

Mandarina

(*Citrus reticulata* Blanco)

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



Diego Miranda Lasprilla
Judith Figueroa Ramírez
Javier Orlando Orduz Rodríguez
Álvaro Caicedo Arana
Claudia Patricia Pérez Rodríguez
Fabián Parada Alfonso
Rogelio Rodríguez Torres
Edgar Arias Barrera

Convenio

AGROSAVIA
Corporación colombiana de investigación agropecuaria



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

BOGOTÁ



Gobernación de
Cundinamarca



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Mandarina
(*Citrus reticulata* Blanco)

Mandarina

(*Citrus reticulata* Blanco)

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

Diego Miranda Lasprilla

Facultad de Ciencias Agrarias

Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá

Judith Figueroa Ramírez

Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia

Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá

Javier Orlando Orduz Rodríguez

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA

Álvaro Caicedo Arana

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA

Claudia Patricia Pérez Rodríguez

Facultad de Ingeniería

Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá

Fabián Parada Alfonso

Facultad de Ciencias

Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá

Rogelio Rodríguez Torres

Facultad de Ciencias Agrarias

Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá

Edgar Arias Barrera

Facultad de Ciencias Agrarias

Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá

Convenio



Gobernación de
Cundinamarca



Catalogación en la publicación Universidad Nacional de Colombia

Mandarina (*Citrus reticulata* Blanco) : manual de recomendaciones técnicas para su cultivo en el departamento de Cundinamarca / Diego Miranda Lasprilla [y otros siete]. -- Primera edición. -- Bogotá : Universidad Nacional de Colombia : Corredor Tecnológico Agroindustrial CTA-2, 2024

1 recurso en línea (98 páginas) : ilustraciones a color, fotografías.

Incluye referencias bibliográficas

ISBN 978-958-505-509-4 (digital)

1. Mandarinas -- Cultivo -- Cundinamarca -- Colombia -- Manuales 2. Mandarinas -- Abonos y fertilizantes -- Cundinamarca -- Colombia -- Manuales 3. Mandarinas -- Producción -- Cundinamarca -- Colombia -- Manuales 4. Mandarinas -- Costos -- Cundinamarca -- Colombia -- Manuales 5. Mandarinas -- Enfermedades y plagas -- Cundinamarca -- Colombia -- Manuales 6. Técnicas de cultivo -- Manuales 7. Fecundación de las plantas -- Manuales I. Miranda Lasprilla, Diego, 1956-, autor

CDD-23 634.304 / 2024

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

PREPARACIÓN EDITORIAL

Mesa Editorial

Corredor Tecnológico Agroindustrial CTA-2

COORDINACIÓN EDITORIAL:

Luis Gabriel Bautista Montealegre I. A., M. Sc
Rodrigo Orlando Pinzón Caballero I. A.

DISEÑO GRÁFICO:

Sonia Lucía Güiza Ariza

Andrés Conrado Montoya Acosta

IMPRESIÓN:

DGP Editores S.A.S

Bogotá D. C.

2024

CITACIÓN SUGERIDA: Miranda-Lasprilla, D., Figueroa-Ramírez, J., Orduz-Rodríguez, J., Caicedo-Arana, A., Pérez-Rodríguez, C., Parada-Alfonso, F., Rodríguez-Torres, R. y Arias-Barrera, E. (2024). Mandarina (*Citrus reticulata* Blanco): Manual de recomendaciones técnicas para su cultivo en el departamento de Cundinamarca. Bogotá, D. C.: Corredor Tecnológico Agroindustrial CTA-2.

Primera edición, 2024

ISBN impreso: 978-958-505-508-7

ISBN digital: 978-958-505-509-4

CLÁUSULA DE RESPONSABILIDAD: El Corredor Tecnológico Agroindustrial - CTA-2 no es responsable de las opiniones e información contenidas en el presente documento. Los autores/as 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 para su publicación; adicionalmente, los autores/as declaran que no existe conflicto de interés con los resultados de la investigación propiedad de tales terceros. En consecuencia, solo los autores/as 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.



El contenido del presente documento se acoge a la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDeriv 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0 DEED). Su copia o redistribución debe incluir el crédito correspondiente a los autores y autoras, así como a las entidades editoriales y no debe tener fines comerciales. Se puede consultar la licencia en: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.en>.

*Dedicado a todas las personas
que trabajan la tierra*

Corredor Tecnológico Agroindustrial CTA-2

Entidad Ejecutora:
Gobernación de Cundinamarca
Jorge Emilio Rey Ángel
Gobernador

Comité Directivo

Gobernación de Cundinamarca
Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación
Hjalmar Arturo Melo Román

Alcaldía Mayor de Bogotá, D. C.
Secretaría Distrital de Desarrollo Económico
Juanita Rodríguez Garay
Directora de Economía Rural y Abastecimiento Alimentario

Universidad Nacional de Colombia
Vicerrectoría de Investigación
Olga Janneth Gómez Ramírez
Directora de Investigación y Extensión Sede Bogotá

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA
Centro de Investigación Tibaitatá
Carlos Alberto Herrera Heredia
Coordinación de Innovación Regional

Comité Técnico Científico

Corredor Tecnológico Agroindustrial CTA-2

Gobernación de Cundinamarca
Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación
Olga Lucía Guzmán Morales
Asesora de despacho

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 - AGROSAVIA
Centro de Investigación Tibaitatá
Carlos Alberto Herrera Heredia
Coordinación de Innovación Regional
C. I. Tibaitatá

Directora de proyecto

Ingritts Marcela García Niño

Supervisión

Gobernación de Cundinamarca
Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación
Oscar Alberto Villalba Pulido
Gerente de proyectos

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.

Se aclara además que los resultados de investigación obtenidos deben ser comprendidos de acuerdo con el periodo en el que se ejecutó el proyecto y no con el de su fecha de publicación.

Contenido

Agradecimientos y colaboradores	13
Introducción	15
Diagnóstico del sistema productivo	19
Zonas de influencia.....	19
Caracterización de los sistemas productivos	19
Parcelas de Investigación Participativas Agropecuarias	24
Generalidades del cultivo.....	25
Materiales de siembra.....	28
Fenología del cultivo	28
Suelo y clima.....	33
Suelos	33

Temperatura y altitud.....	34
Precipitación.....	35
Humedad relativa.....	36
Manejo integrado del cultivo	37
Instalación del cultivo.....	37
Manejo integrado de fertilización.....	38
Podas.....	41
Inducción de floración	43
Polinización.....	49
Manejo integrado de enfermedades.....	61
Manejo de plagas mediante control natural	67
Potenciales plagas asociadas al cultivo de cítricos	71
Cosecha y poscosecha.....	79
Cosecha.....	79
Poscosecha.....	81
Costos de producción	87
Referencias bibliográficas	89

Agradecimientos y colaboradores

Agradecemos especialmente la colaboración de: Heidy Johanna Muñoz Álvarez, Zulma Paola Molano Avellaneda, Jaime Alonso Báez Acevedo, Heberth Augusto Velásquez Ramírez, Yeinny Carolina Pisco Ortiz, Juan Carlos Campos Pinzón, Umberto Moreno Velandia, Carlos Andrés Báez Mora, Angélica Johanna Puentes Gil, Edwin Rolando Espitia Basallo, Gabriela Franco Arnedo, Luis Miguel Buelvas Puello y Sergio Manuel Rugeles Reyes.

Introducción

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 y su origen parece estar ubicado en el sudeste de Asia, incluyendo el este de Arabia, el área oriental de Filipinas y desde el Himalaya hacia el sur hasta Indonesia.

La mandarina pertenece a la familia Rutaceae especie *Citrus reticulata* Blanco. Los cítricos de este grupo están compuestos por varias especies, así como híbridos intergenéricos e interespecíficos. Los cítricos son cultivos de condiciones subtropicales pero que presentan un apropiado comportamiento productivo en condiciones tropicales. Las principales regiones productoras de cítricos se encuentran ubicadas en el subtrópico, entre los 23° y los 40° tanto de latitud norte como sur, en la zona conocida como “cinturón cítrico del mundo” (Orduz y Mateus, 2012). Dentro de los cítricos, la mandarina es el fruto de las diferentes especies llamadas comúnmente mandarinos, entre ellas *Citrus reticulata*, *Citrus unshiu*, *Citrus reshni*, así como sus híbridos, incluyendo *Citrus × tangerina*, cuya taxonomía aún es discutida (Infoagro, 2018).

La mandarina *Citrus reticulata* Blanco se cultiva en zonas subtropicales ubicadas entre los 23° y los 30° de latitud norte y sur. Los frutos tienen unas características intermedias; son muy jugosos, con un elevado contenido en azúcares, y pueden ser destinados tanto al consumo en fresco como a la elaboración de zumo. En las regiones tropicales (desde el ecuador hasta los 23° o 24° de latitud norte y sur) la calidad del fruto es muy variable, dependiendo de los microclimas y de la altitud. La producción es casi continua a lo largo del año y generalmente los frutos no alcanzan su color característico, si bien son jugosos, muy dulces y poco ácidos, que se destinan principalmente al mercado local.

La producción mundial de cítricos para el período 2018-2019 alcanzó las 101 500 000 toneladas (t), con un aumento interanual del 9 %. De esta producción, el 31,5 % correspondió a pequeños cítricos (más conocidos como mandarinas *Citrus reticulata* y otros). Por su parte, el comercio de exportación, que estuvo previsto en 10 400 000 t, fue repartido entre las exportaciones de naranjas (45,6 %), de mandarinas (26,2 %), de limones y limas (20,1 %) y de pomelos el (8,1 %) (Maluenda, 2019). De otra parte, para el mismo período, el consumo de cítricos en fresco se estimó en 73 200 000 t; entre ellos, las naranjas y las mandarinas fueron los principales cítricos consumidos y representan en conjunto el 83 %, prácticamente a partes iguales. Finalmente, las importaciones de 10 000 000 t corresponderían a naranjas (44,8 %), mandarinas (26,3 %), limones y limas (20,8 %), y pomelos (8 %) (Maluenda, 2019).

