

Crecimiento verde y agricultura
climáticamente inteligente en el
cultivo de cítricos



El campo
es de todos

Minagricultura

AGROSAVIA
EDITORIAL

**CRECIMIENTO VERDE Y AGRICULTURA CLIMÁTICAMENTE
INTELIGENTE EN EL CULTIVO DE CÍTRICOS (*Citrus spp.*)**

Autores:

Diana Lucia Correa-Moreno

Investigador Ph. D

Centro de Investigación Palmira

Ana María Trejos Arana

Profesional de apoyo a la investigación

Centro de Investigación Palmira

Martha M. Bolaños-Benavides

Investigador Ph. D. Senior

Departamento de Producción Intensiva Sostenible

Sede Central

Página legal

ISBN

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-AGROSAVIA. Centro de Investigación Tibaitatá, kilómetro 14 vía Mosquera-Bogotá, Mosquera. Código postal 250047, Colombia.

Citación sugerida: Correa-Moreno, D. L., Trejos Arana, A. M., Bolaños-Benavides, M. M. 2022. Crecimiento verde y agricultura climáticamente inteligente en el cultivo de cítricos (*Citrus* spp.). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-AGROSAVIA.

La información que se presenta en esta publicación se obtuvo de proyectos desarrollados por la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), y sus aliados. Parte de esta información hace referencia a los resultados de investigación desarrollados en las parcelas de integración del cultivo de cítricos del proyecto “Reducción del Riesgo y Adaptación al Cambio Climático - Modelos de Adaptación y Prevención Agroclimática (MAPA)”, en las cuales se evaluaron prácticas de manejo del cultivo que permiten su adaptación frente a escenarios climáticos limitantes para las especies lima acida pajarito, naranja y lima acida tahití, de importancia económica en varias regiones del país.

Cláusula de responsabilidad: AGROSAVIA no es responsable de las opiniones e información recogidas en el presente texto. Los autores asumen de manera exclusiva y plena toda responsabilidad sobre su contenido, ya sea este propio o de terceros, y declaran, en este

último supuesto, que cuentan con la debida autorización de terceros para su publicación; igualmente, declaran que no existe conflicto de interés alguno en relación con los resultados de la investigación propiedad de tales terceros. En consecuencia, los autores serán responsables civil, administrativa o penalmente, frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros relativa a los derechos de autor u otros derechos que se hubieran vulnerado como resultado de su contribución.

Dirección editorial

Astrid Verónica Bermúdez Díaz

Edición de contenidos

Valentina Ramírez-Valencia

Corrección de estilo

Felipe Solano Fitzgerald

Realización gráfica e ilustración

María Cristina Rueda Traslaviña y Wilson Martínez Montoya

Fotografía

Alejandro Jaramillo Laverde, Ana María Trejos Arana, Carlos Eduardo Ospina, Diana Lucia Correa Moreno, Mauricio Fernando Martínez.



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

FIGURAS

Figura 1. Características de desarrollo y expresión de algunos patrones o portainjertos utilizados en Colombia para cultivos de Cítricos (*Citrus* spp). Izq. Producción de portainjertos en vivero. Der. Características de desarrollo de Lima acida Tahití sobre tres portainjertos. En detalle: a. Porte del árbol; b. Detalle de frutos y maduración; c. Algunas características de adaptación de portainjertos: Arriba: Limón Volkameriana; Intermedio: Citrumello CPB 4475; Abajo: Sunky x English. Diagrama: Diana Lucia Correa Moreno. Fotos: Ana María Trejos Arana y Mauricio Fernando Martínez. Fuente: Caicedo et al, 2008; Martínez et al., 2019

Figura 2. Prácticas para el manejo de coberturas del suelo en cultivos de cítricos. 1. Permitir especies vegetales acompañantes; 2. Conservación de restos vegetales en superficie; 3. Monitoreo de indicadores de degradación y calidad del suelo. Diagrama: Diana Lucia Correa Moreno. Fotos: Carlos Eduardo Ospina, Mauricio Fernando Martínez, Diana Lucia Correa Moreno, Ana María Trejos Arana. Fuente: Los autores.

Figura 3. Factores considerados para el manejo y uso eficiente del agua de riego en el cultivo de Cítricos. 1. Diseño agronómico para programación de riego; 2. Diseño hidráulico para instalación y funcionamiento del sistema de riego; 3. Identificación de estados de desarrollo de la planta de mayor demanda de agua. Diagrama: Diana Lucia Correa Moreno. Fotos: Ana María Trejos Arana _Diana Lucia Correa Moreno. Fuente: Los autores.

Figura 4. Componentes del sistema de riego por goteo en cultivos de Cítricos. a. Sistema de bombeo y conducción de agua; b. Sistema de distribución de agua; c. Goteros auto compensados para riego localizado. Diagrama: Diana Lucia Correa Moreno. Fotos: Ana María Trejos Arana, Jose Manuel Campo, Claudia Lorena Narváez, Diana Lucia Correa Moreno. Fuente: Los autores

Figura 5. Factores considerados para la aplicación de la práctica de optimización de la fertilización en el cultivo de cítricos.: 1. Conocer los requerimientos del cultivo; 2. Calcular la cantidad de

nutrientes requerida; 3. Identificar el momento oportuno y frecuencia necesaria; 4. Seleccionar las fuentes de nutrientes adecuadas; 5. Escoger el sistema de aplicación; 6. Realizar seguimiento nutricional. Elaboración propia. Diagrama: Diana Lucia Correa Moreno. Fotos: Ana María Trejos. Fuente: Los autores.

Figura 6. Componentes del manejo integrado de plagas (MIP) en el cultivo de cítricos. 1. Diagnóstico de problemas fitosanitarios; 2. Medidas preventivas; 3. Control integrado. 4. Seguimiento y monitoreo. Elaboración propia. Diagrama: Diana Lucía Correa. Fotos: Ana María Trejos, Wilson Trujillo, Diana Lucia Correa

Figura 7. Algunos enemigos naturales asociados a *Diaphorina citri* en Colombia. a. *Chilocorus cf. cacti* (L.); b. *Harmonia axyridis* (Pallas); c. *Allograpta (Fazia) aff. hians* (Enderlein); d. *Leucopodella* sp. (Diptera: Syrphidae); e. *Zelus cf. nugax* Stål (Hemiptera: Reduviidae); f. *Polybia* sp. (Hymenoptera: Vespidae); g. *T. radiata* (Hymenoptera: Eulophidae); h. *Ceraeochrysa* sp. Fuente: Modificado de Kondo T., 2017.

Figura 8. Factores que integran el plan de manejo agroclimático en el cultivo de cítricos. 1. Identificación de zonas de adaptación agroclimática para el cultivo; 2. Integración de opciones tecnológicas para manejo del cultivo; Diagrama: Diana Lucia Correa Moreno. Fotos: Alejandro Jaramillo, Diana Lucia Correa. Fuente: Correa-Moreno et al., 2016.

Figura 9. Caso 1. Validación de tecnologías que contribuyen a crecimiento verde en el cultivo de Lima ácida pajarito (*Citrus aurantifolia*) en Andalucía (Valle del Cauca – Colombia). Diagrama: Diana Lucía Correa Moreno. Fotos: Ana María Trejos, Carlos Eduardo Ospina. Fuente: Correa_Moreno et al., 2016.

Figura 10. Caso 2. Validación de tecnologías que contribuyen a crecimiento verde en el cultivo de Naranja (*Citrus sinensis*) en Chimichagua (Cesar - Colombia). Diagrama: Diana Lucía Correa Moreno. Fotos: Ana María Trejos, Diana Lucia Correa. Fuente Vásquez, V, A. et al., 2016.

Figura 11. Caso 3. Validación de tecnologías que contribuyen a crecimiento verde en el cultivo de Limón Tahití (*Citrus latifolia* tan.) en el municipio de La Unión (Nariño). Diagrama: Diana Lucía Correa Moreno. Fotos: Ana María Trejos, José Manuel Campo. Fuente: Gómez-Gil, L. et al., 2016.

Tablas

Tabla 1. Variables y cálculo del balance hídrico diario para decisión de aplicación de riego complementario en cultivo de cítricos (ejemplo práctico).

Tabla 2. Requerimiento de nutrientes en cítricos según edad del cultivo. Fuente: Augusti 2003.

Tabla 3. Control biológico de plagas en el sistema productivo de Lima ácida pajarito (*Citrus aurantifolia*) en Andalucía (Valle del Cauca).

RESEÑA ACADÉMICA DE LOS AUTORES

Diana Lucia Correa-Moreno. Ingeniera Agrónoma con Maestría y Doctorado en Ciencias Agrarias, línea de investigación manejo de suelos y aguas de la Universidad Nacional de Colombia. Con experiencia en proyectos de investigación y extensión en degradación de suelos, desertificación, cambio climático, cuencas hidrográficas, manejo y conservación de suelos y aguas, evaluación de tierras e indicadores de calidad del suelo. En la actualidad se desempeña en AGROSAVIA como investigadora en proyectos de manejo agronómico y zonificación de cultivos (guayaba, aguacate, mora y cítricos), evaluación de especies forestales y servicios ecosistémicos asociados, y adaptación a la variabilidad y cambio climático. Miembro de la Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo (SCCS) y de la Unión Internacional de la Ciencia del Suelo (IUSS).

