los frutos; sin embargo, esto dependerá de las condiciones del trayecto que se debe recorrer.

Costos de producción

Los costos de producción de naranja en Cundinamarca varían en función del nivel de tecnología aplicado y de las condiciones agronómicas del cultivo. De acuerdo con cifras del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2016), los costos de producción presentan un aumento de 3 % anual, principalmente por el rubro de mano de obra. Igualmente, los costos de producción aumentan de acuerdo al nivel del tecnología aplicado por los agricultores; los mayores costos para el productor tecnificado se observan por el uso de mayor cantidad de insumos. Sin embargo, los mayores costos de producción en los que incurre un productor tecnificado se pueden traducir en rendimientos superiores a los del productor tradicional.

En la Tabla 6, se observan los costos totales para el sistema productivo de naranja. Se muestra una proyección a ocho años de: Costos (mano de obra, insumos, arrendamientos y costos indirectos); e Ingresos por ventas de producción. Se observa que la producción aumenta cada año hasta el año octavo, que es cuando se espera que los árboles estabilicen su producción.

Tabla 6 Costos de producción en el sistema productivo de naranja para el Departamento de Cundinamarca en 2018, discriminado por concepto (proyección para ocho años).

Concepto	Unidad	Cantidad	Precio/unidad	Valor total	Valor total	Valor total	Valor total	Valor total	Valor total	Valor total	Valor total	Valor total
				Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	
Mano de obra												
Preparación terreno	Jornal	14	\$ 45 000	\$ 630 000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Hechura de drenajes	Jornal	10	\$ 45 000	\$ 450 000	\$ 225 000	\$ 225 000	\$ 225 000	\$ 225 000	\$ 225 000	\$ 225 000	\$ 225 000	\$ 225 000
Trazado y ahoyado	Jornal	12	\$ 45 000	\$ 540 000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Siembra	Jornal	8	\$ 45 000	\$ 360 000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Resiembra	Jornal	1	\$ 45 000	\$ 45 000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Control de malezas	Jornal	20	\$ 45 000	\$ 900 000	\$ 954 000	\$ 1 011 240	\$ 1 071 914	\$ 1 136 229	\$ 1 204 403	\$ 1 276 667	\$ 1 354 931	\$ 1 439 204
Control de plagas	Jornal	10	\$ 45 000	\$ 450 000	\$ 477 000	\$ 505 620	\$ 535 957	\$ 568 115	\$ 602 202	\$ 638 334	\$ 678 465	\$ 718 596
Poda de Formación	Jornal	5	\$ 45 000	\$ 225 000	\$ 238 500	\$ 252 810	\$ 267 979	\$ 284 057	\$ 301 101	\$ 319 167	\$ 339 233	\$ 359 300
Fertilización	Jornal	5	\$ 45 000	\$ 225 000	\$ 238 500	\$ 252 810	\$ 267 979	\$ 284 057	\$ 301 101	\$ 319 167	\$ 339 233	\$ 359 300
Cosecha	Jornal		\$ 45 000	\$ 175 000	\$ 477 000	\$ 715 500	\$ 1 136 229	\$ 1 594 500	\$ 2 101 000	\$ 2 606 500	\$ 3 112 000	\$ 3 617 500