Por su parte, la Organización Mundial de Cítricos publicó la primera previsión de la producción de cítricos del hemisferio sur. El informe provisional estimó la cosecha total para 2020 en 8 387 341 t, lo que representó una pequeña disminución del 3 % en comparación con el balance de 2019. En contraste, se estimó un aumento en la exportación del 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. En cuanto a la industrialización, se estimó que un total de 2 426 154 t de cítricos fueran destinados a la transformación industrial, lo que supone una disminución del 15 % en comparación con 2019 (Cítricos de Chile, 2020).

En el contexto nacional Colombia cuenta con un área plantada de cítricos de 84 147 ha, distribuidas en casi 20 departamentos productores del país. La producción total es de 1 289 509 t y el rendimiento promedio 15,4 t/ha. La producción está distribuida en seis núcleos productivos: Costa Atlántica (Atlántico, Magdalena, Cesar y Bolívar); nororiente (Santander, Norte de Santander y Boyacá); centro (Cundinamarca, Tolima y Huila); Llanos Orientales (Meta y Casanare); occidente (Antioquia, Valle del Cauca, Caldas, Risaralda y Quindío), y sur (Cauca y Nariño). De acuerdo con las cifras convenidas en las principales plazas mayoristas del país, el 47 % de la producción nacional corresponde a naranjas, el 27 % a mandarinas y el 26 % a las limas ácidas; este último es el producto de mayor crecimiento en área sembrada en los últimos dos años y mayor visión exportadora (SIOC, 2019).

Como resultado del diagnóstico de los sistemas productivos con énfasis en mandarina, se determinó que existe baja adopción de las tecnologías generadas por varias entidades con respecto al manejo del cultivo; se encontraron labores de manejo artesanales, así como técnicas de cosecha y poscosecha inapropiadas, que generan bajos rendimientos, tanto en los huertos sujetos del diagnóstico como en la zona en general. También, en la zona se detectó envejecimiento de la población económicamente activa y poco relevo generacional, escasez de mano de obra, poca inversión para mejora de los huertos, cultivos con variedades obsoletas y bajas productividades, al igual que pocas posibilidades económicas para renovación de los huertos. Si bien la mandarina en épocas de cosecha genera ingresos para los agricultores, se muestra como un cultivo relegado.

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” (en adelante Subproyecto Mango, Naranja y Mandarina), se realizó la instalación de Parcelas de Investigación Participativas Agropecuarias (PIPA), con el fin de evaluar de manera participativa y fomentar el uso de tecnologías innovadoras en los sistemas de producción agrícola con énfasis en mandarina (*C. reticulata* Blanco), un producto que hace parte del Plan Maestro de Abastecimiento de Alimentos y Seguridad Alimentaria (PMAAB) en nueve municipios de las provincias del Tequendama, Alto Magdalena y Rionegro, en el Departamento de Cundinamarca.

El desarrollo del Subproyecto Mango, Naranja y Mandarina permitió la elaboración del presente manual, recomendado para las condiciones agroecológicas de las zonas productoras del departamento de Cundinamarca; sin embargo, las sugerencias incluidas pueden llegar a ser ajustadas y validadas en otras zonas agroecológicas donde se adelanta la producción de este cultivo.

Diagnóstico del sistema productivo

Zonas de influencia

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

Caracterización de los sistemas productivos

En los municipios objeto del Subproyecto Mango, Naranja y Mandarina se adelantó el diagnóstico de los componentes del sistema productivo con énfasis en mandarina mediante tres técnicas para la captura de información: el sondeo exploratorio, el diagnóstico participativo con productores y las encuestas estructuradas aplicadas a propietarios de las fincas. Con el fin caracterizar, clasificar y tipificar estos sistemas de producción en el departamento de Cundinamarca, del conjunto de técnicas diversas que ofrece el análisis multivariado se utilizaron las siguientes: a) análisis de componentes principales (ACP), b) análisis factorial, c) análisis de correspondencia múltiple (ACM) y d) análisis clúster o análisis de conglomerados (AC). El objetivo de los dos primeros es la simplificación

estructural, y el del último la clasificación o agrupación y el análisis discriminante (Escobar y Berdegué, 1990).

Los resultados de estos análisis fueron socializados con los agricultores participantes en reuniones grupales. Se enfatizó en los problemas detectados a través de la encuesta y se discutieron de manera conjunta las posibles alternativas de solución planteadas a esa problemática desde el punto de vista de la investigación (ajuste o validación de tecnologías) o de procesos de capacitación, divulgación o transferencia de tecnología (Miranda et al., 2018).

Variedades más utilizadas

Se determinó que la variedad más establecida en las zonas productoras de Cundinamarca es la variedad Arrayana (89 % de los huertos), seguida de la mandarina común (China) en los municipios de Anolaima y Cachipay, la variedad Oneco en Cachipay y Pacho (5 %), y la variedad Israelita sembrada en el municipio de Pacho (6 %). Los sistemas de cultivo predominantes son los cultivos intercalados con el café (60 %) y el unicultivo (40 %). Las edades de los huertos se consideran mayores de 20 años, con bajos rendimientos.

Manejo del riego y la fertilización

En los municipios productores vinculados al Subproyecto Mango, Naranja y Mandarina, la labor de fertilización en los cultivos de mandarina es una práctica realizada por el 60 % de los productores en los municipios de Viotá, Anolaima, Anapoima, Cachipay, Pacho y El Colegio; de estos, el 70 % de los agricultores hace fertilización sin asesoría técnica, partiendo de experiencias propias o empíricamente. Los fertilizantes se dirigen principalmente al cultivo del café como cultivo principal de las fincas; la frecuencia de aplicación es de cada seis meses (20 % de los productores), cada año (50 % de los productores) y cada dos años (30 % de los productores). Estas cifras reflejan el manejo deficiente de esta práctica en toda la zona productora de mandarina y la falta de capacitación de los productores.

Con respecto al riego, solo el 36 % de los productores encuestados en los municipios mencionó contar con disponibilidad de riego para sus cultivos, con excepción de los agricultores de los municipios de La Mesa y Tocaima, donde el 100 % de

los encuestados no cuenta con sistemas de riego. Por su parte, quienes aplican algún sistema de riego a sus cultivos efectúan esa práctica mediante sistemas de riego por aspersión, por goteo, a través de mangueras perforadas o manualmente, mediante baldes y mangueras; en estos casos obtienen el agua directamente de reservorios, nacederos y/o quebradas (Miranda et al., 2018).

Podas

En cultivos de mandarina ubicados en los municipios de Tocaima, Viotá, El Colegio y Pacho, el 100 % de los productores asegura realizar podas sobre sus cultivos; en los demás municipios solo el 71 % de los agricultores realiza dicha práctica. Las podas de mantenimiento y sanitarias son las más utilizadas y, en menor proporción, las de formación, que son de vital importancia para el crecimiento adecuado de los árboles, la distribución de los nutrientes y las labores de cosecha. Solo el 20 % de los productores mencionó haber recibido capacitación sobre este tema, lo que indica que la técnica de poda es realizada empíricamente en su mayoría (Miranda et al., 2018).

Manejo de plagas

Con relación al manejo fitosanitario del cultivo de mandarina en los municipios de influencia del Subproyecto Mango, Naranja y Mandarina, los productores encuestados mencionaron la presencia de plagas como ácaros, palomillas, trips, pulgones, minadores, picudos, piojos blancos y hormigas arrieras. El 70 % de los agricultores encuestados mencionó que estos insectos eran controlados principalmente con la aplicación de moléculas de síntesis química de diferente toxicidad; algunos (25 %) señalaron no hacer control, porque aseguran que el cultivo tolera las plagas, y el 15 % restante realiza controles manuales y biológicos.

En cuanto a enfermedades, los resultados de las encuestas reportaron la presencia de antracnosis, alternaria, gomosis y fumagina en el 80 % de los huertos. El control de estas enfermedades es diferente en los municipios, pero en general se considera bajo, ya que solo cerca del 15 % de los productores asegura realizar control sobre las enfermedades mencionadas mediante la aplicación de fungicidas; los demás productores (85 %), mencionaron que no hacen controles porque no se considera de importancia para el cultivo.

Para la realización de los controles fitosanitarios, se determinó que el 75 % de los productores de los municipios dice no utilizar equipo de protección personal a la hora de realizar las aplicaciones de agroquímicos, con excepción de los agricultores de los municipios de Anapoima y Viotá, donde el 80 %, de los encuestados aseguran emplear protección para la aplicación de productos de control sanitario en sus fincas (Miranda et al., 2018).

Manejo de arvenses

El manejo de arvenses en el cultivo de mandarina es realizado por el 90 % de los productores de los municipios vinculados al Subproyecto Mango, Naranja y Mandarina. El manejo se da principalmente mediante el uso de machete o guadañadora y, en menor proporción (5 %), con la aplicación de herbicidas. Adicionalmente, el 100 % los productores realizan una práctica conocida como “desinjertar,” la cual consiste en subirse a los árboles y desprender de estos las plantas hemiparasitas, como la del género *Struthanthus* (pajarita).

Manejo de la floración

En condiciones tropicales el estrés hídrico es el principal factor que afecta la floración, al igual que la precipitación en temporadas secas (Orduz y Fischer, 2007). En general, las zonas productoras de mandarina vinculadas al Subproyecto Mango, Naranja y Mandarina reportan dos épocas de floración: una principal y otra secundaria, o de mitaca, que se producen en meses diferentes según la zona.

A diferencia de la naranja, la mandarina parece mantener una floración regular en concordancia con los ciclos de lluvia. Así, los productores de los municipios de Anapoima, reportan una floración principal entre los meses de febrero a abril, y una secundaria entre los meses de julio a octubre; En Pacho, se reporta la floración principal en el trimestre de agosto a octubre, y la secundaria en el trimestre de septiembre a noviembre; mientras que en el municipio de El Colegio, la floración principal se da en el trimestre abril a junio, y la secundaria entre los meses de septiembre a diciembre. Solo el 5 % de los productores encuestados reportaron el uso de sustancias promotoras de la floración en este cultivo (Miranda et al., 2018).