<https://agriperfiles.agri-d.net/display/AS29831729>

Ana María Trejos Arana. Ingeniera agrícola del Convenio Universidad de Valle-Universidad Nacional de Colombia (Sede Palmira), y estudiante de maestría en Ingeniería Ambiental con énfasis en monitoreo, modelación y gestión de recursos naturales de la Universidad Nacional de Colombia. Desde 2011 se desempeña como profesional de apoyo a la investigación para la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA) - Centro de Investigación en Palmira, en el área de manejo y conservación de suelos y aguas, con enfoque en el diseño e implementación de sistemas de riego en cultivos y ambientes protegidos, evaluación de indicadores de gestión del recurso hídrico y manejo

eficiente del agua en cultivos frutales (guayaba, piña, cítricos y aguacate) y en cultivos perennes (Cacao). <https://co.linkedin.com/in/ana-maria-trejos-arana-328618200>

Martha Marina Bolaños-Benavides. Bióloga. MSc. Ph.D. Manejo-Conservación de Suelos. Investigaciones: colecta, propagación y evaluación de micorrizas arbusculares en café (CENICAFÉ) y en plátano, aguacate, guayaba, baby banana, maracuyá y ají. Evaluación de fertilización integrada (química, biofertilización y orgánica), sus efectos en suelos y rendimiento de cultivos. Becaria COLCIENCIAS, docente universitaria. Líder de más de 22 proyectos de investigación y transferencia de tecnología-vinculación en Determinación de requerimientos y deficiencias nutricionales; Manejo de rizosfera; Enzimas de suelo; Nutrición y sanidad vegetal; Fertilización orgánica y producción agroecológica; y Metales pesados (cacao, hortalizas y pastos). Es investigadora PhD Senior de AGROSAVIA y Jefe Departamento Producción Intensiva Sostenible. Miembro de la Sociedad Colombiana y Latinoamericana de la Ciencia del Suelo, IUSS, ITPS y de la Red MusaLAC. <https://agriperfiles.agri-d.net/display/AS34552432>

AGRADECIMIENTOS

A la Dirección de Planeación y Cooperación Institucional;
a la Dirección de Investigación y Desarrollo y al
Departamento de Producción Intensiva Sostenible de la
Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-
AGROSAVIA, por priorizar este sistema productivo en el
análisis de las estrategias para implementar las Políticas
de Crecimiento Verde. A los investigadores, productores
y asociaciones de productores participantes en el
establecimiento y desarrollo de las parcelas de integración
del sistema productivo de cítricos pertenecientes al proyecto
“Reducción del Riesgo y Adaptación al Cambio Climático-
MAPA (Modelos de Adaptación y Prevención Agroclimática)”,
financiado con recursos del Fondo Adaptación.

Contenido

1. Descripción general del sistema productivo de cítricos (<i>Citrus spp.</i>)	13
2. Tecnologías orientadas al crecimiento verde en cultivos de cítricos (<i>Citrus spp.</i>)	15
2.1 Prácticas para la protección del capital natural como base para el desarrollo de las actividades productivas	16
2.1.1 Selección de material vegetal para propagación en cítricos.	18
2.1.2 Manejo de coberturas del suelo en el cultivo de cítricos.	26
2.2. Prácticas para maximizar la eficiencia en el uso de los recursos en las actividades productivas.....	36
2.2.1 Manejo y uso eficiente del agua de riego en el cultivo	36
2.2.2 Recomendaciones para la optimización de la fertilización en el cultivo.	47
2.2.3 Manejo integrado de plagas (MIP)	56
2.3. Fortalecer la adaptación a la variabilidad y al cambio climático.....	69
2.3.1 Plan de manejo agroclimático integrado (PMAI) para el cultivo de cítricos.....	71
3. Consideraciones finales	83
4. Referencias	85
Glosario	92

Introducción

El crecimiento verde tiene como objetivo fomentar el desarrollo económico asegurando que los bienes naturales continúen proporcionando recursos y servicios ambientales de los cuales depende nuestro bienestar. Para lograrlo, debe catalizarse inversión en innovación como base del crecimiento sostenido y apertura a nuevas oportunidades económicas (OCDE, 2011); por lo tanto, el crecimiento verde no se concibe como un reemplazo del desarrollo sostenible, sino que debe considerarse un complemento de éste.

A diferencia del desarrollo sostenible, el alcance del crecimiento verde es más estrecho e implica la aplicación de políticas que pueden ayudar a obtener un avance concreto y mensurable en la interacción de la economía y el medio ambiente. Brinda un enfoque fuerte en el fomento de las condiciones necesarias para la innovación, la inversión y la competencia que pueden hacer surgir nuevas fuentes de crecimiento económico, consistentes con los ecosistemas adaptables (OCDE, 2011).

El crecimiento Verde promueve un modelo de desarrollo económico sostenible que busca generar un bienestar económico y social de todos los ciudadanos de las generaciones actuales y futuras, afrontando de manera simultánea tres grandes retos (Alarcón, 2016):

- Generar la creación de novedosas y modernas economías que se basen en tecnologías limpias.
- Garantizar la conservación y uso sostenible de los recursos naturales.
- Fomentar el desarrollo y reducción de la pobreza.

La economía del país se basa en el uso intensivo de los recursos naturales y depende en gran parte de ellos para su desarrollo, esta situación incrementa la vulnerabilidad a amenazas ambientales y al cambio climático, por lo tanto, es fundamental armonizar las necesidades de corto plazo con el apoyo de planes a largo plazo que logren evitar costos ambientales que pueden ser irreversibles (Alarcón, 2016).

En este marco, Colombia cuenta con la política de crecimiento verde (CONPES 3934, 2018), la cual incorpora como elemento transversal el cambio climático y sus acciones contribuyen a la mitigación y adaptación del cambio climático. Entre sus objetivos se incluyen:

1. Generar condiciones que promuevan nuevas oportunidades económicas basadas en la riqueza del capital natural;
2. Fortalecer los mecanismos y los instrumentos para optimizar el uso de recursos naturales y energía en la producción y en el consumo;
3. Desarrollar lineamientos para constituir capital humano para el Crecimiento Verde;
4. Fortalecer las capacidades de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI) para el Crecimiento Verde y;
5. Mejorar la coordinación interinstitucional, la gestión de la información y el financiamiento para la implementación de la Política de Crecimiento Verde a largo plazo.

Este manual se plantea como contribución de Agrosavia para la presentación de tecnologías que permiten mejorar el desempeño del sector agropecuario, para la gestión eficiente de

recursos naturales, fortalecer la adaptación a la variabilidad y el cambio climático y motivar la transición hacia una economía sostenible.

1. Descripción general del sistema productivo de cítricos (*Citrus* spp.)

Los cítricos (*Citrus* spp.) son una de las especies arbóreas más cultivadas del mundo, pertenecen a la familia de las Rutáceas. Las especies más cultivadas del género *Citrus* son: las Naranjas dulces (*Citrus sinensis* L. (Osbeck)), Naranjas agrias (*Citrus aurantium* L.), Mandarinas (*Citrus reticulata* Blanco), Pomelos (*Citrus paradisi* Macf), Limas ácidas (*Citrus aurantifolia* (Christm.) Swing.), Limones verdaderos (*Citrus limón* L.), Cidras (*Citrus medica* L.), Toronjas (*Citrus máxima* L.) (González et al., 2019). Aproximadamente 60% de toda la producción de cítricos está compuesta por naranjas, 23% por mandarinas, tangerinas, clementinas y satsumas y 17% por limas, limones y pomelos (Ramírez et al., 2014; Maya, 2017).

Esta especie es el principal grupo de frutas cultivadas, demostrando la alta capacidad de adaptación a una amplia condición edafoclimática. Esto permite que los cítricos se encuentren en varias regiones con condiciones climáticas diferentes entre sí, sin embargo, la condición ambiental puede alterar significativamente las características de las plantas como: altura, aspecto de las hojas, longevidad de los frutos, por ejemplo: forma, tamaño, color de la cáscara, color de la pulpa, textura, acidez y azúcares (González et al., 2019). Los árboles de cítricos inhiben su crecimiento, presentan alteraciones en la fotosíntesis y en la anatomía de la hoja, por condiciones salinas en zonas donde se presenta escasez de agua lluvia y de riego (Romero et al., 1998); mientras que la brotación de yemas y su frecuencia cambia con los diferentes regímenes de precipitación, como lo reporta Orduz et al., 2010)

Los países con mayor producción se encuentran en latitudes subtropicales y con temperaturas entre 20 y 35 °C, entre ellos, China, Brasil India, Estados Unidos, México, Nigeria, Egipto, Indonesia, Argentina, Turquía, España e Irán. Para el 2018 se contó con una producción aproximada de 194 millones de toneladas en un área de 14 millones de hectáreas cosechadas, alcanzando rendimientos promedio mundial de 20 t. ha⁻¹ (FAOSTAT, 2018).