Subtotal				\$ 3 080 000	\$ 2 385 000	\$ 2 528 100	\$ 2 679 786	\$ 2 840 573	\$ 3 011 008	\$ 3 191 668	\$ 3 343 359	\$ 3 494 049
Insumos												
Plantulas	árboles	250	\$ 7 500	\$ 1 875 000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Insecticidas	l	3	\$ 75 000	\$ 225 000	\$ 252 000	\$ 282 240	\$ 316 109	\$ 354 042	\$ 396 527	\$ 444 110	\$ 497 403	\$ 550 694
Fungicidas	kg	6	\$ 77 000	\$ 462 000	\$ 277 311	\$ 310 588	\$ 347 859	\$ 389 602	\$ 436 354	\$ 488 717	\$ 547 363	\$ 606 016
Fertilizantes Simples	Bultos	9	\$ 24 750	\$ 222 750	\$ 249 480	\$ 279 418	\$ 312 948	\$ 350 501	\$ 392 562	\$ 439 669	\$ 492 429	\$ 545 189
Fertilizantes compuestos	Bultos	5	\$ 24 750	\$ 123 750	\$ 138 600	\$ 155 232	\$ 173 860	\$ 194 723	\$ 218 090	\$ 244 261	\$ 273 572	\$ 302 883
Fertilizantes orgánicos	t	1	\$ 24 750	\$ 24 750	\$ 27 720	\$ 31 046	\$ 34 772	\$ 38 945	\$ 43 618	\$ 48 852	\$ 54 714	\$ 61 188
Herbicidas	l	2	\$ 24 750	\$ 49 500	\$ 55 440	\$ 62 093	\$ 69 544	\$ 77 889	\$ 87 236	\$ 97 704	\$ 109 429	\$ 122 180
Canastillas	unidades		\$ 15 000	\$ 750 000	\$ 84 000 000	\$ 3 360 000	\$ 4 200 000	\$ 5 040 000	\$ 5 980 000	\$ 6 920 000	\$ 7 960 000	\$ 9 000 000
Subtotal insumos				\$ 3 518 349	\$ 85 000 551	\$ 4 480 617	\$ 5 465 091	\$ 6 445 702	\$ 7 493 386	\$ 8 581 313	\$ 9 719 926	\$ 10 858 609
Total costos directos				\$ 6 598 349	\$ 87 385 551	\$ 7 008 717	\$ 8 134 877	\$ 9 286 275	\$ 10 504 394	\$ 11 772 981	\$ 13 063 285	\$ 14 352 658
Costos indirectos												
Arrendamiento	Annual	1	\$ 1 200 000	\$ 1 200 000	\$ 1 272 000	\$ 1 348 320	\$ 1 429 219	\$ 1 514 972	\$ 1 605 871	\$ 1 702 223	\$ 1 804 356	\$ 1 911 489
Administración	Annual	1	\$ 329 917	\$ 4 369 278	\$ 350 436	\$ 406 744	\$ 464 314	\$ 524 000	\$ 583 666	\$ 643 332	\$ 703 000	\$ 762 666
Imprevistos	Annual	10	\$ 659 835	\$ 8 738 555	\$ 700 872	\$ 813 488	\$ 928 638	\$ 1 043 788	\$ 1 163 938	\$ 1 284 088	\$ 1 404 238	\$ 1 524 388
Total costos indirectos				\$ 2 189 752	\$ 14 379 833	\$ 2 399 628	\$ 2 649 451	\$ 2 907 914	\$ 3 202 675	\$ 3 489 541	\$ 3 781 623	\$ 4 073 765
Total costos				\$ 8 788 101	\$ 101 765 384	\$ 9 408 345	\$ 10 784 328	\$ 12 194 189	\$ 13 707 069	\$ 15 262 522	\$ 16 844 906	\$ 18 426 423
Producción (t)				1	3	6	10	15	20	25	30	
Costos				\$ 8 788 101	\$ 101 765 384	\$ 9 408 345	\$ 10 784 328	\$ 12 194 189	\$ 13 707 069	\$ 15 262 522	\$ 16 844 906	\$ 18 426 423
Precio de venta (\$/t)				\$ 1 500 000	\$ 4 500 000	\$ 9 000 000	\$ 15 000 000	\$ 22 500 000	\$ 30 000 000	\$ 37 500 000	\$ 45 000 000	\$ 52 500 000
Ingresos netos				- \$ 8 038 101	- \$ 97 265 384	- \$ 408 345	- \$ 4 215 672	- \$ 10 305 811	- \$ 19 256 927	- \$ 28 208 980	- \$ 37 163 033	- \$ 46 119 086

Nota: Los valores monetarios están dados en pesos colombianos (COP).
Fuente: Equipo CTA-2, Subproyecto Mango, Naranja y Mandarina (2018).