Problemáticas detectadas en los sistemas productivos

Finalmente, el diagnóstico permitió identificar las limitantes físicas, tecnológicas, económicas y socioculturales de los sistemas productivos de mandarina en los municipios de influencia del Subproyecto Mango, Naranja y Mandarina, entre las que se destacan:

- **Componente físico:** periodos prolongados de carencia de agua y baja fertilidad natural de los suelos.
- **Componente tecnológico:** 1) Desconocimiento técnico en el manejo integrado del cultivo. 2) Cultivos con bajo nivel de tecnificación. 3) Variedades obsoletas y huertos con edades superiores a los 20 años. 4) La mandarina se considera un cultivo secundario después del café. 5) Falta de asistencia técnica agrícola especializada en el cultivo. 6) Criterios de fertilización a partir de la experiencia personal o referencial.
- **Componente económico:** 1) Carencia de recursos para inversión en el cultivo. 2) Bajos precios de la fruta en el mercado. 3) Ausencia de canales de comercialización. 4) Productos con escaso valor agregado y nivel de transformación. 5) Concentración de la producción.
- **Componente sociocultural:** 1) Envejecimiento de la población productora y económicamente activa. 2) Escasez de mano de obra. 3) Carencia de talento humano joven con 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, falta de acompañamiento social y comunitario. 6) Carencia de organización en los productores. 7) Falta de programas que incluyan la formación de un relevo generacional.

Con base en estas problemáticas identificadas en el diagnóstico, el Subproyecto Mango, Naranja y Mandarina reorientó los objetivos específicos de la investigación, validación y el ajuste de tecnologías previstos en el proyecto, con miras a desarrollar alternativas de solución desde la ciencia y la tecnología (Miranda et al., 2018).

Parcelas de Investigación Participativas Agropecuarias

Una vez desarrollado el diagnóstico, con el fin de ajustar y validar opciones tecnológicas que permitieran fomentar su uso por parte de los productores de mandarina, el Subproyecto Mango, Naranja y Mandarina formalizó convenios con los productores para la instalación de Parcelas de Investigación Participativa (PIPA) en fincas de productores de mandarina en Cachipay (vereda Peña Negra), La Mesa (vereda Laguna Verde), Anapoima (vereda Providencia) y Pacho (vereda Gavilán).

Para la selección de los posibles candidatos en donde se establecería cada PIPA, previa postulación por parte de los productores vinculados al Subproyecto Mango, Naranja y Mandarina, se escogieron aquellas parcelas con condiciones agroclimáticas adecuadas para el desarrollo del cultivo, que fueran equidistantes con respecto a los demás predios de los productores vinculados al subproyecto, y preferiblemente con vías de acceso adecuadas para la movilización del personal y los materiales. Por otro lado, el productor escogido debió manifestar su disponibilidad para implementar las tecnologías, ser receptivo y estar dispuesto a realizar las labores asignadas en el desarrollo de la PIPA, así como permitir en esta la realización de eventos de transferencia de tecnología. Cada productor vinculado al Subproyecto procedió a firmar una carta de compromiso con los responsables de su administración.

Generalidades del cultivo

La mandarina es un cultivo permanente cuya longevidad varía entre los 30 y los 40 años. Comprende diferentes etapas de desarrollo, cuya duración depende de la zona y la oferta agroecológica donde se establezca el cultivo, de la especie, variedad o híbrido y del manejo agronómico integrado que se le practique al mismo. En Colombia, es el segundo cítrico en importancia y en área cultivada – después de la naranja –, y abarca cerca de 22 719 ha en todo el territorio (SIOC, 2019). La producción de esta fruta está liderada por el departamento de Santander (con un área aproximada de 5150 ha cultivadas y una producción de 79 283 t), seguido de Cundinamarca (con 2454 ha cultivadas y 18 092 t producidas en 2019) (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR], SIOC, 2019).

La producción de mandarina en los municipios de Cachipay y Pacho se centra en la variedad Arrayana. En el año se presentan dos periodos de floración y de cosecha. La floración en el municipio de Cachipay se da marzo a mayo, y de octubre a diciembre; en el municipio de Pacho, de octubre a noviembre y de febrero a abril. Además, en el municipio de Pacho se presentan dos periodos de cosecha de mandarina; el principal, ocurre entre junio y agosto, el secundario, entre noviembre y enero. Esto genera una sobreoferta de la fruta durante estos meses, lo que ocasiona una baja en el precio de la canastilla; esto impide recuperar la inversión inicial hecha por los productores, por lo que se afectan sus ingresos y la comercialización.

Materiales de siembra

C. reticulata Blanco es el grupo de mandarinos más cultivados a escala mundial. Son variedades adaptadas a las altas temperaturas y se cultivan en áreas tropicales y subtropicales. Se caracterizan por tener un fácil pelado; son árboles de mediano porte, muy ramificados, de flor pequeña y abundante, y con frecuencia presentan tendencia a la alternancia (Orduz y Mateus, 2012). Teniendo en cuenta las características de estos árboles, su hábito de floración y las características de su fruto, se cree que a este grupo corresponden las variedades sembradas en Colombia; allí también se encuentra la mandarina Arrayana (Orduz y Mateus, 2012)

Las variedades de mandarina más cultivadas son Arrayana y Oneco, que tienen una alta aceptación en el mercado; no obstante, hay materiales seleccionados regionalmente, como la mandarina ‘Común’ y la Lisa Santandereana (Orduz y Mateus, 2012). Hay que tener en cuenta que las mandarinas (*C. reticulata* Blanco y *C. unshiu* Marc.) son un grupo de cítricos compuestos por numerosas especies, así como por híbridos intergenéricos e interespecíficos.

Morfología de la mandarina

Orduz, Monroy, Barrera, et al. (2012) realizaron un trabajo de caracterización morfoagronómica de la mandarina arrayana en el Centro de Investigación La Libertad de AGROSAVIA. A continuación se referencia esa información:

Planta: árboles con hábito de crecimiento erecto, ramificación densa y copa con forma esferoide; la inserción de las ramas al tronco principal presenta ángulos agudos. Los árboles presentan una altura promedio de 4,26 m y un diámetro de copa de 4,5 m.

Raíz: en el cultivo comercial los cítricos se multiplican por medio del injerto sobre un pie o portainjerto. Como producto de esta práctica, en la planta conviven en forma simbiótica dos variedades o especies con exigencias propias, lo que genera una serie de interacciones fisiológicas y de comportamiento.

Las raíces de los cítricos carecen de pelos radicales, que son escasos o muy cortos. En consecuencia, el sistema radicular explora capas superficiales, ricas

en oxígeno y en nutrientes fácilmente disponibles. Su crecimiento es cíclico, alternando con el crecimiento de la parte aérea, aunque a medida que 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.

Existen distintas distribuciones del sistema radical según la especie; por ejemplo, el Naranja Agrio presenta un vigoroso y extenso sistema radical, caracterizado por la presencia de abundantes raíces finas o de absorción, muchas veces laterales. La raíz principal está presente, pero frecuentemente dividida en varias raíces, después de penetrar unos 30 cm o más del suelo. El sistema radical de la mandarina Cleopatra es muy similar al del Naranja Agrio, con muchas raíces finas entre los 61 y los 91 cm de profundidad.

En *C. volkameriana*, el crecimiento de la parte aérea en las plantas inoculadas tuvo similar proporción con el crecimiento del sistema radical, por lo que el efecto no fue significativo con las plantas testigo. Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) produjeron incrementos superiores a 1500 %, 950 % y 700 % en la concentración de fósforo (P) en hojas, tallos y raíces, respectivamente, en comparación con el testigo.

Tronco: cuenta con una superficie lisa de color marrón y un diámetro promedio de 17,37 cm.

Hojas: el color de las hojas es verde oscuro en el haz y verde claro en el envés; el grosor promedio de la hoja es de 0,35 mm; con una anchura y longitud promedio de 45,4 mm y 71,9 mm, respectivamente. Son hojas perennes, simples, de forma oval, con ápice emarginado y base cuneada, margen crenado y nervios planos en el haz. El pecíolo mide menos de 10 mm y no presenta alas; es más corto que la lámina foliar, cuenta con una unión articulada entre el pecíolo y la lámina foliar, y recta entre el pecíolo y la rama.

Flores: solitarias, hermafroditas, pueden ser axilares y/o terminales, tienen cinco pétalos blancos, anteras de color amarillo con dehiscencia longitudinal y más cortas que el estigma, el estilo es recto. El tamaño promedio de los pétalos es de 10,43 mm de largo y 3,9 mm de ancho.

Fruto: la corteza del fruto tiene una estructura papilar en la superficie; presenta un espesor de 2,6 mm, correspondiente al 25 % del peso total del fruto. El peso promedio del fruto al momento de cosecha es de 180,6 g; tiene un diámetro promedio ecuatorial de 56,2 mm y polar de 78,6 mm. El color del albedo es blanco con una adherencia media al endocarpio, y el fruto no presenta areola. El número promedio de gajos por fruto es de 10,6; tienen una apariencia uniforme y adherencia media entre sí, acompañada de una unión precedida por un eje hueco. La pulpa es de color naranja oscuro, con firmeza blanda a media, y textura carnosa y jugosa; las vesículas de jugo son finas y uniformes de tamaño medio. Los frutos presentan un contenido de jugo promedio del 37,7 %; sólidos solubles totales de 8 %; acidez titulable de 0,76 y una relación de madurez (°Brix/ acidez) de 10,0 a 10,4.

Semillas: son rugosas, de color crema y forma claviforme, con una longitud promedio de 11,5 mm y un ancho promedio de 6,6 mm. El cotiledón es verde claro y la chalaza de color marrón claro.

Fenología del cultivo

En el caso de las plantas el desarrollo que tienen es evaluado generalmente con una escala internacional generada hacia los años 90 para cada una de las especies, llamada escala BBCH, que muestra una codificación para cada una de las etapas por las cuales pasa la planta. Esta escala se basa en un código decimal que identifica el desarrollo de las plantas monocotiledóneas y dicotiledóneas con estadios principales y secundarios, y ha sido aceptada ampliamente en los últimos años.