A nivel mundial, España se reporta como el principal exportador de fruta fresca seguido por Sudáfrica, el cual experimentó un rápido crecimiento de más de 15% en el segundo trimestre de 2020. Los volúmenes de exportación de Sudáfrica, en el segundo trimestre aumentaron 33% para las naranjas, 43% para las mandarinas y 44% para los limones y las limas. Los precios también fueron más altos debido a la demanda local e internacional de vitamina C ante la presencia de la COVID-19 (Freshplaza, 2020).

Colombia ocupa el puesto 22 a nivel internacional en la producción de cítricos, siendo un renglón importante en la producción agrícola del país, los cuales representan el 15% de la producción de cultivos perennes, con un área sembrada de 74.393 ha y con rendimiento promedio de 15,2 t. ha⁻¹ en 2018 (FAOSTAT 2018). Los principales departamentos productores de cítricos son: Santander, Cundinamarca, Antioquia, Tolima, Meta, Norte de Santander, Cesar, Cauca, Risaralda y Boyacá; mientras que los departamentos que registran mayor rendimiento en promedio (68,6 -50 t. ha⁻¹) son Antioquia, Caldas, Casanare y Atlántico (SIEMBRA, 2020).

La producción colombiana está dirigida a abastecer el mercado interno y solo una pequeña fracción es exportada. El país tiene un consumo 50% menor en comparación con el promedio suramericano, sin embargo, esto pone en evidencia el gran potencial de crecimiento que tiene el consumo de cítricos en Colombia (Ramírez et al., 2014).

2. Tecnologías orientadas al crecimiento verde en cultivos de cítricos (*Citrus* spp.)

Las tecnologías orientadas al crecimiento verde corresponden a soluciones tecnológicas o prácticas de manejo para atender problemas en sistemas de desarrollo, producción, distribución y consumo que brindan beneficios técnicos y ambientales (BID, 2019).

Para el caso de sistemas de producción alimentarios como los cítricos, el uso de estas tecnologías permite el beneficio ambiental cuando la innovación incorporada reduce el uso de recursos naturales, disminuye la contaminación (aire, agua, suelo o contaminación sonora), reemplaza las sustancias ambientales nocivas por otras menos dañinas, y su vida útil es mayor o su capacidad de reciclaje resulta mejor que otras alternativas. Esta ventaja puede ser el objetivo fundamental o resultar de un efecto secundario involuntario de la innovación (BID, 2019.)

En este sentido el crecimiento verde requiere tecnologías que propendan por el respeto al ambiente, incentiven la protección y recuperación de la biodiversidad y una economía baja en carbono e impulsen el aumento de la competitividad y la eficiencia de los procesos productivos, buscando generar menores impactos sobre el ambiente y la salud (Alarcón, 2016).

2.1 Prácticas para la protección del capital natural como base para el desarrollo de las actividades productivas

El Crecimiento Verde presenta un nuevo enfoque para el crecimiento económico en el cual se ubica el bienestar humano en el centro del desarrollo, asegurando al mismo tiempo que los activos naturales sigan proporcionando los recursos y servicios ambientales para apoyar el desarrollo sostenible (OCDE, 2011)

Desde el punto de vista económico, se considera el capital natural como toda reserva que genera un flujo de bienes y servicios útiles o renta natural a lo largo del tiempo, los cuales resultan de la interacción de activos naturales que proveen insumos, recursos naturales y servicios ambientales para la producción económica (Costanza y Daly, 1992; Aronson, 2007; OCDE, 2018). Como ejemplo de capital natural representado en bienes y servicios se pueden mencionar entre otros, las reservas minerales, la biodiversidad, la fertilidad la tierra, la disponibilidad y calidad del agua, la calidad del aire, la producción de alimentos, el mantenimiento de los ciclos biogeoquímicos (carbono, nitrógeno, etc.) y la regulación del clima.

El diagnóstico de la misión de sabios de crecimiento verde, afirmó que la economía colombiana está agotando su capital natural, lo que implica un deterioro de sus fuentes de crecimiento futuro, tales como las reservas de fuentes de energía (petróleo y gas natural especialmente) y la cobertura forestal, ocasionando problemas futuros para el crecimiento económico y su sostenibilidad (DNP, 2017).

Colombia es uno de los países megabiodiversos del mundo; sus bosques cubren casi el 55% de la superficie terrestre, muy por encima del 30% de promedio en los países de la OCDE

(OCDE, 2014). Esto permitiría una mayor oportunidad de desarrollar actividades en torno al uso sostenible de sus recursos como el pago por servicios (PSA) ambientales, el desarrollo de negocios verdes sostenibles (NVS), el mercado de bioproductos y mejorar la competitividad en sectores relacionados con la bioeconomía entre otras posibilidades, como pilar de la política de crecimiento verde (DNP, 2018; MADS, 2020).

En este sentido, el país ha ganado una notable experiencia en materia de pagos de servicios ecosistémicos y programas similares. El Programa nacional de biocomercio sostenible, otorga asistencia técnica a las comunidades rurales y medianas empresas para que obtengan sus medios de vida de los productos de la biodiversidad local, tal como se ha evidenciado con experiencias con productos como la fruta amazónica, la miel y sus productos derivados, la flora y fauna (por ejemplo, piel y carne de caimán y flores, entre otros) (OCDE, 2014).

Estas consideraciones están incluidas en las líneas de acción 1. *Definir un esquema de gobernanza que permita coordinar las estrategias y acciones alrededor de la bioeconomía*, y la línea de acción 2. *Fortalecer las capacidades de I+D+i en bioeconomía y facilitar la colaboración y la transferencia de conocimientos y tecnologías*, liderado por Colciencias (Actual Minciencias), las cuales buscan fortalecer el esquema institucional, de tal manera que genere la articulación y coordinación necesaria entre los actores involucrados, entre ellos el DNP y Agrosavia, y que garantice un liderazgo para el desarrollo de la bioeconomía con el propósito de generar conocimiento alrededor del potencial asociado a la biodiversidad y promover su apropiación social (DNP, 2018).

2.1.1 Selección de material vegetal para propagación en cítricos.

La selección de material vegetal para propagación en cítricos consiste en reconocer y escoger el material de siembra (combinación patrón y variedad o copa) sobresaliente por producción y calidad, compatibilidad patrón-variedad, y adaptación a condiciones fitosanitarias y edafoclimáticas del agrosistema donde se va a establecer el cultivo.

En el marco de la Política de Crecimiento Verde, la protección del capital natural como base para el desarrollo de las actividades productivas enfatiza en la necesidad de establecer estrategias para promover la bioeconomía basado en el conocimiento y caracterización de recursos biológicos, así como en el reconocimiento de otros recursos naturales, factores y relaciones que permiten la adaptación de especies vegetales y animales en el territorio; en consecuencia, estos contribuyen en la producción de bienes y servicios ambientales que pueden ser canalizados a través de economías locales y en la apropiación social del conocimiento.

En la misma línea, Colombia reconoce en la Política Nacional para la gestión integral de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos (PNGIBSE), el carácter estratégico de la biodiversidad como fuente principal, base y garantía del suministro de servicios ecosistémicos, indispensables para el desarrollo del país, como base de nuestra competitividad y como parte fundamental del bienestar de la sociedad colombiana (MAVDS, 2015).

Para los cítricos, la selección de material vegetal para la propagación, se ve favorecida por un gran potencial en la variabilidad de las especies frutales cítricas que pueden ser utilizadas como variedades y patrones, y que permiten su adaptación a suelos ácidos, alcalinos, salinos;

a climas y microclimas regionales, ya sean cálidos, templados o fríos; y que pueden expresarse diferencialmente en características de desarrollo de la planta y en atributos del fruto como tamaño, sabor y pulpa, aun dentro de la misma especie (Escobar, 2008).

En el país las zonas productoras se encuentran ubicadas por debajo de 1600 m de altitud, con temperatura media de 23°C a 34°C, precipitaciones acumuladas anuales de 900 a 1200 mm y luminosidad mayor a 1900 horas de brillo solar anual. Estas características hacen que la producción de fruta sea permanente, a través de todo el año, con épocas marcadas de concentración de la cosecha, según sea la distribución de la precipitación, unimodal o bimodal, características de la zona Andina (Ordúz y Mateus, 2012).

El uso de materiales seleccionados en los cultivos de cítricos permite combinar una mayor productividad con una mayor eficiencia de uso y protección del capital natural, como respuesta de la adaptación de especies nativas o mejoradas a condiciones particulares, o a estrés biótico y abiótico. La utilización de la biodiversidad local o adaptada a condiciones específicas, y el uso racional de agua y nutrientes, contribuye a reducir la liberación de gases de efecto invernadero (GEI) en sistemas de producción agrícola, en concordancia con los pilares del crecimiento verde.

¿Cuáles son los aportes de la selección de material vegetal para propagación al crecimiento verde?