Referencias bibliográficas

- Abrol, D. P. (2012). *Pollination Biology. Biodiversity Conservation and Agricultural Production*. Springer. Nueva York: Springer Dordrecht Heidelberg, London-New York.
- Aguilera, V. A., Civera, A. V. y Fortí, J. A. (2016). *Enfermedades fúngicas de los cítricos en Panamá. Estudio particular de la mancha grasienta causada por Mycosphaerellaceae* [Tesis doctoral]. Universidad Politécnica de Valencia.
- Agustí, M. y Almela, V. (1991). *Aplicación de fitorreguladores en citricultura* (1ª ed.). Barcelona, España: Aedos Editorial S. A.
- Agustí, M. (2000). *Cuajado y desarrollo de los frutos cítricos*. Valencia, España.
- Agustí, M. (2003). *Citricultura*. Madrid, España: Editorial Mundi-Prensa.
- Agustí, M., García, F. y Guardiola, J. (1982). The influence of flowering intensity on the shedding of reproductive structures in sweet orange. *Scientia Horticulture* 17, pp. 343-352.
- Aizen, M. A. y Harder, L. D. (2009). The Global Stock of Domesticated Honey Bees Is Growing Slower Than Agricultural Demand for Pollination. *Current Biology*, 19(1), pp. 915-918.
- Albrigo, G. y Saúco, V. (2004). Flower Bud Induction, Flowering and Fruit-Set of Some Tropical and Subtropical Fruit Tree With Special Reference to Citrus. *Acta Horticulturae*, 632, pp. 81-87.
- Allsopp, M. H., de Lange, W. J. y Veldtman, R. (2008). Valuing Insect Pollination Services with Cost of Replacement. *PLoS ONE*, 3(9), p. 3128.
- American Phytopathological Society [APS] (2000). *Compendium of citrus diseases* (2ª ed.). L. W. Timmer, S. M. Garnsey, J. H. Graham (Eds.). St. Paul, Minnesota, Estados Unidos: APS Press.

- Amórtégui, I. (2001). *El cultivo de los cítricos. Módulo educativo para el desarrollo tecnológico de la comunidad*. Ibagué, Colombia: El Poira Editores e Impresores.
- Apolo-Observatorio de agentes polinizadores (2014). *Polinizadores y biodiversidad*. Madrid, España: Asociación española de Entomología, Jardín Botánico Atlántico y Centro Iberoamericano de la Biodiversidad.
- Arias, E. (2012). *Enfermedades de los principales cultivos de Costa Rica, síntomas, desarrollo y manejo* [Tesis sometida para obtener el grado de Licenciatura en Ingeniería en Agronomía]. Heredia, Costa Rica: Universidad Nacional, Escuela de Ciencias Agrarias.
- Ariza, R., Cruzaley, R. y Vasquez, E. (2004). Efecto de las labores culturales en la producción y calidad de limón mexicano de invierno. *Revista Fitotécnica Mexicana* 27.
- Avilan, L., García, M. L., Leal, F. y Sucre, R. (1984). Estudio del sistema radical del Limón Criollo (*Citrus aurantifolia Swingle*) en un suelo de origen aluvial. *Revista Facultad de Agronomía* 13(1-4), pp. 61-72.
- Barbera, G., Kicascui, B. y Fatta, G. (1985). Effects of Water Stress on Lemon Summer Bloom: The Forzatura Technique in the Sicilian Citrus Industry. *Acta Horticulturae* 171, pp. 391-397.
- Becerril, R., A., E. y Rodríguez, A. (1989). *Producción forzada en frutales de clima templado*. En: *Memorias Simposium Producción Forzada en Frutales* (p. 5-8). Chapingo, México: Centro de Fruticultura, Colegio de Postgraduados.
- Brechelt, A. (2004). *El manejo ecológico de plagas y enfermedades*. Santiago de Chile: Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas para América Latina. Recuperado de <https://sioc.minagricultura.gov.co/Aguacate/Normatividad/Manual%20Hormiga%20Arriera.pdf>.
- Breeze, T. D., Bailey, A. P., Balcombe, K. G. y Potts, S. G. (2011). Pollination Services in the UK: How Important are Honeybees? *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 142(4), pp. 137-143.
- Bubán, T., Foldes, L., Fekete, Z. y Rademacher, W. (2004). Effectiveness of the Resistance Inducer Prohexadione-Ca Against Fireblight in Shoots of Apple Trees Inoculated With *Erwinia Amylovora*. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin* 34, pp. 369-376.
- Cassin, J., Bourdeaut, J., Fogue, J., Furan, V., Galliard, J. P., Le-Bourdelle, J., Montagut, G. y Moreuil, C. (1969). The influence of climate upon the blooming of citrus in tropical areas. *Proc. Int. Soc. Citricult* 1, pp. 315-323.
- Castro, C. B., Timmer, L. W., Leguizamón, C. J., Müller, G. y Corrales, G. J. (2000). *Enfermedades de los cítricos en Colombia* (1ª ed.). Bogotá: Fondo Nacional de Fomento Hortifrutícola, Produmedios.