Las etapas que hacen parte del ciclo de vida de los cítricos son: desarrollo en vivero (que comprende de 1 a 3 años), desarrollo del árbol joven (desde los 2 hasta los 5 años), desarrollo de la producción (de los 3 a los 7 años), y se inicia un periodo de plena producción desde los 8 hasta los 20 años; luego inicia el periodo de producción decreciente que se da entre los 20 y los 40 años (Amórtegui, 2001).

Vegetativo: el estadio vegetativo se asocia principalmente con estados juveniles del árbol, periodo durante el cual el crecimiento es exponencial y se desarrollan

ciertas estructuras características de la 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).

Reproductivo: estado en el cual la planta pasa por las fases de floración, cuajado, caída fisiológica, crecimiento y desarrollo del fruto, y finaliza con su maduración.

Floración: debido a que la intensidad y momento de floración están ligados a factores climáticos, 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 períodos de inactividad (Cassin et al., 1969; Rebolledo, 2012).

La floración de los cítricos presenta tres fases: 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 meristemas 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 et al., 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).

Según la especie, la proporción de ocurrencia de estos brotes cambia. Es así como en mandarinos Clementinos las flores solitarias son las más abundantes (50 %), seguidas por los brotes campaneros (20 %); los brotes mixtos, ramilletes y vegetativos representan el 10 % cada uno (Agustí, 1980; Pons et al., 1989).

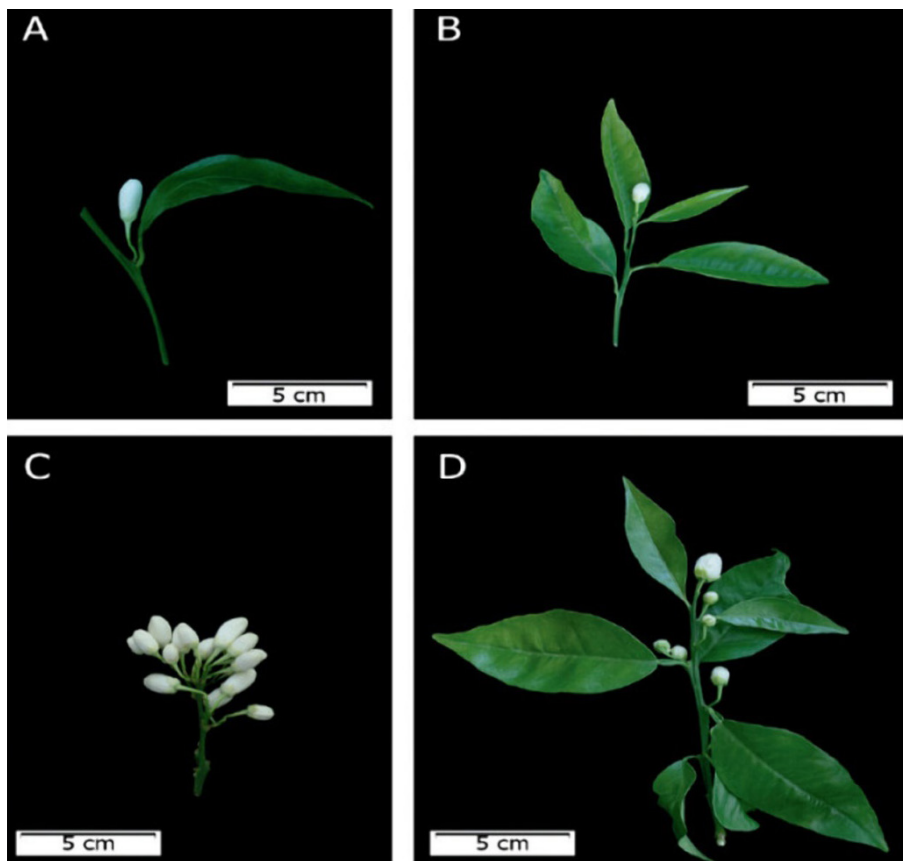


Figura 1 Tipos de brotes reproductivos en cítricos: a) flor solitaria, b) brote campanero, c) ramillete de flores y d) brote mixto.

Fuente: Agustí (2003).

Cuajado: el cuajado ocurre desde el final de la antesis (floración), 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). En las variedades con semilla –como es el caso de la mandarina Arrayana–, el cuajado depende de la polinización y la fecundación

de las flores; sin embargo, estas cuajan con mayor facilidad que las variedades sin semilla (Rebolledo, 2012). 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 et al., 1978; Agustí et al., 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, que genera la caída de flores y ovarios, y durante el desarrollo del fruto, que genera la caída de frutos en crecimiento (Rebolledo, 2012). No obstante, en algunos casos se observa un solo evento continuo que presenta un pico máximo entre las semanas seis y 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 se presentan tres fases de abscisión: una seis días después de la antesis que 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 et al., 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 et al., 2003).

Suelo y clima

Suelos

La planta de mandarina, por tratarse de un cítrico, tiene una gran capacidad de adaptación a un variado tipo de suelos. Esto no significa que no presente algunas exigencias, ya que la longevidad, el estado sanitario, su productividad y la calidad de la fruta, dependen de una u otra manera de las características de los suelos.

Las raíces de *Citrus reticulata* Blanco son exigentes en cuanto a oxígeno, por ende los suelos deben poseer muy buena aireación. Con respecto a la permeabilidad, no debe ser excesiva, ya que podría producirse el lavado de los fertilizantes (lixiviación) hacia zonas más profundas, donde no llegan las raíces con mayor capacidad de absorción. Tampoco es recomendable una baja permeabilidad, ya que trae como consecuencia problemas graves, especialmente la acumulación de agua en la superficie y en la zona de las raíces, produciendo asfixia radicular y diferentes tipos de gomosis.

Los suelos ideales para plantar mandarina son los de permeabilidad media y con una infiltración elevada, que corresponden a suelos de textura media, de

tipo arenoso-franco a franco-arenoso. En la zona de estudio se analizaron diferentes tipos de suelos con resultados de fertilidad variables.

Otra de las condiciones importantes que se analizaron en los huertos en estudio fue la referida a la profundidad efectiva del suelo; se encontraron suelos desde poco profundos hasta con profundidades superiores a 1 m. Este factor se consideró al momento del diseño de los planes de fertilización.

Las propiedades químicas del suelo para el establecimiento de este cultivo son determinantes para su calidad y rendimiento, debido a que los cítricos absorben nutrientes durante todo el año, pero la absorción es más acentuada durante las etapas de floración y formación de la fruta. El calcio (Ca^{++}) es el elemento más abundante en las partes vegetativas de la planta, seguido por el nitrógeno (N), potasio (K^{+}), magnesio (Mg^{++}), azufre (S) y fósforo (P). Sin embargo, el nitrógeno y el potasio son los más abundantes en el fruto. Cerca del 30 % del nitrógeno total en la planta y el 70 % del potasio se localizan en el fruto, por lo cual se requieren suelos con alta fertilidad y un pH con valores entre 5,5 y 6,5; en este rango los elementos que la planta necesita están en máxima disponibilidad.

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 m s. n. m., aunque tienen importancia comercial hasta los 1500 y 1600 m s. n. m.. Las temperaturas óptimas para cítricos se ubican entre los 18 y 30° C; para climas medios se eligen las variedades tempranas en las regiones subtropicales, y las variedades tardías en las regiones cálidas (Orduz y Mateus, 2012).

El grupo de las mandarinas es la especie con mayor adaptabilidad climática; se adapta tanto a zonas subtropicales como desérticas (Anderson, 1996). Sin embargo, las distintas variedades existentes presentan requerimientos climáticos específicos, debido a las características ambientales de las zonas donde se ha seleccionado cada variedad (Orduz, Monroy, Fischer y Herrera, 2009; Orduz et al., 2012).

Precipitación

En general, el consumo de agua anual de los cítricos varía entre 750 mm en zonas templadas, y 1200 mm en 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 necesaria una adecuada distribución (Agustí, 2003).

Por otra parte, la alternancia en cítricos es más frecuente en la mandarina Arrayana (*C. reticulata* Blanco) y en el tangelo Mineola (*C. reticulata* Blanco × *C. paradisi* Macfad) que en el resto de los cítricos. Esto indicaría una mayor sensibilidad de estos cultivares a condiciones de estrés hídrico en las fases de floración y cuajado (Orduz y Garzón, 2012).

En específico, la mandarina Arrayana es una variedad de entrada tardía con alternancia de cosechas inducida por el comportamiento de las lluvias extemporáneas durante las épocas secas; en algunos casos, las producciones pueden disminuir considerablemente por el adelanto de lluvias extemporáneas a las épocas invernales (Orduz, 2007a; Orduz, 2012; Orduz et al., 2010).

El estrés hídrico en cítricos puede afectar la inflorescencia y la fecundación, y producir aborto floral y abscisión del fruto (González y Castel, 2003); además, el crecimiento de hojas nuevas es muy sensible al déficit hídrico, que llega a generar el cese total de la emisión de brotes vegetativos durante los periodos prolongados sin riego; no obstante, tan pronto se reanudan las lluvias se reanuda este proceso (Syvertsen, 1985; González y Castel, 2003). En general, el estrés hídrico y la temperatura son los factores inductivos primarios de la floración, pero es el estrés hídrico el más importante bajo condiciones tropicales (Agustí, 2003).

Para el caso específico de la mandarina Arrayana, en el país se ha comprobado el efecto inductor que tiene el estrés hídrico en la floración. Bajo condiciones del piedemonte llanero en el departamento del Meta se contabilizaron 90 días de estrés para inducir la floración; bajo estas condiciones solo se presenta una floración al año, dado el comportamiento monomodal de las lluvias (Orduz, 2007a, Orduz y Fischer, 2007).

Humedad relativa

Los cítricos se adaptan bastante 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 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 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, caída que aumenta cuanto menor sea la humedad relativa y que además, puede llegar a afectar el tamaño final del fruto (Agustí, 2003).