Ayuda a conservar la biodiversidad, y al aumento y/o sostenibilidad de la producción. El uso de materiales seleccionados permite combinar una mayor productividad con una mayor eficiencia de uso de agua y nutrientes beneficiando la biodiversidad local, lo que contribuye a reducir la liberación de gases de efecto invernadero (GEI).

¿Qué hacer para la selección de material vegetal para propagación en el cultivo?

1. Identificar el patrón y la variedad o copa para siembra:

La selección del patrón o portainjerto es considerada una de las actividades más importantes para el establecimiento de huertos comerciales, dado que corresponde al soporte físico de la variedad a cultivar, y proporciona el sistema de raíces, responsable de la absorción y el transporte de agua y minerales que permite la adaptación de la planta en el sitio definitivo (Murcia, et al., 2020). El patrón corresponde a la parte inferior de la planta o base sobre la cual se injerta una variedad (copa) de otra especie de cítricos de interés comercial.

La selección se debe realizar con base en la oferta de materiales de siembra utilizados en el país, entre los cuales los patrones más utilizados en Colombia son naranjo agrio, limón rugoso, flyng dragón, citrange carrizo, citrus volkameriana, Sunki x English, Citrumello CPB 4475 y citrange Troyer (Fig 1) (Martinez et al., 2019). Algunas de las características que deben distinguirse en un buen patrón o portainjerto y que contribuyen a la adaptación y respuesta del cultivo incluyen:

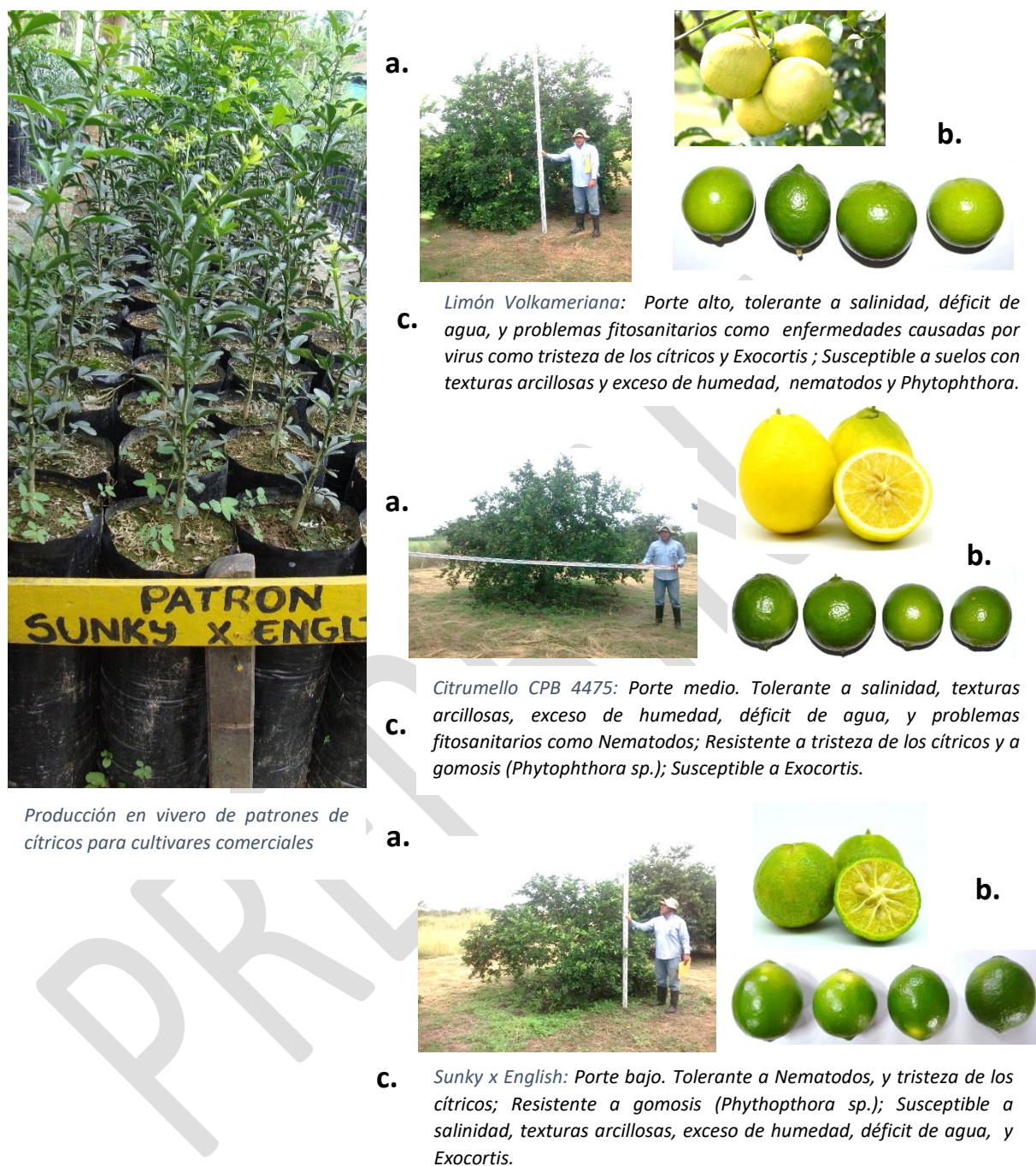


Figura 1. Características de desarrollo y expresión de algunos patrones o portainjertos utilizados en Colombia para cultivos de Cítricos (*Citrus* spp). Izq. Producción de portainjertos en vivero. Der. Características de desarrollo de Lima acid Tahiti sobre tres portainjertos. En detalle: a. Porte del árbol; b. Detalle de frutos y maduración; c. Algunas características de adaptación de portainjertos: Arriba: Limón Volkameriana; Intermedio: Citrumello CPB 4475; Abajo: Sunky x English. Diagrama: Diana Lucía Correa. Fotos: Ana María Trejos Arana y Mauricio Martínez. Fuente: Caicedo et al, 2008; Martínez et al., 2019.

➤ **Adaptación al suelo y al clima en donde se va a desarrollar la variedad injertada:**

Condiciones específicas del suelo como textura (suelos arcillosos, arenosos, francos, etc.), pH (alcalinos, ácidos, neutros) y topografía (plana, ondulada, quebrada, etc.), son determinantes para lograr un adecuado desarrollo vegetativo y productivo (Caicedo, 2008).

Patrones como Limón Volkameriana y Citrumello CPB 4475, a diferencia del patrón Sunky x English, son tolerantes a salinidad del suelo y a encharcamiento, y por ende a algunos problemas fitosanitarios, siendo consideradas estas características favorables para su adaptación en zonas con presencia de sales y drenaje imperfecto, encontradas principalmente en valles interandinos (fig. 1).

➤ **Resistencia o tolerancia a factores abióticos y a problemas fitosanitarios:**

Se deben identificar portainjertos que presenten un buen comportamiento frente a factores abióticos relacionados con el clima y el suelo como la sequía, humedad y encharcamiento del suelo entre otras, y a problemas fitosanitarios manifestados en pudriciones radicales, y presencia de nematodos, virus y viroides. Patrones utilizados en Colombia como Limón Volkameriana presentan entre otras características tolerancia a salinidad y déficit de agua; Citrumello CPB 4475 es resistente a tristeza de los cítricos y a gomosis (*Phytophthora* sp.); y Sunky x English, presenta tolerancia a nematodos (Caicedo, 2008).

2. Multiplicación de material vegetal e injertación de patrones:

La multiplicación de las plantas de cítricos se realiza mediante la injertación de yemas de la variedad comercial que se quiere producir, sobre el patrón o portainjerto, que se selecciona previamente de acuerdo con el tipo de suelo. La injertación consiste en la unión de partes vegetativas de plantas diferentes, generalmente de la misma especie, para que continúen su crecimiento como una sola planta. La parte que va a constituir la copa se llama injerto y la parte baja o pie se llama patrón. Esta práctica se realiza tres o cuatro meses después del trasplante, y se recomienda utilizar yemas libres de enfermedades y que provengan del huerto madre protegido en casas de malla (Corrales, 2002; Martínez et al., 2019; <https://www.agrosavia.co/productos-y-servicios/oferta-tecnologica/0451-citricos-propagacion-de-plantas-en-casa-de-malla>).

El patrón tiene mucha influencia sobre la copa en lo referente a características comerciales del fruto como tamaño y calidad por esta razón, es necesario reconocer las características de interés que se desean obtener tanto del portainjerto como de la variedad a injertar. Por ejemplo, portainjertos de la mandarina cleopatra tienden a dar fruta pequeña, mientras el limón rugoso disminuye en la naranja sus grados brix, manifestado en la dulzura de la fruta; así mismo se observa influencia en el tamaño del árbol o porte que inducen en la variedad. En el caso de lima acida tahití el uso de los portainjertos Limón Volkameriana, Citrumello CPB 4475 y Sunkya x English, producen arboles de porte alto, medio y bajo respectivamente, y se encuentra una marcada diferencia en el

aspecto y tamaño de los frutos (Fig. 1a, 1b) (Corrales, 2002; Caicedo, 2008; Martínez et al., 2019).