- Costa, G., Sabatini, E., Spinelle, F., Andreotti, C., Bomben, C. y Vizzoto, G. (2004). Two Years of Application of P-Ca on Apple: Effect on Vegetative and Cropping Performance, Fruit Quality, Return Bloom and Residual Effect. *Acta Horticulturae* 653, pp. 49-57.
- Cunningham, S. A. y Le Feuvre, D. (2013). Significant Yield Benefits From Honeybee Pollination of Faba Bean (*Vicia faba*) Assessed at Field Scale. *Field Crops Research*, 149(1), pp. 269-275.
- Davenport, T. (1990). Citrus Flowering. *Hort. Rev.* 12, pp. 349-408.
- Davenport, T. (2006, octubre). Reproductive Physiology of Tropical Fruit Trees. *Memorias 1^{er} Congreso Colombiano de Horticultura* (pp. 37-46). Bogotá.
- Davie, S., Stassen, P. y Walt, M. (1995). Girdling for Increased Hass Fruit Size and Its Effect on Carbohydrate Production and Storage. *Proceedings of the World Avocado Congress III*, pp. 25-28.
- Della Lucia, T. M. (2003). Hormigas de importancia económica en la región neotropical. En F. Fernández (Ed.), *Introducción a las hormigas de la región neotropical* (p. 337-349). Bogotá.
- Duarte, A. y Guardiola, J. (1996). Flowering and Fruit Set on Fortune Hybrid Mandarin: Effect of Girdling and Growth Regulator. *Proceedings International Society Citriculture* 1, pp. 1069-1071.
- Entwistle, P. F. (1983) Control of Insects by Virus Diseases. *Review of Applied Entomology*, 71 (11), pp. 890.
- Erickson, L. y Brannaman, B. (1960). Abscission of Reproductive Structures and Leaves of Orange Trees. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 75, pp. 222-229.
- Evans, R., Evans, J. y Rademacher, W. (1997). Prohexadione Calcium for Suppression of Vegetative Growth in Eastern Apples. *Acta Horticulturae* 451, pp. 663-666.
- Fallahi, E. (1999). Metabolism, Action and Use of BAS-125W in Apples. *HortScience* 34, pp. 1192-1193.
- Freitas, B. M. y Pereira, J. O. (Eds) (2004). *Solitary Bees: Conservation, Rearing and Management for Pollination*. Fortaleza, Brazil: Imprensa Universitária.
- Gallai, N., Salles, J. M., Settele, J. y Vaissière, B. E. (2009). Economic Valuation of the Vulnerability of World Agriculture Confronted with Pollinator Decline. *Ecological Economics*, 68(1), pp. 810-821.
- García, M., Ríos, L. A. y Álvarez del Castillo, J. (2016). La polinización en los sistemas de producción agrícola: revisión sistemática de la literatura. *Idesia*, 34(3), pp. 51-66.
- García, Y., Ramos, Y. P., Sotelo, P. A. y Kondo, T. (2016, enero-junio). Biología de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) bajo condiciones de invernadero en Palmira, Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*, 42(1), pp. 36-42.