Manejo integrado del cultivo

Instalación del cultivo

Preparación del terreno

Desde los recorridos iniciales para realizar la caracterización de los sistemas de producción, se percibieron diferentes niveles de tecnología empleados para el establecimiento de los huertos. Por la topografía predominante en las zonas de cultivo, se observó la ausencia de preparación generalizada de los lotes de cultivo, que consiste en el trazado y posterior preparación del sitio de plantación. Esto es seguido por el ahoyado, donde se encontró que los productores realizan aplicaciones de correctivos (cal y gallinaza) y luego realizan la siembra de árboles provenientes de viveros regionales con patrones como *M. Cleopatra*, *L. Rangpur*, *L. rugoso* y de introducción reciente, el patrón Sunki× English.

Siembra

En la zona de estudio fueron identificados sistemas tradicionales de siembra caracterizados por el uso de distancias de plantación de 8 × 6 m, 8 × 7 m y 8 × 8 m,

con densidades de plantación también diferentes, tanto en unicultivo, como en los sistemas intercalados con café (municipios de Pacho y Cachipay). Para los nuevos huertos se utilizó la recomendación de AGROSAVIA (2007), para árboles injertados sobre mandarina Cleopatra, como en mandarina Arrayana, distancias de siembra de 8m entre surcos, por 5m entre plantas, en un sistema de tresbolillo, debido a que los suelos de esta zona son susceptibles a erosión por sus altas pendientes.

Manejo integrado de fertilización

Mantener los árboles fertilizados ayuda a que 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 la calidad del fruto (Morales, 2007). El pH es un factor para tener en cuenta pues interviene la absorción de nutrientes; así, un suelo con fuerte acidez es pobre en bases (calcio, magnesio, potasio), en él la actividad de los microorganismos se reduce y el fósforo disponible disminuye al precipitarse con el hierro y el aluminio.

Análisis de suelos

El análisis de suelos es 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 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.

La extracción de nutrientes por el cultivo

La mandarina es un cultivo exigente en macronutrientes como nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S), y también en micronutrientes como el hierro (Fe), cobre (Cu), manganeso (Mn), zinc (Zn), boro (B), y molibdeno (Mo). La extracción de estos nutrimentos es constante durante el año, pero la absorción es más acentuada durante las etapas de floración y formación de fruta. El calcio (Ca) es el elemento más abundante en las partes vegetativas de la planta, seguido por el nitrógeno (N), potasio (K), magnesio (Mg), azufre (S) y fósforo (P). Cerca del 30 % del nitrógeno total en la planta y el 70 % del potasio se localizan en el fruto.

Una de las formas prácticas para determinar los requerimientos nutricionales de los cítricos es mediante el cálculo de la remoción de nutrientes en los frutos cosechados, es decir, los nutrientes que salen definitivamente del campo en la parte de la planta que es comercializada. La absorción de nutrientes depende de varios factores, entre los que se pueden mencionar la variedad, el clima, el suelo, la edad de la planta y el nivel de rendimiento. En la Tablas 1 y 2, se observan los valores de extracción de los elementos por las plantas de mandarina.

Tabla 1 Extracción de nutrientes (g/tonelada de fruta fresca).

Macronutrientes	N	P ₂ O ₅ (P)	K ₂ O (K)	MgO (Mg)	CaO (Ca)	S
g/t de fruta fresca	1532	376 (165)	2465 (2046)	184 (110)	706 (508)	111

Fuente: Malavolta (2006).

Tabla 2 Extracción de micronutrientes (g/t de fruta fresca).

Micronutrientes	Fe	Mn	Zn	Cu	B
g/t de fruta fresca	2,6	0,4	0,8	0,6	1,3

Fuente: Malavolta (1989).

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 y los suelos con bajo contenido de materia orgánica, que en épocas de altas precipitaciones favorecen la deficiencia de nitrógeno (N) en los cultivos. 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 con máxima disponibilidad de nutrientes para las plantas. 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 (Prado, 2008).

Finalmente, bajo la asesoría de un ingeniero agrónomo, se debe calcular la cantidad necesaria de fertilizante que requiere el cultivo de mandarina, teniendo en cuenta los resultados de análisis de suelo, los requerimientos del cultivo, las fuentes y la frecuencia de aplicación. Se recomienda la ubicación de los fertilizantes en las zonas de mayor absorción del sistema radical, para lograr un uso eficiente del nutriente, prevenir posibles eventos de toxicidad por sales y disminuir el daño potencial en el medio ambiente.

Fertilización foliar

La aplicación foliar de nutrientes minerales brinda un suministro de elementos indispensables para la planta en estados críticos de deficiencias, siendo hasta 30 veces más rápido y eficiente que el método de aplicación al suelo; sin embargo, el efecto se considera temporal. En este sentido, las aplicaciones de urea y nitratos son las de mayor frecuencia 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).

Con base en lo anterior, aplicaciones foliares de urea en solución con agua al 1,6 % estimulan la iniciación e intensidad floral en mandarina Clementina (El-Otmani et al., 2004), mientras que la aplicación de nitratos como KNO_3 disuelto en agua al 6 % han demostrado promover la generación de brotes

vegetativos y florales en limón mexicano 30 días después de su aspersión (Medina y Alcalde, 1993). Actualmente el KNO_3 es usado comercialmente para el adelanto de la floración en mango y cítricos; no obstante, dicho producto tiene un costo elevado, es de venta restringida y para su uso se debe contar con la asesoría de un experto.

Podas

La realización de podas sobre los árboles de mandarina tiene como finalidad modificar los ejes de crecimiento, mediante cortes manuales o mecánicos del tejido, de acuerdo con la fenología de la planta (Miranda, 2010) y hace parte fundamental del manejo agronómico del cultivo. Cuando los árboles no son podados su crecimiento es libre, irregular y 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 se dificultan.

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 producción intensiva 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 una parte del sistema radical de la planta. En caso de realizarla, 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 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.

Poda de formación

Este tipo de poda tiene como finalidad mantener la forma inicial de los árboles dada en la poda estructural; busca el engrosamiento de las ramas primarias y la formación de ramas secundarias y terciarias, con un número de terminales adecuado 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 una buena circulación del aire y entrada de radiación al interior de la copa (Miranda, 2010) (Figura 2).



Figura 2 a) Árbol de mandarina en fase de crecimiento inicial sin poda estructural. b) Árbol de mandarina con poda de formación.

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

Foto. a) Laura Lasso. b) Zulma Molano.

Poda de mantenimiento

En la poda de mantenimiento se realizan principalmente despuntes, entresaque de ramas, eliminación de ramas delgadas entrecruzadas, 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 estructuras florales al terminar la cosecha, ya que estos se convierten en focos de enfermedades por hongos o bacterias.

Poda de producción

Esta poda debe estar acompañada de un buen manejo nutricional de las plantas y un adecuado suministro de riego, además, debe 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; 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 (Miranda, 2012).

Poda de rejuvenecimiento

Algunas variedades de cítricos con edades avanzadas presentan dificultades para la recolección, distribución de la producción, 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 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 (Miranda, 2012).

Poda de renovación

Consiste en el cambio de la copa de los árboles, ya sea porque estas cuentan 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.
- **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 recomendable realizar una siembra nueva (Miranda, 2012).

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 transformarse en yemas florales (Yuri et al., 2002). En cítricos, obtener frutas fuera de la temporada normal de producción mediante prácticas de estimulación de la floración representa la opción más adecuada para extender el período de cosecha de los frutales y comercializar con mayores ventajas económicas

en los mercados nacionales e internacionales (Becerril y Rodríguez, 1989). En efecto, entre los beneficios del uso de técnicas para inducción floral en árboles frutales, sobresale el poder anticipar o retrasar 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 et al., 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 et al., 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 et al., 1995); consiste en la remoción de pequeñas secciones en forma de anillo de la corteza del tallo o rama, lo que 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 al., 1995; McNeil y Parsons, 2003; Urban et al., 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 2 mm (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. 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 et al., 2004).

Aplicación de reguladores de crecimiento

La aplicación de reguladores de crecimiento puede inducir procesos fisiológicos en las plantas como la brotación reproductiva. Entre los fitorreguladores más usados en cítricos sobresalen:

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) 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 al., 1996; Martínez et al., 2002; Monteiro da Cruz et al., 2008). Acompañado de bajas temperaturas (16° C)

incrementa la floración hasta en un 214 % con concentraciones de 819 mg/l (Monteiro da Cruz et al., 2008). El efecto del PBZ sobre la floración depende de distintos factores, como la cantidad inicial de frutos en el árbol y la época de la aplicación. De acuerdo con esto, el PBZ se debe aplicar después del reinicio del crecimiento vegetativo, un mes y medio después de la poda, dependiendo del cultivar, con lo cual se puede adelantar cerca de un mes la floración y la cosecha (Davenport, 2006).

Evaluaciones sobre el efecto del etileno y el PBZ sobre la emisión de brotes vegetativos y reproductivos de mandarina muestran que, con relación a la variable de número de flores, se observa una emisión constante entre las semanas dos a siete de la evaluación, lo que difiere con el comportamiento observado en la emisión de brotes reproductivos. Los valores encontrados oscilaron entre 0,55 y 0,44 flores/0,25m² de copa para el tratamiento con PBZ, y entre 0,11 y 0,33 flores/0,25m² de copa para el grupo de control y el tratamiento con etileno, respectivamente (Cáceres, 2018).

Para el número de frutos cuajados, se determinó la formación de los mismos desde la semana dos hasta la siete; el valor máximo se alcanzó en la semana cinco, una semana después del pico de emisión de brotes reproductivos. Los valores promedio observados para esta variable fueron de 81,88; 78,66 y 72,22 frutos/0,25m² de copa para los tratamientos de PBZ, control y etileno, respectivamente.

También se observó que en plantas de mandarina la proporción de los tipos de brotes emitidos cambió en función del tratamiento y del momento de la emisión (Figura 3). Para este efecto se tomaron únicamente los tres picos de emisión más intensos durante las 30 semanas de seguimiento, que corresponden a las semanas 4, 18 y 26. Se puede notar cómo los picos de emisión de las semanas 4 y 26 fueron mucho mayores al pico presentado en la semana 18, además de mostrar que en este último primaron los brotes reproductivos por encima de los vegetativos. También se observa que los brotes mixtos se presentaron en mayor proporción en los tratamientos con PBZ y etileno, y que en el control priman los brotes reproductivos del tipo campanero (Figura 3) (Cáceres, 2018).