Dentro de la amplia diversidad encontrada en los cítricos, las variedades o copas más cultivadas son: Lima ácida Tahití, Lima ácida Pajarito, Mandarina Clementina, Mandarina Oneco, Mandarina Arrayana, Naranja Valencia, Naranja Salustiana, Naranja Washington, Naranja Sweety, Tangelo Minneola y Tangelo Orlando (Ordúz, 2020).

Las características de desarrollo y diversidad identificadas tanto para el patrón y copa del material vegetal a sembrar permiten que esta especie pueda ser establecida en diferentes ambientes, disminuyendo su vulnerabilidad frente a condiciones de estrés abiótico, sin comprometer su productividad. Esto contribuye a uno de los objetivos del crecimiento verde que busca promover un crecimiento económico resiliente ante los desastres y el cambio climático (DNP, 2018).

¿Que se requiere para la selección de material vegetal para propagación?

- ✓ **Contar con material sano, que provenga de viveros o huertos madre registrados ante el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA. <https://www.ica.gov.co>):**

Consideración fundamental en cumplimiento de la resolución 04215 de diciembre de 2014, que establece los requisitos para el registro de viveros y/o huertos básicos productores y/o comercializadores de semilla sexual y/o asexual (yemas para multiplicación por injerto) de cítricos. Esto garantiza la identidad genética de los materiales, así como la sanidad frente a las principales enfermedades de tipo viral y

bacteriano de transmisión por injerto: virus de la tristeza de los cítricos (*Citrus tristeza virus*) (CTV), Huanglongbing (HLB), exocortis de los cítricos (*Citrus exocortis viroid*) (CEVd), y leprosis (*Citrus leprosis virus*) (CiLV), entre otras (Martínez et al., 2019).

✓ **Realizar injertación de patrones con yemas de variedades de interés comercial y ambiental:**

Para la injertación se seleccionan patrones que a una altura de 20 y 30 cm tengan un diámetro entre 6 y 8 mm. El método de injertación más utilizado en cítricos es el de T invertida, que consiste en realizar dos cortes —uno horizontal y otro vertical— en una parte lisa del patrón a una altura entre 20 y 30 centímetros (Martínez et al., 2019).

¿Qué beneficios y co-beneficios aporta la selección de material vegetal para propagación de cítricos?

Los beneficios de esta práctica están en línea con el principio 2 de la política de crecimiento verde, que considera *generar nuevas fuentes de crecimiento económico a partir del capital natural que provee bienes y servicios ambientales*, que permitan diversificar y dinamizar la economía nacional y que establece estrategias para promover la bioeconomía, en función de la línea de acción 4. “*Desarrollar el mercado de bioproductos y mejora de la competitividad en sectores relacionados con la bioeconomía*” (DNP, 2018).

Beneficios:

Aumento del rendimiento del cultivo utilizando menor cantidad de insumos.

Fomenta la estabilidad ecológica del ecosistema.

Se reduce su susceptibilidad a plagas, enfermedades o a condiciones climáticas extremas.

Co-beneficios:

Conservación de Biodiversidad

Mejora la resiliencia del sistema a cambio climático.

Mayor acceso y oportunidad en mercados.

¿Cómo contribuye la selección de material vegetal para propagación a reducir la vulnerabilidad al cambio climático?

La selección de material vegetal para propagación contribuye a disminuir la vulnerabilidad al cambio climático mediante el uso más amplio de especies y variedades seleccionadas por una mayor productividad o tolerancia a estrés abiótico y biótico. Muchos de estos cultivos nuevos, o de materiales superiores seleccionados son más eficientes en el uso de agua y nutrientes y permite producir bajo condiciones de disponibilidad limitada de agua presentadas por variabilidad climática y en zonas secas (BID, 2019).

2.1.2 Manejo de coberturas del suelo en el cultivo de cítricos.

El manejo de coberturas del suelo en el cultivo de cítricos corresponde a la utilización y aprovechamiento de diferentes materiales, para formar una capa de protección en la superficie, que permita disminuir el efecto directo del sol y la lluvia sobre el suelo, que aceleran procesos de degradación. Debido a que el cultivo de cítricos se desarrolla en zonas planas y onduladas, es importante conocer e implementar tecnologías para el manejo

adecuado del suelo, con prácticas de conservación que ayuden a evitar la erosión y mejoren la calidad del suelo, entre las que se incluye el uso de coberturas.

Teniendo en cuenta la baja productividad en el uso de la tierra y el bajo desempeño ambiental del sector agropecuario, por uso inadecuado de recursos como el suelo, la política de crecimiento verde establece como objetivo, fortalecer los mecanismos y los instrumentos para optimizar el uso de recursos naturales y energía en la producción y en el consumo en relación con la protección del capital natural, y en especial el suelo (DNP, 2019). Por tal razón el manejo de coberturas es clave en el desarrollo de modelos de producción, que incorporan los enfoques de manejo sostenible de la tierra y prácticas agroecológicas en el desarrollo de nuevas ofertas tecnológicas.

Esta práctica permite conservar mayor humedad en el suelo, amarrar las partículas evitando la erosión, y promueve mayor actividad biológica en el agroecosistema, lo cual favorece la mineralización de materia orgánica y disponibilidad de nutrientes; estos beneficios no se obtienen en cultivos limpios o desprotegidos, es decir sin coberturas (IGAC, 2016). Para esto generalmente se utilizan materiales vivos e inertes, como restos de plantas resultado de podas o control de arvenses (biomasa residual), hojarasca o mulch, subproductos poscosecha como cascarilla de arroz o de café, y coberturas vivas como arvenses, pastos u otros cultivos de porte bajo, que deben manejarse para evitar la competencia por nutrientes con el cultivo principal de cítricos.

En este sentido, el crecimiento verde se apoya a nivel nacional en la Política para la gestión sostenible del suelo (GIAS), la cual busca promover el manejo sostenible del suelo en Colombia, en un contexto en el que confluyan la conservación de la biodiversidad, el agua y

el aire, el ordenamiento del territorio y la gestión de riesgo, contribuyendo al desarrollo sostenible y al bienestar de la población, basada en la línea estratégica 6. *Preservación, restauración, y uso sostenible del suelo* (MADS, 2016).

La utilización de coberturas del suelo permite conservar su capacidad productiva bajo un enfoque de manejo sostenible del recurso, promoviendo la acumulación de biomasa, la retención de humedad en la zona de raíces de la planta, disminuyendo la pérdida de la capa arable por acción de los vientos y escorrentías superficiales, lo que se refleja en la productividad del cultivo. Estas acciones en conjunto contribuyen a fomentar y posicionar los Negocios Verdes y Sostenibles (NVS) como un modelo de negocio rentable para el país, como pilar de la política de crecimiento verde (DNP, 2019).

¿Cuáles son los aportes del manejo de coberturas del suelo al crecimiento verde?

Conserva la capacidad productiva del suelo bajo un enfoque de manejo sostenible del recurso, promueve la acumulación de biomasa en el suelo, la retención de humedad en la zona de raíces de la planta y disminuye la pérdida de la capa arable del suelo por acción de los vientos y escorrentías superficiales.

Estas acciones en conjunto contribuyen a fomentar y posicionar los Negocios Verdes y Sostenibles (NVS) como un modelo de negocio rentable para el país, como pilar de la política de crecimiento verde (DNP, 2019).

¿Qué hacer para el manejo de coberturas del suelo en el cultivo de cítricos?

1. Permitir el crecimiento de especies vegetales acompañantes al cultivo:

Una manera efectiva de generar una cobertura vegetal entre las calles del cultivo de cítricos es seleccionar y permitir el crecimiento de arvenses nobles como por ejemplo Kudzu (*Pueraria phaseoloides*), Desmodio (*Desmodium ovalifolium*), Calopo (*Calapogonium sp*), Frijol terciopelo (*Mucuna pruriens*), Canavalia (*Canavalia ensiformis*), mani forrajero (*Arachis pintoi*), botoncillo (*Richardia scabra*), golondrina (*Drymaria cordata*), siempreviva (*Commelina diffusa*), hierba de coneja (*Panicum trichoides*), hierba de sapo (*Hyptis atrorubens*). Otra alternativa es el establecimiento de abonos verdes, los cuales son plantas anuales o perennes, con raíces y follaje denso, de porte bajo, rápido crecimiento, que no interfieren con el desarrollo y producción del cultivo, y cultivadas con el propósito de cubrir el suelo, ofrecer protección y reducir la erosión (Anderson, 1997; Rivera, 2004; Gómez, 1990) (Fig. 2).

Algunas de estas opciones han sido evaluadas por Agrosavia en cultivos comerciales de cítricos en el Centro de Investigación La Libertad, en Villavicencio (Meta). Los resultados destacan la utilización de maní forrajero perenne (*Arachis pintoi*) entre calles, permitiendo la reducción en costos de manejo de arvenses en un 50% respecto al control con herbicidas, a partir del tercer año de establecimiento (Ordúz-Rodríguez et al., 2020).