- Garzón, D. (2012). *Evaluación de la influencia del déficit hídrico en el crecimiento y desarrollo de la naranja "Valencia" (Citrus sinensis Osbeck) en el piedemonte llanero de Colombia*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- González, P. y Castel, J. (2003). Regulated Deficit Irrigation in "Clementina de Nules" Citrus Trees. II: Vegetative Effects. *The Journal of Horticultural Science. Biotech*, 75(4), pp. 388-392.
- Guardiola, J., Agustí, M. y García, F. (1977). Gibberellic Acid and Flower Bud Development in Sweet Orange. *Proc. Int. Soc. Citriculture* 2, pp. 696-699.
- Harty, A. y Van Staden, J. (1988). Paclobutrazol and Temperature Effects on Lemon. *Proceedings of the Sixth International Citrus Congress* 1, p. 343-353.
- Hein, L. (2009). The Economic Value of the Pollination Service, a Review Across Scales. *The Open Ecology Journal* 2, pp. 74-82.
- Hsiao, T. (1973). Plant Responses to Water Stress. *Annual Review of Plant Physiology* 24, pp. 519-570.
- Instituto Colombiano Agropecuario [ICA] (2010). Situación actual de HLB (Huanglongbing) y su vector el psílido asiático de los cítricos (*Diaphorina citri* Kuwayama) en Colombia. *Boletín Epidemiológico*.
- Instituto Colombiano Agropecuario [ICA] (2012). *Manejo fitosanitario del cultivo de los cítricos (Citrus). Medidas para la temporada invernal*. Bogotá.
- Instituto Nacional de Innovación Agraria [INIA] (2009). *pH de un suelo*.
- Pérez, E. (2009). HLB: Aspectos generales de la enfermedad *Diaphorina citri*: avances de la investigación en Uruguay. *Aspectos básicos: biología, diagnóstico y prevención*. Montevideo, Uruguay.
- Klein, A. M., Vaissiere, B. E., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Clemen, K. y Tscharrntke, T. (2007). Importance of Pollinators in Changing Landscapes for World Crops. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 274(1608), pp. 303-313.
- Lecuona, R. E. (1996). *Microorganismos patógenos empleados en el control microbiano de insectos plaga*. Buenos Aires, Argentina: Talleres Gráficos Mariano Mas.
- León, M. G. y Kondo T. (2017). *Insectos y ácaros de los cítricos. Compendio Ilustrado de especies dañinas y benéficas, con técnicas para el manejo integrado de plagas (2ª ed.)*. Mosquera, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Lovatt, C. (2000). Management of Foliar Fertilization. *Revista Terra* 17, pp. 257-264.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2017). *Cadena de cítricos. Indicadores e instrumentos*. Recuperado de www.sioc.minagricultura.gov.co.