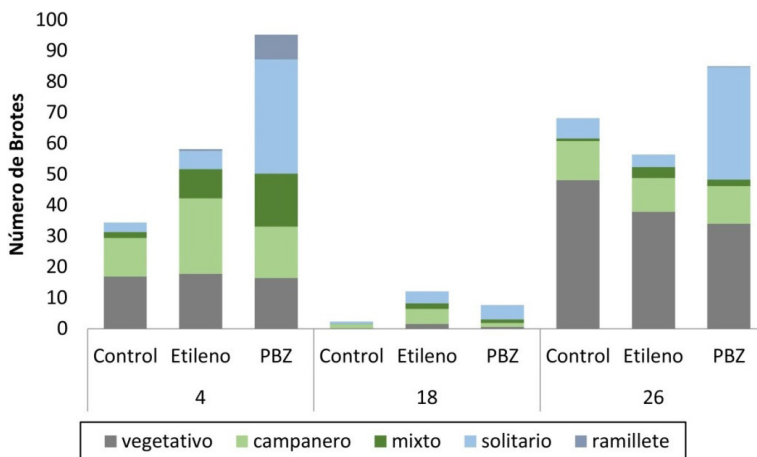


Figura 3 Cantidad de los distintos tipos de brotes emitidos en los tres picos de emisión identificados. Fuente: Cáceres (2018).

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 et al., 1997; Winkler, 1997; Fallahi, 1999; Bubán et al., 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 et al., 2004). Para el caso de cítricos (*Citrus paradisi* cv. Duncan, *C. reticulata* Blanco cv. Sun Cha Sha, *C. macrophyla*, *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 al., 2004).

Recomendaciones para el uso de reguladores de crecimiento

Antes de la aplicación de cualquier inductor se debe tener presente la especie vegetal y su estado fenológico, su edad, la maduración de los brotes y algunas

prácticas complementarias como podas, nutrición y agobios, entre otras; así como la concentración endógena de las fitohormonas al momento de la aplicación y las condiciones ambientales predominantes en la zona del cultivo. Si bien las respuestas iniciales de la aplicación de los inductores son impactantes, se debe recordar 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 (Miranda, 2019).

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 la de poblaciones de polinizadores silvestres (Schulp et al., 2014). Los cultivos 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).

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 al., 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 al., 2007; Winfree et al., 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 et al., 2011).

En términos económicos, la polinización mediada por insectos reviste una gran importancia. De acuerdo con Melathopoulos et al. (2015) y con Gallai et al., (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 et al., 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 al., 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 27 % 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 et al., 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 al., 2011).

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

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 (Winfree, 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.

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 ilerda</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. ribifloris</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).

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 al., 2013; Ricou et al., 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 al., 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 daemionica*, *Nannotrigona* sp., *Paratrigona* sp. y *Frieseomelitta* sp., todas ellas polinizadoras en las zonas evaluadas. Sin embargo, dentro de las especies identificadas, algunas son de difícil manejo (como *Oxytrigona* sp.) y otras no producen recursos secundarios como miel (*Plebeia* sp.).

Importancia de la conservación de polinizadores en los agroecosistemas

El 22,6 % de la producción agrícola en países en desarrollo, y el 14,7 % en países desarrollados, depende directamente de la polinización animal (Aizen et al., 2008); 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 al., 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-Observatorio de Agentes Polinizadores, 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 al., 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; 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. Este rápido aumento de la producción agrícola dependiente de la polinización es superior al de la población mundial de abejas domesticadas y podría poner en riesgo las poblaciones de polinizadores silvestres, al acelerar la destrucción de su 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 o mandarina.

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.

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 reutilizarán 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 para no perder abejas y ubicarlas, en lo posible, a mínimo a 200 m 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 cuyo procedimiento consiste en el uso de botellas plásticas recicladas de 2 a 3 l, que deben ser impregnadas en su interior con propóleo o cerumen diluido en alcohol. 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 (Figura 4). A continuación, se describen los materiales y actividades necesarias para la elaboración de las trampas.

Materiales para la elaboración de señuelos:

- Botellas recicladas (2 a 3 l) con tapa.
- Papel periódico.
- Plástico negro.
- Atrayente (cera o propóleos de abejas).

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 ½” en la tapa.

Instalación de señuelos: los señuelos se cuelgan en los árboles no frutales, en áreas de bosque conservado, a alturas de entre 1 y 2 m. Las trampas deben colocarse en posición horizontal y amarrarse con cuerda plástica 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 (Figura 4).



Figura 4 Instalación correcta de una trampa para la captura de nidos de abejas sin aguijón.
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, que son altamente valorados.

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 unten 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.
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 5a).
4. Realizar un corte cuidadoso y 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 5b).
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 es imposible, 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. En este punto, es probable 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; sin embargo, es importante tener precaución para perder el menor número de abejas posible (Figura 6).



Figura 5 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).

6. Una vez ubicada la cría en la nueva colmena, se proceden a trasladar los potses de alimento y la cera que se encuentra en la botella. Se debe tener la precaución de retirar los potses 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 y de cera posible, debido a que las abejas reciclarán todo este material, que les permitirá desarrollarse adecuadamente en su nuevo hogar (Figura 7).



Figura 6 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).



Figura 7 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).

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 8).
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 9b).



Figura 8 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).



Figura 9 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).

10. La colmena de madera debe ser trasladada al lugar original de donde se retiró la botella trampa; esta última se debe colgar con alambre o 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 9a).
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 9c).

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 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 cítricos, 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. Esto 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.

Antracnosis (*Colletotrichum* sp.)

Esta enfermedad se reportó en Colombia por primera vez a finales del año 1979 (Castro et al., 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 et al., 2016). La severidad 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 humedad relativa superior al 90 % y temperaturas entre los 23 y los 28° C (Aguilera et al., 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 10a y 10b) (Timmer et al., 2004; Orozco-Santos et al., 2006; Aguilera et al., 2016).



Figura 10 Síntomas de antracnosis en cítricos: pétalos necrosados (a) y necrosis en fruto y pedúnculo floral descubierto (b).

Fotos: H. A. Velásquez y C. B. Pisco-Ortiz.

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, a 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 al., 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 11) (Poltronieri et al., 2002). Además, 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 11) (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 h 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 11 Daño y presencia de micelio rosa en ramas infectadas por mal rosado.
Fotos: C. B. A. 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 et al., 2014). El síntoma más común es la exudación de goma pegajosa y ablandamiento de la corteza en la base del portainjerto, que en ocasiones se extiende hasta la inserción con la copa (Figura 12a y 12b). Otro síntoma característico es la presencia de chupones con necrosis descendente en árboles afectados por la enfermedad (Figura 12c). En ramas, los síntomas se presentan como abultamientos de la corteza que producen agrietamientos longitudinales y muerte de brotes terminales (Figura 12d y 12e). Internamente el tejido se necrosa formando canchales en tallos y ramas (Figura 12f), que pueden ocasionar la muerte del árbol.



Figura 12 Síntomas por *Phytophthora* spp.: gomosis y necrosis en portainjerto (a), lesión en unión portainjerto-patrón (b), necrosamiento descendente en chupones (c), lesión en ramas (d), muerte de brotes terminales (e) y cancro en tallo (f).

Fotos: a), d) y e) H. Velásquez. b), c) y f) C. 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 áfidos, 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 13).



Figura 13 Síntomas de fumagina en frutos de mandarina.
Foto: Diego Miranda.

Acciones de prevención y 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 al., 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.

Manejo de plagas mediante control natural

Los insectos y ácaros, potencialmente plagas que generan daños en los cultivos de cítricos, poseen una gran cantidad de enemigos naturales –además de los 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 plaga al limitar su potencial de reproducción y ocasionar su muerte, 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).

A continuación se mencionan los enemigos naturales más importantes de las poblaciones plaga en el cultivo de mandarina.

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.

Casi todas las especies de insectos plaga tienen al menos una especie de insecto que los parasita (Figura 14a). Los insectos presentan naturalmente diferentes tipos de parasitismo: *ectoparasitoides*, que se desarrollan fuera o sobre el insecto hospedero (Figura 14b), y *endoparasitoides*, que se desarrollan dentro del cuerpo del insecto hospedero. Actualmente se conocen más de 300 000 especies de parasitoides. 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 15a); no persiguen una presa determinada, atacan diferentes especies para alimentarse, y su movilidad hace que sean muy eficaces en poblaciones de baja densidad (Figura 15b). 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 de las cuales depredan insectos dañinos en el cultivo.



Figura 14 a) Larvas de *Erinnyis ello* parasitadas por *Euplectrus* sp. b) Ninfa de *D. citri* parasitada por *T. radiata*.
Fotos: Juan C. Campos P.



Figura 15 a) Araña de la familia Salticidae depredando una mosca. b) Larva del díptero *Baccha* sp. depredando ninfas de áfidos *Toxoptera citricida*.
Fotos: Juan C. Campos P.

Entomopatógenos

Entre los entomopatógenos que afectan los artrópodos se encuentran bacterias, virus, hongos, nematodos y protozoarios; están presentes en los ecosistemas de manera natural 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 que atacan. 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 16a), 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 16b), 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*, *Verticillum lecanii* y *Cordyceps* sp., los cuales afectan insectos en diferentes estados de desarrollo.

Virus

Los virus entomopatógenos son organismos submicroscópicos considerados parásitos obligados, debido a que necesitan un organismo vivo para poder multiplicarse y diseminarse en los ecosistemas. Entran al hospedante con la ingestión de alimento y contaminan los cuerpos de inclusión. 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).



Figura 16 a) Adulto de *D. citri* atacado por hongo. b) Ninfas de *Praelongorthezia praelonga* afectadas por el hongo *colletotrichum* sp.

Fotos: Juan C. Campos P.