Dependiendo de las condiciones de terreno, se puede utilizar también la siembra de cultivos asociados durante los primeros años de las plantas, en los espacios entre las calles, al menos a una distancia de 1.5 m del cultivo principal, permitiendo la protección de áreas sin árboles en el huerto. Entre las asociaciones más comunes con cítricos, se encuentran cultivos de frijol, maíz, tabaco, papaya, maracuyá, piña, plátano y banano (Corrales, 2002). Estas asociaciones

además de su función como cobertura, permiten la generación de ingresos adicionales, que pueden constituirse como negocios verdes sostenibles en el marco del crecimiento verde.

PREPRINT



1. Permitir el crecimiento de especies vegetales acompañantes en el cultivo como pastos y arvenses de hoja ancha.



2. Conservar restos vegetales sobre la superficie provenientes del control de malezas, podas del cultivo y hojarasca.



3. Monitorear periódicamente indicadores de degradación y calidad del suelo en el cultivo: formación de surcos, afloramiento de rocas en el terreno, pérdida de la capa vegetal, disminución de la fertilidad y ausencia de macrofauna del suelo.



Figura 2. Prácticas para el manejo de coberturas del suelo en cultivos de cítricos. 1. Permitir especies vegetales acompañantes; 2. Conservación de restos vegetales en superficie; 3. Monitoreo de indicadores de degradación y calidad del suelo. Diagrama: Diana Lucia Correa. Fotos: Carlos Eduardo Ospina, Mauricio Martínez, Diana Lucia Correa, Ana María Trejos. Fuente: Los autores.

2. Conservar restos vegetales sobre la superficie del suelo:

Se recomienda conservar sobre la superficie restos vegetales, provenientes del control de malezas o podas del cultivo, para proteger el suelo del impacto de las gotas de lluvia que provocan erosión y degradación, y para regular la temperatura y humedad del suelo, que permita la actividad biológica y el incremento de la diversidad como fuente de materia orgánica (Brunel y Seguel, 2011; FAO, 2013) (Fig. 2). Con estas acciones se contribuye a la reutilización de materiales orgánicos o biomasa producida en el área del cultivo, la cual es incorporada al suelo, favoreciendo entre otros, la actividad biológica, y la mineralización y disponibilidad de nutrientes, base para la sostenibilidad de sistemas agropecuarios.

El manejo de residuos sólidos urbanos y agropecuarios a través del reciclaje, compostaje, tratamiento y gestión de sitios contaminados y áreas degradadas, empaques sostenibles, aprovechamiento / valorización, constituye un sector en el que se basa la economía verde (Alarcón, 2016). A partir de este concepto debemos repensar los sistemas de producción agropecuaria, para el manejo sostenible de tierras utilizando tecnologías como la incorporación y transformación de residuos orgánicos de los sistemas agroalimentarios, orientadas a la agricultura orgánica, y a la conservación y restauración del hábitat.

3. Monitorear periódicamente indicadores de degradación y calidad del suelo en el cultivo.

Corresponde al monitoreo periódico de indicadores de degradación y calidad del suelo en el cultivo, mediante observación directa, en la finca y en su entorno. La calidad del suelo se ha definido como la capacidad de un suelo para funcionar dentro de los límites de ecosistemas

naturales o manejados para mantener la productividad biológica, conservar la calidad ambiental, promover la salud de plantas y animales (Doran y Parkin, 1994).

La Política para la gestión sostenible del suelo (GIAS), contempla en su línea estratégica 4. El monitoreo y seguimiento a la calidad del suelo. En la cual la calidad del suelo se considera una forma de medir y monitorear su estado y como una herramienta para la toma de decisiones referentes a su preservación, restauración y uso sostenible (MADS, 2016).

Para tal fin se recomienda el monitoreo periódico de indicadores sencillos para estimar las condiciones de fertilidad, a través de análisis de suelos (químicos, físicos y biológicos), al menos cada año en el área del cultivo. Esto permite tomar decisiones oportunas de manejo y aplicación de correctivos, para disminuir los efectos de la pérdida de calidad del suelo y la degradación, sobre el desarrollo y producción del cultivo.

Los indicadores a monitorear pueden ser visuales (Color, profundidad efectiva), físicos (compactación, porosidad), químicos (pH, contenido de carbono, bases) o biológicos (macroinvertebrados, actividad microbial), que pueden dar cuenta de la disminución de la fertilidad y ausencia de actividad en el suelo. Otros indicadores de degradación se pueden manifestar en pérdida de suelo por lluvias a través de la pendiente, formación de surcos, afloramiento de rocas en el terreno, pérdida de la capa vegetal y horizonte orgánico, (Fig. 2).

¿Que se requiere para el manejo de coberturas del suelo en el cultivo?

- ✓ Seleccionar arvenses nobles o cultivos asociados para cobertura del suelo en el cultivo.
- ✓ Realizar control manual o mecánico de arvenses o plantas acompañantes, con guadaña accionada mediante tractor o de forma manual, realizando cortes no inferiores a 15 cm para mantener la capa vegetal y no dejar el suelo descubierto.
- ✓ Conservar en la corona del árbol los residuos de poda y repicar los residuos de mayor tamaño como ramas y tallos para un mejor manejo. De esta forma se aprovechan como mulch y como aporte de materia orgánica, para disminuir la pérdida de humedad por evaporación directa desde el suelo por la acción del sol y el viento.
- ✓ Utilizar guías disponibles por diferentes entidades para valoración de indicadores de calidad a nivel de cultivo.

(https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_051284.pdf;

<https://www.fao.org/3/i8864es/I8864ES.pdf>)

¿Qué beneficios y co-beneficios aporta el manejo de coberturas del suelo en el cultivo de cítricos?

Los beneficios de esta práctica están en línea con el principio 4 de la política de crecimiento verde, que considera *Reducir las externalidades ambientales y la degradación ambiental, mejorando la calidad ambiental y la calidad de vida de la población*, al que se articula la línea estratégica 14. *Fortalecer las capacidades para el ordenamiento productivo*

agropecuaria y la producción agropecuaria sostenible; y la línea estratégica 15. Gestión y transferencia de tecnología para la producción agropecuaria sostenible (DNP, 2018).

Beneficios:

Enriquece con materia orgánica y con nutrientes el suelo.

Disminuye el efecto de la radiación solar que acelera los procesos de pérdida de la materia orgánica.

Adaptación del cultivo a condiciones de humedad limitantes para el desarrollo.

Co-beneficios

Conservación y aprovechamiento sostenible del recurso suelo.

La cantidad y calidad del agua subterránea aumenta porque se favorece su infiltración y se reduce la evaporación

Acumulación de biomasa y carbono en el suelo.

¿Cómo contribuye el manejo de coberturas del suelo en el cultivo a reducir la vulnerabilidad al cambio climático?

El buen manejo de la cobertura del suelo permite la capacidad de adaptación del cultivo bajo una condición de déficit de humedad en el suelo permanente o temporal, esto repercute en árboles con buen desarrollo y por consiguiente aumento en la productividad con frutos de mejor calidad.

2.2. Prácticas para maximizar la eficiencia en el uso de los recursos en las actividades productivas.

2.2.1 Manejo y uso eficiente del agua de riego en el cultivo

El manejo y uso eficiente del agua de riego se refiere al aporte de agua basado en el consumo o requerimiento del cultivo, aplicando solo el volumen de agua necesario, en el momento indicado según en el estado del cultivo, y con la frecuencia necesaria para garantizar la humedad requerida en el suelo. De esta manera se establece un principio de sostenibilidad hídrica y de adaptación del cultivo como, por ejemplo, bajo una condición de déficit de humedad en el suelo, principal limitante del cultivo de cítricos como naranja, lima ácida Tahití y pajarito en las zonas productoras del país (Correa-Moreno et al., 2016); siendo necesario implementar prácticas de adaptación, como el manejo y uso eficiente de sistemas de riego, que contribuye a la productividad del agua (FAO, 2013).

La misión de crecimiento verde identificó la productividad del agua como una de las brechas sobre las cuales se deben basar acciones encaminadas al crecimiento verde, teniendo como referente que el país produce 18,9 dólares por cada metro cúbico de agua extraída, a comparación de países de ingreso medio alto que producen en promedio 27 dólares por metro cúbico y de países miembros de la OCDE que producen 114,44 dólares por metro cúbico (DNP, 2019). Lo que indica que la abundancia de recurso hídrico en el contexto nacional no necesariamente se ha considerado un motor para la producción económica a partir del mismo.

Bajo este contexto el manejo y uso eficiente del agua de riego en el cultivo, se considera dentro de las acciones de la política de crecimiento verde, específicamente en la línea de

acción 18: fortalecimiento de la gestión del recurso hídrico en el sector agropecuario basado en el conocimiento de modelos dinámicos de oferta y demanda del agua.

En concordancia, la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico, reconoce líneas de acción estratégicas para el manejo del recurso hídrico en el país, cuyo objetivo general es garantizar su sostenibilidad mediante: la gestión y uso eficiente y eficaz; la articulación entre el ordenamiento y uso del territorio; la conservación de los ecosistemas que regulan la oferta hídrica; la gestión del agua como factor de desarrollo económico y de bienestar social; y la implementación de procesos de participación (MAVDT, 2010).