- Manjunath, K. L., Ramadugu, C., Castaneda, A., Diaz, J. E., Peñaranda, E. A., Chen, J., Duan, Y. P., Halbert, S. E. y Lee, R. F. (2015, agosto). Report of Candidatus *Liberibacter caribbeanus*, a New Citrus –and Psyllid– Associated Liberibacter from Colombia, South America. *The American Phytopathological Society. Proceedings of the APS Annual Meeting*. Pasadena, California: Estados Unidos.
- Martínez, A., Mesejo, C., Juan, M., Almela, V. y Agustí, M. (2002). Restrictions on the Exogenous Control of Flowering in Citrus. *Acta Hort* 632, pp. 91-98.
- Mattos-Jr., D., Graetz, A. y Alva, K. (2003). Biomass Distribution and Nitrogen-15 Partitioning in Citrus Trees on a Sandy Entisol. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 67, pp. 555-563.
- McNeil, R. y Parsons, G. (2003). Girdling of Hass Avocado Trees to Increase Fruit Yield and Income in “Off” Years in a California Coastal Valley. *Proceedings V World Avocado Congress* (pp. 263-265).
- Mead, F. W. y Fasulo, T. R. (2010). Asian Citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Insecta: Hemiptera: Psyllidae). *FDACS/DPI Entomology, Circular 180*. Gainesville, Florida, Estados Unidos: University of Florida.
- Melathopoulos, A., Cutler, C. y Tyedmers, P. (2015). Where is the Value in Valuing Pollination Ecosystem Services. *Ecological Economics* 109, pp. 59-70
- Mesa, N., García, M., Rodríguez, I., Valencia, M., Ossa, J., Palacios, S., Guarín, J. H. et ál. (2011d). *Estrategias de manejo químico y biológico de Polyphagotarsonemus latus y Phyllocoptruta oleivora en naranja Valencia*. Palmira, Colombia: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira.
- Michener, C. D. (2007). *The Bees of the World*. Baltimore, Estados Unidos: Johns Hopkins University Press.
- Miranda, L. D., Carranza, C. E., Rodríguez, R., Daza, V. F. y Molano, Z. P. (2018). *Caracterización de los sistemas de producción de cítricos (con énfasis en naranja, mandarina y tangelo) en el departamento de Cundinamarca*. Bogotá: Corredor Tecnológico Agroindustrial (CTA), Universidad Nacional de Colombia, Gobernación de Cundinamarca, Corpoica.
- Miranda, L. D. (2019). *Uso de biorreguladores de crecimiento y prácticas complementarias para mejorar la productividad en la fruticultura* [Trabajo para optar a promoción de profesor titular] (p. 12). Universidad Nacional de Colombia.
- Monteiro da Cruz, M., Lopes de Siqueira, D., Chamhum, L. y Cecom, P. (2008). Influência do paclobutrazol e da temperatura ambiente sobre o florescimento e frutificação da limeira aïcida Tahiti. *Ciênc. Agrotec.* 32, pp. 1148-1153.
- Morales, J., López, J. (2007). *Aspectos básicos para el cultivo de la mandarina*. Bogotá: Corpoica.

- Mostafa, A. y Salch, M. (2006). Response of Balady Mandarin Trees to Girdling and Potassium Sprays Under Sandy Soil Conditions. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences* 2, p. 137-141.
- Nates-Parra, G. (Ed.) (2016). *Iniciativa colombiana de polinizadores: abejas ICPA* (1ª ed.). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología.
- Neto, H. B., Filho, F. Stuch, E. S. y Sposito, M. B. (2016). Suscetibilidade de clones de lima ácida tahiti à podridão floral dos citros. *Revista brasileira de fruticultura, Jaboticabal SP*, 38(1), pp. 222-225.
- Nir, I., Goren, R. y Leshem, B. (1972). Effects of Water Stress, Gibberellic Acid and Ccc on Flower Differentiation in Eureka Lemon Trees. *J. Amer-soc. Hort. Sci.*, 97(6), pp. 774-778.
- O'Brien, C. y Peña, J. (2012). Two Species of Compsus Schoenherr, New Citrus Pests From Colombia (Coleoptera: Curculionidae: Entiminae). *Insecta Mundi* 0227, pp. 1-13.
- Ogata, T., Hasukawa, H., Shiozaki, S., Horiuchi, S., Kawase K., Iwagaki, I. y Okuda, H. (1996). Seasonal Changes in Endogenous Gibberellin Contents in Satsuma Mandarin During Flower Differentiation and the Influence of Paclobutrazol on Gibberellin Synthesis. *J. Jpn. Soc. Hortic. Sci.* 65, pp. 245-253.
- Orduz, J. y Fischer, G. (2007). Balance hídrico e influencia del estrés hídrico en la inducción y desarrollo floral de la mandarina 'Arrayana' en el piedemonte llanero de Colombia. *Agronomía Colombiana*, 25(2), pp. 255-263.
- Orduz, J. y Mateus, D. (2012). Capítulo 2. Generalidades de los cítricos y recomendaciones agronómicas para su cultivo en Colombia. En *Cítricos: cultivo, poscosecha e industrialización. Serie Lasallista Investigación y Ciencia*, pp. 49-88.
- Orduz, J., Monroy, H. J. y Fischer, G. (2010). Comportamiento fenológico de la mandarina 'Arrayana' en el piedemonte del Meta, Colombia. *Agronomía Colombiana*, 28(1), pp. 63-70.
- Orduz, J., Monroy, H., Fischer, G. y Herrera, A. (2009). Crecimiento y desarrollo del fruto de mandarina (*Citrus reticulata*) "arrayana" en condiciones del piedemonte del Meta, Colombia. *Agronomía Colombiana*, 3(2), pp. 149-160.
- Orduz-Rodríguez, J. (2012). Capítulo 4.4. Cítricos. *Manual para el cultivo de frutales en el trópico* (pp. 393-420). Produmedios.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] (2014). FAOSTAT, *Sistema de Información Estadística de la FAO*. Recuperado en julio de 2017 de www.fao.org.
- Orozco-Santos, M. (2006). *Patogenicidad, variabilidad morfológica y genética de Colletotrichum acutatum Simmonds de cítricos en México* [Tesis de Doctorado en Biotecnología Microbiana]. Universidad de Colima, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias.