Potenciales plagas asociadas al cultivo de cítricos

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 17a). 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 17b), 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 et al., 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.



Figura 17 a) Hormigas arrieras realizando cortes sobre hojas de cítricos. b) Árbol de cítricos defoliado totalmente por hormigas cortadoras.

Fotos: Juan C. Campos P.

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 18).

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 y forma una especie de capa de color negro que puede llegar a cubrirlas completamente (Figura 19), lo que impide el desarrollo de la fotosíntesis en las hojas y causa su caída; en frutos genera un aspecto desagradable que reduce su calidad y valor comercial.

En poblaciones muy altas los áfidos 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 son transmisoras de enfermedades virales; es el caso del áfido *Toxoptera citricida* transmisor del virus de la tristeza en cítricos.



Figura 18 a) Áfido *Toxoptera citricida* sobre yema floral. b) Áfido *Aphis spiraeicola*.

Fotos: Juan C. Campos P.



Figura 19 Hojas afectadas por el hongo *Capnodium* sp., agente causal de la fumagina.

Fotos: Juan C. Campos P.

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 (Figura 20). 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.

Las especies de escamas más frecuentes en los cultivos de cítricos son: *Ceroplastes* sp., *Coccus* sp. (Figura 20a), *Saissetia* sp. (Figura 20b), *Planococcus citri* (Figura 20c), *Aonidiella* sp. (Figura 21a), *Unaspis citri* (Figura 21b), *Lepidosaphes* sp. (Figura 21c), *Praelongorthezia praelonga* (Figura 22a), *Chrysomphalus* sp. (Figura 22b), *Pinnaspis aspidistrae* e *Icerya purchasi*.

En general, las escamas no presentan preferencia alguna por algún tipo de variedad de cítricos. No obstante, en el cultivo de cítricos no son consideradas como plaga clave debido a que poseen una gran cantidad de enemigos naturales; entre estos se destacan los parasitoides y los depredadores (León y Kondo, 2017).



Figura 20 a) *Coccus* sp. b) *Saissetia oleae*. c) *Planococcus citri*.
Fotos: Juan C. Campos P.



Figura 21 a) *Aonidiella* sp. b) *Unaspis citri*. c) *Lepidosaphes gloverii*.
Fotos: Juan C. Campos P.



Figura 22 a) *Praeiongothezia praelonga*. b) *Chrysomphalum* sp.
Fotos: Juan C. Campos P.

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.

Los individuos de mosca blanca comúnmente encontrados en los cultivos cítricos pertenecen a la familia Aleyrodidae, con las siguientes especies: *Aleurothrix floccus* (Figura 23), *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 impide la presencia de enemigos naturales y sirve

como sustrato para la proliferación del hongo *Capnodium* sp., agente causal de la fumagina, la cual cubre las hojas, impide la fotosíntesis, ocasiona su caída y de esta forma, la mala nutrición de los árboles.



Figura 23 Moscas blancas *Aleurothrixus floccus*.
Fotos: Juan C. Campos P.

Trips

Los trips son un insecto que afecta a diferentes cultivos; pertenecen al orden Thysanoptera. Poseen dos pares de alas plumosas y en su fase adulta 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, a los cuales les resta valor comercial por su apariencia.

Diaphorina citri

Los adultos de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) (Figura 24a) 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, et al., 2016). Las ninfas (Figura 24b) 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 al., 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. Fue reportada en Colombia desde 2007 (Instituto Colombiano Agropecuario [ICA], 2010), pero solo hasta diciembre de 2015 el ICA reportó adultos de *D. citri* portadores de la bacteria *Ca. L. asiaticus* en dos municipios del departamento de La Guajira.



Figura 24 a) Adulto de *D. citri* en su posición típica sobre los árboles. b) Ninfas de *D. citri*.
Fotos: Juan C. Campos P.

Ácaros

Los cítricos albergan 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, *Phyllocorypta oleivora* (Ashmead) (Figura 25a), que por su tamaño de entre 0,13 y 0,16 mm no puede ser observado a simple vista, sino con lupa; es de color crema y tiene forma de cono (Figura 25b) (Mesa et al., 2011). 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.

Otro ácaro de importancia en el cultivo de cítricos es el ácaro blanco tropical *Polyphagotarsonemus latus* (Banks); es de aspecto traslúcido, color amarillento o blanco perlado, es ancho y presenta una banda blanca longitudinal característica de la especie (Figura 26a) (León y Kondo, 2017). 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 26b); también 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.

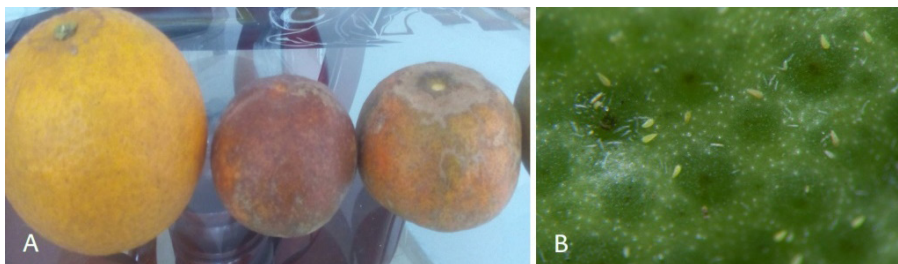


Figura 25 a) Fruto de mandarina afectado por el ácaro del tostado *Phyllococcupta oleivora*. b) Colonia del ácaro del tostado sobre fruto.

Fotos: a) Diego Miranda. b) Juan C. Campos P.



Figura 26 a) Colonia de ácaro blanco. b) Daño en hojas del ácaro blanco *Polyphagotarsonemus latus*.

Fotos: Juan C. Campos P.

Cosecha y poscosecha

Cosecha

Los árboles de mandarina 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 el proceso de recolección. Además, para la recolección de frutos el parámetro empleado es el color; sin embargo, este proceso es subjetivo, lo cual hace necesario implementar metodologías de fácil manejo y durabilidad que les permita a los productores realizar la cosecha de sus frutos, según parámetros técnicos, en estado fisiológicamente óptimo, sin tener como criterio los precios del mercado, situación que puede inducir 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; 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 para facilitar las condiciones de manejo, almacenamiento y reducir el riesgo de pérdidas en poscosecha (Figura 27).

- La cosecha debe realizarse únicamente por medio de tijeras ya que los frutos de mandarina son altamente susceptibles al desgarre de la cáscara; también, para evitar la afectación por el hongo verde (*Penicillium digitatum*) en regiones secas. Para tal fin, se deben utilizar tijeras de poda o desgarretadores 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.
- 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.
- 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, acoplados a correas que le permitan al trabajador tener las manos libres.
- Eliminar el uso de contenedores con formas geométricas pronunciadas que puedan generar daño físico al cosechero, tales como canastillas perforadas. Los contenedores deben permanecer limpios y deben ser lavados y desinfectados entre cosechas para prevenir la contaminación de los frutos.



Figura 27 Homogeneidad de madurez de frutos cosechados en sitio de acopio.

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

Fotos. a) Zulma Molano, b) Diego Miranda.

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.
- 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.
- 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 la diseminación de enfermedades.
- El transporte al centro de acopio se debe realizar cuidadosamente, evitando 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, que su período máximo de trabajo es de 6 h diarias y el de descanso de al menos un día entero semanalmente.
- 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.

Poscosecha

La poscosecha busca 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 (Anderson et al., 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 1330 indica dichos requerimientos para frutos de mandarina, que se citan a continuación:

- Frutos enteros con la forma característica de la variedad deben presentar cáliz.
- Frutos libres de ataques de insectos o enfermedades, y de humedad externa, olores 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; se utilizan paños y cepillos de cerdas suaves.
- La limpieza en húmedo 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. Para esta labor, el agua de lavado debe ser potable y renovada frecuentemente para evitar contaminantes al fruto; además, 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:

- 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 involucra la agrupación de frutos con características similares. Los cítricos pueden ser clasificados por calidad externa, calibre (diámetro y peso) y estado de madurez.

Clasificación por calidad externa: la normatividad vigente para Colombia indica que los frutos de mandarina son clasificados de acuerdo a tolerancias de calidad en peso por empaque; estableciendo para ello tres categorías de clasificación que se describen en la Tabla 4.

Tabla 4 Categorías de clasificación por calidad externa de mandarina.

Categoría	Descripción
Categoría Extra	Tolerancia máxima de 1 % (en peso por empaque) para decoloraciones y de 5 % para daños causados por plagas, magulladuras, manchas, heridas cicatrizadas o cáscara rota. No se admiten indicios de pudrición.
Categoría I	Tolerancia máxima de 5 % (en peso por empaque) para decoloraciones y de 10 % para daños causados por plagas, magulladuras, manchas, heridas cicatrizadas o cáscara rota. Se admiten indicios de pudrición del 1 %.
Categoría II	Tolerancia máxima de 10 % (en peso por empaque) para decoloraciones y de 15 % para daños causados por plagas, magulladuras, manchas, heridas cicatrizadas o cáscara rota. Se admiten indicios de pudrición de 3 %.

Fuente: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (Icontec, 1977).

Clasificación por calibre: en cítricos la clasificación por calibre es la más utilizada en el mercado nacional. La Norma Técnica Colombiana NTC 1330 (Icontec) establece tres categorías para frutos de mandarina que se describen en la 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 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 28).

Tabla 5 Clasificación por calibre de mandarina.

Diámetro	Calibre
≥ 86	A
66-85	B
40-65	C

Fuente: NTC 1330 (Icontec).



Figura 28 Tablas de clasificación para mandarina de acuerdo a los requerimientos del mercado de la región del Tequendama, Cundinamarca.