El manejo y uso eficiente del agua de riego en el cultivo contribuye a la utilización responsable del agua, en el proceso de transformación insumo-producto, el aprovechamiento del recurso hídrico para el aumento de áreas agrícolas y cobertura vegetal, y como medida de mitigación al cambio climático mediante la gestión de información climática para la generación de alertas (DNP, 2018).

Los cítricos requieren de cierta cantidad de agua durante el año para obtener su máximo potencial productivo, la cual puede ser obtenida por precipitación en periodos de invierno o en zonas húmedas, o por aplicación de agua suplementaria mediante riego en periodos secos o sitios con déficit hídrico. Del aporte adecuado y oportuno de agua a los árboles de cítricos, depende el crecimiento de la planta y su respuesta para el desarrollo y calidad de frutos, así como el uso sostenible de este recurso en la producción, por lo que el uso del agua de riego como alternativa de suministro, debe basarse en factores de desarrollo y disponibilidad de agua en la zona del cultivo.

¿Cuáles son los aportes del manejo y uso eficiente del agua de riego en el cultivo al crecimiento verde?

Utilización eficiente del agua en el proceso de transformación insumo-producto, aprovechamiento del recurso hídrico para el aumento de áreas agrícolas y cobertura vegetal, y como medida de mitigación al cambio climático mediante gestión de información climática.

Estas acciones en conjunto contribuyen al fortalecimiento de la gestión del recurso hídrico en el sector agropecuario basado en instrumentos de información, como pilar de la política de crecimiento verde (DNP, 2018).

¿Qué hacer para el manejo y uso eficiente del agua de riego en el cultivo?

Para el manejo y uso eficiente del agua de riego en el cultivo, se recomienda diseñar un sistema de riego que permita lograr un manejo sostenible del recurso y el aumento en la productividad y calidad del cultivo. Este diseño debe integrar dos componentes fundamentales en un sistema de riego, que deben ser ajustados a las condiciones propias de cada cultivo de cítricos, 1. Diseño agronómico para programación de riego; y 2. Diseño hidráulico para instalación y funcionamiento.

1. Diseño agronómico para programación de riego:

El diseño agronómico permite establecer un programa de riego mediante cálculos para determinar la dosis y frecuencia de aplicación de agua para el cultivo. Para saber cuánto y cuando aplicar, se debe conocer principalmente, **las variables climáticas de la zona** como precipitación, evaporación, humedad relativa, brillo solar y velocidad del viento,

que pueden consultarse en la estación climática más cerca al sitio del cultivo; y **las características del cultivo** como edad, desarrollo de raíces y el requerimiento de agua o uso consuntivo de la especie, que se expresa mediante el Coeficiente de cultivo (K_c), y que para cítricos fluctúa entre 0.8 – 1.0; (Fig 3.1).

Conociendo algunas condiciones climáticas de la zona y características del cultivo, se puede calcular el aporte de agua través del “balance hídrico”, el cual se asemeja a llevar la contabilidad del agua, para comparar las entradas de agua (precipitación efectiva o riego) y salidas (evaporación - evapotranspiración), y estimar el volumen de agua que requieren las plantas (riego), y que debe estar disponible durante un periodo analizado (diario o semanal) para tomar la decisión de aplicación de riego complementario en el cultivo de cítrico (Cruz, 2010) (Tabla 1).

Tabla 1. Variables y cálculo del balance hídrico diario para decisión de aplicación de riego complementario en cultivo de cítricos (ejemplo práctico).

Balance hídrico diario												
	Salidas					Entradas	Diferencia	Agua a aplicar				
Día	Evaporación (E)					Precipitación (P)	Necesidades de Riego (R)					
	E (mm.dia- ¹)	K _p	E _{to} (mm.dia- ¹)	K _c	ET _c (mm.dia- ¹)	Pe (mm.dia- ¹)	RR (ET _c -Pe) (mm.dia- ¹)	Riego (si/no)	RRn	Volumen de agua (L)	Tiempo (min)	
1	5,1	0,85	4,3	1	4,3	0	12,2	si	13,5	54	40,5	
2	2,4	0,85	2	1	2	0	4,3	no	0	0	0,0	
3	5	0,85	4,3	1	4,3	0	6,4	si	7,1	28,3	21,3	
4	3,3	0,85	2,8	1	2,8	0	4,3	no	0	0	0,0	
5	4	0,85	3,4	1	3,4	0	7,1	si	7,8	31,4	23,5	
6	3,6	0,85	3,1	1	3,1	0	3,4	no	0	0	0,0	
7	3,7	0,85	3,1	1	3,1	0	6,5	no	0	0	0,0	
8	4,3	0,85	3,7	1	3,7	3,5	9,6	no	0	0	0,0	
9	2,1	0,85	1,8	1	1,8	14,3	9,8	si	10,8	43,4	32,5	
10	4,9	0,85	4,2	1	4,2	1	-12,5	no	0	0	0,0	

P_e : Precipitación efectiva (mm. dia⁻¹)

Ev: Evaporación diaria
tanque clase A.

K_p : coeficiente del tanque evaporímetro que varía en un rango de 0,4 -0,85.

ET_0 : Evapotranspiración de referencia.

$ET_0 = Ev * K_p$

K_c : coeficiente de cultivo, que para cítricos varía entre (0,7 - 1,0) en etapa de producción.

ET_c : Evapotranspiración del cultivo (mm.dia⁻¹).

$ET_c = ET_0 * K_c$

RR_n = Requerimiento de riego neto (mm.dia⁻¹). RR/E_a

E_a = Eficiencia de aplicación del sistema de riego (0.9 para goteo)

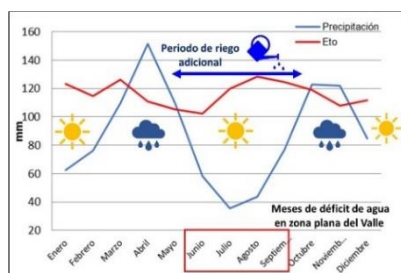
La precipitación o lluvia efectiva (**P_e**) es agua “sin costo o gratis” que recibe el cultivo; conociendo la cantidad aportada, la evaporación del suelo, y la transpiración de las plantas llamada **Evapotranspiración (ET_c)**, se puede conocer por diferencia de volumen la cantidad de agua que se debe aplicar al cultivo mediante el riego. Para determinar la demanda neta de riego del cultivo se debe estimar el requerimiento de riego y considerar la eficiencia de aplicación del sistema de riego a seleccionar (tabla 1):

La precipitación efectiva es aquella fracción de la precipitación total que es aprovechada por las plantas. Puede calcularse a través del programa Cropwat 8.0 FAO (descarga gratis a través de <https://cropwat.informer.com/Descargar-gratis/>).

La Evapotranspiración del cultivo en condiciones estándar (ET_c) se refiere a la evapotranspiración de cualquier cultivo libre de enfermedades, con adecuada fertilización y que se desarrolla en parcelas bajo condiciones óptimas de suelo y agua, y que alcanza la máxima producción de acuerdo con las condiciones climáticas presentes (Allen et al., 2006).

Evapotranspiración de referencia (ET_0) es la tasa de evaporación de un cultivo de referencia, sin restricción de agua, determinada por el método Penman-Monteith FAO 56 (Allen et al., 2006).

1. Diseño agronómico para programación de riego cultivo



Calcular el balance hídrico de la zona: Diferencia entre precipitación y evapotranspiración de referencia.



Conocer las características del suelo: profundidad, textura, drenaje etc.

2. Diseño hidráulico para instalación y funcionamiento del sistema de riego



Instalación de sistema de bombeo y conducción de agua en el lote.



Elección de sistema de distribución de agua: aspersores o goteros.

3. Identificación de estados de desarrollo de la planta de mayor demanda de agua durante el cultivo.



Brotación de yemas vegetativas.



Formación de cojines florales y floración.



Cuajado y llenado de frutos

Figura 3. Factores considerados para el manejo y uso eficiente del agua de riego en el cultivo de Cítricos. 1. Diseño agronómico para programación de riego; 2. Diseño hidráulico para instalación y funcionamiento del sistema de riego; 3. Identificación de estados de desarrollo de la planta de mayor demanda de agua. Diagrama: Diana Lucia Correa. Fotos: Ana María Trejos _Diana Lucia Correa. Fuente: Los autores.

2. Diseño hidráulico para instalación y funcionamiento del sistema de riego.

Consiste en diseñar e implementar un sistema de riego eficiente acorde a las necesidades del cultivo, y que garantice el suministro adecuado de agua a las plantas en el área de raíces, y evite pérdidas por infiltración, percolación y evaporación (Fig. 3.2). Para el **diseño hidráulico** es necesario conocer entre otras, las características y/o propiedades del agua y el suelo, topografía del terreno, distancias de siembra, edad del cultivo y requerimiento hídrico.