- Peñalosa, M. y Díaz, G. (2004). *Así se maneja el picudo de los cítricos Compsus sp.* Bogotá: Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), Seccional Cundinamarca.
- Poltronieri, L. S., Trindade, D. R., Albuquerque, F. C., y Duarte, M. de L. R. (2002). *Identificação e controle da rubelose em mogno-africano no Estado do Pará* (pp. 1-2).
- Potts, S. G., Biesmeijer, J. C., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O., y Kunin W. E. (2010). Global Pollinator Declines: Trends, Impacts and Drivers. *Trends in Ecology & Evolution*, 25(6), pp. 345-353.
- Prado, R. (2008). *Nutrição de plantas*. Editorial UNESP.
- Ramírez, F. y Lee-Davenport, T. (2013). Apple Pollination: A Review. *Scientia Horticulturae*, 161(1), pp. 188-203.
- Rebolledo, A. (2012). Fisiología de la floración y fructificación en los cítricos. En Corporación Universidad Lasallista (Ed.), *Cítricos: Cultivo, Poscosecha e Industrialización* (pp. 89-106). Caldas, Antioquia, Colombia: Ed. Artes y Letras S. A. S.
- Ricou, C., Schneller, C., Amiaud, B., Plantureux, S. y Bockstaller, C. (2014). A Vegetation-Based Indicator to Assess the Pollinationvalue of Field Margin Flora. *Ecological Indicators* 45, pp. 320-331.
- Ripa, R., Vargas, R., Larral, P. y Rodríguez, S. (2007). Manejo de plagas en paltos y cítricos. Recuperado de <https://frutales.files.wordpress.com/2011/01/cit-16-manejo-de-plagas-en-paltos-y-cc3adtricos.pdf>.
- Rodriguez, J., Calle, Z. y Montoya-Lerma, J. (2008). Herbivoría de *Atta cephalotes* (Hymenoptera: Myrmicinae) sobre tres sustratos vegetales. *Revista Colombiana de Entomología*.
- Rollin, O., Bretagnolle, V., Decourtye, A., Aptel, J., Michel, N., Vaissière B. E. y Henry M. (2013). Differences of Floral Resource Use Between Honey Bees and Wild Bees in an Intensive Farming System. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 179, pp. 78-86.
- Ruiz, R. y Guardiola, J. (1994). Carbohydrate and Mineral Nutrition of Orange Fruitless in Relation to Growth and Abscission. *Physiologia Plantarum* 90, pp. 27-36.
- Salazar, J. (2011). Manual técnico de la fertilización de cultivos. Microfertisa.
- Schaper, H. y Chacko, E. (1993). Effect of Irradiance, Leaf Age, Chlorophyll Content and Branch-Girdling on Gas Exchange of Cashew (*Anacardium occidentale* L.) Leaves. *Journal of Horticultural Science* 68, pp. 541-550, 64.
- Schulp, C. J., Lautenbachb, S. y Verburg, P. H. (2014). Quantifying and Mapping Ecosystem Services: Demand and Supply of Pollination in the European Union. *Ecological Indicators*, 36(1), pp. 131-141.