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

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 o tamaño, con los siguientes objetivos:

- Manejar adecuadamente frutos en diferente estado de madurez y reducir sus pérdidas.
- 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. La Norma Técnica Colombiana NTC 1330 de Icontec estableció las condiciones de los empaques aceptados para el mercado nacional e internacional de frutos de mandarina. 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 5 cm 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 su intensidad respiratoria, el ablandamiento, y la pérdida de agua y de vitamina C, lo cual afecta negativamente la calidad del fruto. Las humedades relativas bajas pueden causar la deshidratación acelerada, el arrugamiento y la consecuente pérdida de peso del fruto, mientras que las humedades relativas altas 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 para garantizar 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 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. Se recomienda realizar el transporte en las primeras horas del día o de 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 mandarina en Cundinamarca, de acuerdo con cifras del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR, 2016), presentan un aumento del 3 % anual, principalmente por la mano de obra. Igualmente, los costos de producción se incrementan de acuerdo al nivel de 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 mandarina. 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 mandarina 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	22	\$ 45 000	\$ 990 000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
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	\$ 1 276 668	\$ -
Control de plagas	Jornal	10	\$ 45 000	\$ 450 000	\$ 477 000	\$ 505 620	\$ 535 957	\$ 568 115	\$ 602 202	\$ 638 334	\$ 638 335	\$ -
Podá de Formación	Jornal	5	\$ 45 000	\$ 225 000	\$ 238 500	\$ 252 810	\$ 267 979	\$ 284 057	\$ 301 101	\$ 319 167	\$ 319 168	\$ -
Fertilización	Jornal	5	\$ 45 000	\$ 225 000	\$ 238 500	\$ 252 810	\$ 267 979	\$ 284 057	\$ 301 101	\$ 319 167	\$ 319 168	\$ -
Cosecha	Jornal	2	\$ 45 000	\$ 90 000	\$ 477 000	\$ 715 500	\$ 1 137 645	\$ 1 715 500	\$ 2 587 959	\$ 3 745 834	\$ 5 000 000	\$ -
Subtotal		88	\$ 45 000	\$ 3 825 000	\$ 2 385 000	\$ 2 737 980	\$ 13 520 279	\$ 2 987 959	\$ 3 362 806	\$ 3 745 834	\$ 3 745 839	\$ -
Insumos												
Plántulas	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	\$ -
Fungicidas	kg	6	\$ 77 000	\$ 462 000	\$ 477 311	\$ 510 588	\$ 547 859	\$ 589 602	\$ 636 354	\$ 688 717	\$ 747 363	\$ -
Fertilizantes Simples	Bultos	9	\$ 24 750	\$ 222 750	\$ 249 480	\$ 279 418	\$ 312 948	\$ 350 501	\$ 392 562	\$ 439 669	\$ 492 429	\$ -
Fertilizantes compuestos	Bultos	5	\$ 24 750	\$ 123 750	\$ 138 600	\$ 155 232	\$ 173 860	\$ 194 723	\$ 218 090	\$ 244 261	\$ 273 572	\$ -
Fertilizantes orgánicos	t	1	\$ 24 750	\$ 24 750	\$ 27 720	\$ 31 046	\$ 34 772	\$ 38 945	\$ 43 618	\$ 48 852	\$ 54 714	\$ -
Herbicidas	l	2	\$ 24 750	\$ 49 500	\$ 55 440	\$ 62 093	\$ 69 544	\$ 77 889	\$ 87 236	\$ 97 704	\$ 109 429	\$ -
Canastillas	unidades		\$ 15 000	\$ 375 000	\$ 42 000 000	\$ 3 360 000	\$ 4 200 000	\$ 5 040 000	\$ 5 980 000	\$ 6 920 000	\$ 7 860 000	\$ -
Subtotal				\$ 3 143 349	\$ 43 000 551	\$ 4 480 617	\$ 5 455 091	\$ 6 445 702	\$ 7 436 386	\$ 8 427 313	\$ 9 418 910	\$ -
Total costos directos				\$ 6 968 349	\$ 45 385 551	\$ 7 218 597	\$ 18 975 370	\$ 9 433 660	\$ 8 297 192	\$ 8 869 147	\$ 9 080 749	\$ -
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	\$ -
Administración	Annual	1	\$ 348 417	\$ 4 369 278	\$ 350 436	\$ 406 744	\$ 464 314	\$ 529 270	\$ 594 749	\$ 663 329	\$ 737 429	\$ -
Imprevistos	Annual	10	\$ 696 835	\$ 6 968 350	\$ 7 218 600	\$ 8 186 600	\$ 9 377 537	\$ 10 743 073	\$ 12 264 451	\$ 13 950 000	\$ 15 789 073	\$ -
Producción (t)				1	3	6	10	15	20	25	30	
Costos				\$ 8 788 101	\$ 10 176 538	\$ 12 194 384	\$ 14 784 328	\$ 17 433 660	\$ 20 197 192	\$ 23 080 749	\$ 26 109 429	\$ -
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	\$ -
Ingresos netos				-\$ 8 038 101	-\$ 5 675 538	-\$ 3 194 384	-\$ 4 784 328	-\$ 5 233 660	-\$ 5 869 147	-\$ 6 479 073	-\$ 7 180 749	\$ -

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. (1980). *Biología y control de la floración en el género Citrus* [Tesis doctoral]. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España.
- Agustí, M. (2000). *Cuajado y desarrollo de los frutos cítricos*. Valencia, España.
- Agustí, M. (2003). *Citricultura*. Madrid, España: Editorial Mundi-Prensa.
- Agustí, M. y Almela, V. (1991). *Aplicación de fitorreguladores en citricultura* (1ª ed.). Barcelona, España: Aedos Editorial S. A.
- 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.

- 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* (pp. 13-16). Ibagué, Tolima, Colombia: Corporación para la promoción del desarrollo rural y agroindustrial de Tolima Prohaciendo.
- Anderson C. (1996). Variedades cultivadas en el Río Uruguay. En Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria [INTA] (Ed.), *Manual para productores de mandarina de la región del Río Uruguay* (pp. 63-91). Buenos Aires.
- 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.
- 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/Documentos/005%20%20Documentos%20T%C3%A9cnicos/005%20-%20D.T%20-%20Manual%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.

- Cáceres, J. L. (2018). *Efecto del clima e inductores florales en el desarrollo fenológico de la fase reproductiva de la mandarina Arrayana (Citrus reticulata Blanco) en dos localidades de Cundinamarca, Colombia: Corredor Tecnológico Agrindustrial*.
- Cassin, J., Bourdeaut, J., Fougue, 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, B., Timmer, L. W., Leguizamón, J., Müller, G. y Corrales, J. A. (2000). *Enfermedades de los cítricos en Colombia (1ª ed.)*. Bogotá: 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). Reproductive Physiology of Tropical Fruit Trees. *Memorias 1er 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.
- El-Otmani, M., Ait-Oubahou, A., Lovatt, C., Fatima, T. y Lmoufid, B. (2004). Improved Use of Foliar Urea on Clementine Mandarin to Manipulate Cropping in a Sustainable System. *Acta Horticulturae* 632, pp. 167-175.
- 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.

- Escobar, G. y Berdegué, J. (1990). Conceptos y metodología para la tipificación de sistemas de finca. Experiencia RIMISP. En G. Escobar y J. Berdegue (Eds.), *Tipificación de sistemas de producción agrícola* (pp. 13-44). Red Internacional de Metodología de Investigación de Sistemas de Producción.
- 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.
- 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 psilido asiático de los cítricos (*Diaphorina citri* Kuwayama) en Colombia. *Boletín Epidemiológico*.
- 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.). Lovatt, C. (2000). Management of Foliar Fertilization. *Revista Terra* 17, pp. 257-264.
- Malavolta, E. (2006). *Manual de nutrición mineral de plantas*. São Paulo, Brasil: Editora Agronómica CERES Ltda.
- Maluenda, G. J. (2019). *Récord mundial en el sector de cítricos. Campaña 2018/19*.
- 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.
- 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.
- Medina, V. y Alcalde, S. (1993). Seasonal Variations in Macronutrient Concentrations of Leaves of Mexican Lime and Persian Lime on Various Rootstocks. *Proceedings of the Tropical Region. American Society for Horticultural Science* 23, pp. 87-91.
- 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 al. (2011). *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.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2017). *Cadena de cítricos. Indicadores e instrumentos*. Recuperado (febrero 2017) de www.sioc.minagricultura.gov.co.
- Miranda, D. (2012). Mango (*Mangifera indica* L.). En PRODUMEDIOS (Ed.), *Manual para el cultivo de frutales en el trópico* (pp. 627-656).
- 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.
- 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.
- 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 ácida 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.

- 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. (2007a). *Ecofisiología de los cítricos en el trópico: revisión y perspectivas*. En Congreso Colombiano de Horticultura, Bogotá.
- Orduz, J. (2007b). *Estudios ecofisiológicos y caracterización morfológica y molecular de la mandarina Arrayana (Citrus reticulata Blanco) en el piedemonte llanero de Colombia*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Orduz, J. (2012). Capítulo 4.4. Cítricos. *Manual para el cultivo de frutales en el trópico* (pp. 393-420). Produmedios.
- 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 Garzón, D. (2012). Alternancia de la producción y comportamiento fenológico de la naranja Valencia (*Citrus sinensis* [L.] Osbeck) en el trópico bajo húmedo de Colombia. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 13(2), pp. 136-144. Corpoica.
- 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* Blanco) "arrayana" en condiciones del piedemonte del Meta, Colombia. *Agronomía Colombiana*, 3(2), pp. 149-160.
- Orduz, J., Monroy, J., Barrera, S., Núñez, V. y Ligarreto, G. (2012). Caracterización morfo-agronómica y molecular de mandarina Arrayana en el piedemonte del Meta (Colombia). *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 12(1), pp. 5-12. Corpoica.
- 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.
- 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).
- Pons, J., Agustí, M. y Almela V. (1989). Características del desarrollo y la maduración del fruto de la mandarina Marisol (*Citrus reticulata* Blanco). *Fruits* 44, pp. 73-79.
- 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.
- Rodríguez, 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.
- 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.
- Spiegel, P. y Goldschmidt, E. (1996). *Biology of Citrus*. Reino Unido: Cambridge University Press.
- 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).
- 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 manual se imprimió
por DGP Editores S.A.S
usando tipos Ancizar
en enero de 2024
Bogotá (Colombia)

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.

ISBN: 978-958-505-508-7



9 789585 1055087