- Sharmah, D., Khound, A., Rahman, S. y Rajkumari, P. (2015). Significance of Honey Bee as a Pollinator in Improving Horticultural Crop Productivity in N. E. Region, India: A Review. *Asian Journal of Natural y Applied Science*, 4(1), pp. 62-69.
- Southwick, S. y Davenport, T. (1987). Characterization of Water Stress and Low Temperature. *Plant Physiology* 81, pp. 26-29.
- Srivastava, L. (2002). *Plant Growth and Development: Hormones and Environment*. Academic press.
- Stover, E., Ciliento, S. y Myers, M. (2004). Response of Six Citrus Genotypes to Prohexadione-Ca. *The Plant Growth Regulation Society of America*, 32(2), pp. 86.Paginas
- Syvertsen, J. (1985). Integration of water stress. *Fruit Trees Hort Science*, 20(6), pp. 1039-1043.
- Timmer, L. W. (2000). Lime Anthracnose. En *Compendium of Citrus Diseases* (2nd. ed.). St. Paul, Minnesota, Estados Unidos: The American Phytopathological Society.
- Timmer, L. W., Mondal, S. N., Peres, N. A. y Bhatia, A. (2004). Fungal Diseases of Fruit and Foliage of Citrus Trees. En S. A. M. H. Naqvi (Ed.), *Diseases of Fruits and Vegetables*, volume I (pp. 191-227). Springer Netherlands.
- Toni, H. y Djossa, B. A. (2015). Economic Value of Pollination Services on Crops in Benin, West Africa. *International Journal of Biological Chemical Sciences*, 9(1), pp. 225-233.
- Urban, L., Léchaudel, M. y Lu, P. (2004). Effect of Fruit Load and Girdling on Leaf Photosynthesis in *Mangifera indica* L. *Journal of Experimental Botany* 55, pp. 2075-2085.
- Vicent, A., Mira, J. L. y Dalmau, V. (2014). Síntomas, daños y control de enfermedades causadas por *Phytophthora* y *alternaria* de los cítricos. Gestión integrada de las enfermedades de los cítricos causadas por hongos y oomicetos. *Boletín vida rural* (p. 5).
- Vieira J., N. C. S., Massanori, M. I., Colautos, N. M. (2004). Root Distribution of Rootstocks for 'Tahiti' Lime. *Sci. Agric.*, 61(1), pp. 94-99.
- Wang, Z., y Stutle, G. W. (1992). The Role of Carbohydrates in Active Osmotic Adjustment in Apple Under Water Stress. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 7, pp. 816-823.
- Winfree, R. (2008). Pollinator-Dependent Crops: An Increasingly Risky Business. *Current Biology* 18(20), pp. 968.
- Winfree, R., Gross, B. J. y Kremen, C. (2011). Valuing Pollination Services to Agriculture. *Ecological Economics*, 71(0), pp. 80-88.
- Winkler, V. (1997). Reduced Risk Concept for Prohexadione-Calcium, A Vegetative Growth Control Plant Growth Regulator in Apples. *Acta Horticulturae* 451, pp. 667-671.

- Yuri, J., Lobos, G. y Lepe, V. (2002). Inducción floral. *Pomáceas Boletín Técnico*. Recuperado de <http://pomaceas.otalca.cl>.
- Zucconi, G., Monselise, S. y Goren, R. (1978). Growth-Abscission Relationships in Developing Orange Fruit. *Scientia Horticulturae*, 9(2), pp. 137-146.

Este libro se compuso
en Bogotá, D. C., en el año 2021,
usando tipos Ancízar
y el lenguaje
ConT_EXt