El diseño e implementación inicia con la verificación de la existencia de una fuente de agua cercana (pozo profundo, aljibe, río, acequia) y con caudal suficiente para abastecer la necesidad de agua de riego del cultivo. Así mismo se debe verificar que se cuente con el permiso de concesión de agua por parte de la autoridad ambiental competente.

Para el cultivo de cítricos se recomienda el riego por goteo por que posee una eficiencia de aplicación del 90% en comparación al riego por aspersión (60%) o gravedad (50%), ya que el agua es aplicada en forma de gotas sobre la zona de raíces, lo que garantiza una mínima pérdida de agua por evaporación o drenaje, y permite el ahorro de agua. Incorporar riego por goteo al cultivo de cítricos reduce la huella hídrica total, dado que la eficiencia de aplicación del sistema reduce la evaporación del suelo, y permite el aumento en el rendimiento del cultivo y calidad físico-química de la fruta a raíz del control del agua (Gutierrez, 2016).

El principio fundamental del diseño hidráulico del riego por goteo es definir los diámetros y longitudes de las diferentes tuberías que componen el sistema (principal, secundaria y

terciaria o múltiple), bajo el criterio de optimización de uniformidad del riego, lo que permite además disminuir los costos del sistema teniendo en cuenta el área a regar. Para prolongar la vida útil del sistema se recomienda enterrar la tubería.

El **sistema de riego por goteo** se compone de: un cabezal donde se instalan los sistemas de bombeo, un sistema de control del riego, filtros de agua e inyección de fertilizante, red de conducción desde la fuente instalada superficial o subterránea a la cual se unen las tuberías (principal, secundaria y terciaria o múltiple), y los emisores o goteros (Figura 4).

Los “**goteros**” de bajo caudal, permiten regar una o varias veces durante el día o todos los días, dependiendo de la frecuencia de riego estimada que depende del tipo del suelo; así mismo en el caso de seleccionar goteros autocompensados, se garantiza que al trabajar a diferentes presiones se aporta el mismo caudal (Figura 4).

Según el arreglo del cultivo, el diseño agronómico, y la disponibilidad de recursos financieros, para garantizar un volumen de 43 L. árbol⁻¹ en 25 minutos, se puede utilizar un sistema de riego localizado de alta frecuencia (RLAF), con tres módulos de riego con tubería de 2" principal y secundaria 1 ½". La distribución de la red de riego puede ser en tubería de 16 mm, instalando en cada árbol manguera en doble anillo de riego con goteros de 4 l/h (Correa_Moreno et al., 2016).



a. Sistema de bombeo y conducción de agua en el lote.



b. Sistema de distribución de agua: Doble anillo de manguera por árbol.



c. Goteros auto compensados distribuidos en los anillos para riego localizado de alta frecuencia (RLAF). Zona de humedecimiento del gotero.

Figura 4. Componentes del sistema de riego por goteo en cultivos de Cítricos. a. Sistema de bombeo y conducción de agua; b. Sistema de distribución de agua; c. Goteros auto compensados para riego localizado. Diagrama: Diana Lucia Correa. Fotos: Ana María Trejos, Jose Manuel Campo, Claudia Narváez, Diana Lucia Correa. Fuente: Los autores.

3. Identificar los estados de desarrollo de la planta de mayor demanda de agua.

Se debe establecer mediante observación directa en los árboles del cultivo, la presencia de estados de desarrollo como brotes vegetativos, floración e inicio de fructificación, los cuales requieren mayor atención. Estos pueden verse afectados en su crecimiento en condiciones de poca disponibilidad de agua, manifestándose en aborto floral y abscisión del fruto. (Fig. 3.3). En algunas especies de cítricos como lima ácida pajarito (*Citrus aurantifolium*) estos estados se pueden presentar durante todo el ciclo productivo, por lo tanto, se debe identificar mediante observación directa en los árboles cual es la estructura predominante, para aplicar riego según requerimientos de agua del cultivo.

¿Qué se requiere para el manejo y uso eficiente del agua de riego en el cultivo?

- ✓ Consultar registros diarios de datos meteorológicos de la estación climática más cerca al sitio del cultivo para el cálculo del balance hídrico. En el país esta consulta se puede realizar en instituciones como el IDEAM, CENICAFE, CENICANA y otras organizaciones relacionadas (<http://www.ideam.gov.co/solicitud-de-informacion>; <https://www.cenicana.org/meteoportal/>; <https://www.cenicafe.org/es/>). Para hacer una proyección de un balance hídrico en una región se puede tomar un histórico de datos de precipitación y evaporación de al menos 30 años, mientras que para la aplicación de riego en el cultivo se requiere la consulta de datos diarios.

- ✓ Identificar mediante observación en campo y análisis de laboratorio, el tipo de suelo en el que se encuentra establecido el cultivo. Es importante tener en cuenta variables como

textura (arenosa o arcillosa), contenido de humedad y movimiento del agua en el suelo (lento o rápido), para ajuste de diseño agronómico e hidráulico del sistema de riego.

- ✓ Es importante realizar un análisis de la calidad físico-química del agua, esto permite tomar decisiones de manejo en cuanto uso de reguladores de pH (alcalinidad o acidez), manejo de la salinidad, selección adecuada de filtros, lo que prolonga la vida útil del sistema de riego evitando taponamiento en los goteros por partículas gruesas y/o algas, como también por acumulación de depósitos de sales. Así mismo se favorece el crecimiento, desarrollo, y calidad de las plantas.

¿Qué beneficios y co-beneficios aporta el manejo y uso eficiente del agua de riego en el cultivo?.

Los beneficios de esta práctica están en línea con acciones del principio 1 de la política de crecimiento verde, *Maximizar la eficiencia en el uso de los recursos en las actividades productivas, para competitividad en los mercados nacionales e internacionales* y en la línea de acción 21: *formular estrategias entre el sector público, privado, academia y banca para la financiación y desarrollo de proyectos enfocados a la gestión integral del recurso hídrico* (GIRH), que buscan facilitar mediante el apoyo de instituciones como las CARs, Agrosavia, el ICA y del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, la formulación e implementación de proyectos de uso eficiente del agua y la transferencia de buenas prácticas, así como el conocimiento de la oferta de agua y las tecnologías para mejorar la calidad y la gestión de la demanda (DNP, 2018, 2019).

Beneficios:

Uso racional y eficiente del recurso hídrico.

Favorece la adaptación del cultivo a condiciones limitantes de humedad.

Reduce la huella hídrica del cultivo

Co-beneficios

Mejora ingresos favoreciendo la tasa retributiva por uso de agua.

Permite regular los periodos de producción durante el año.

Aumento de áreas agrícolas en zonas secas y con poca disponibilidad de agua.

¿Cómo contribuye el manejo y uso eficiente del agua de riego en el cultivo a reducir la vulnerabilidad al cambio climático?

Permite disminuir la vulnerabilidad al cambio climático al reducir el consumo de agua, producir bajo condiciones de disponibilidad limitada de agua presentadas por variabilidad climática y en zonas secas, y prolongar los periodos de producción durante el año.

2.2.2 Recomendaciones para la optimización de la fertilización en el cultivo.

La optimización de la fertilización consiste en el manejo eficiente de la nutrición del cultivo mediante el diseño de un plan de fertilización teniendo en cuenta, las necesidades del cultivo, la disponibilidad de nutrientes en el suelo y el estado de desarrollo de las plantas (Martinez et al., 2019)

La realización de esta práctica agronómica contribuye a implementar la política de crecimiento verde dado que hace uso eficiente de los recursos naturales y financieros, y disminuye el impacto sobre el medio ambiente; por el contrario, sin la optimización de la

fertilización, se induce a degradación de los recursos suelo y agua por contaminación asociada al exceso de sales y efecto residual de los fertilizantes, así como a la emisión de gases efecto invernadero al ambiente.

Con el propósito de mejorar la productividad del uso de la tierra, mejorando el desempeño del sector agropecuario, la política de crecimiento verde busca fortalecer las capacidades para el ordenamiento productivo agropecuario a través de sistemas de producción que incorporen buenas prácticas y tecnologías tales como el uso eficiente de fertilizantes y la optimización de la fertilización en cultivos, en dirección hacia la producción agropecuaria sostenible. En este sentido los negocios verdes y sostenibles (NVS) y la economía circular consideradas en el marco estratégico de la política, incorporan buenas prácticas ambientales, sociales y económicas, con enfoque de ciclo de vida, y buscan reducir la generación de residuos contribuyendo a la conservación del ambiente como capital natural que soporta el desarrollo (DNP 2018).

¿Cuáles son los aportes de optimizar la fertilización del cultivo al crecimiento verde?

Permite el aumento de áreas de cultivos, la acumulación de biomasa y aporte de carbono al suelo por la ampliación de coberturas vegetales, y la estabilidad de la producción bajo condiciones restrictivas de fertilidad y disponibilidad de agua, que se reflejan en mejores ingresos para los agricultores.

Optimizar la fertilización en los cultivos de cítricos permite el aumento de áreas productoras, acumulación de biomasa y aporte de carbono al suelo por la ampliación de coberturas vegetales, y la estabilidad de la producción bajo condiciones restrictivas de fertilidad y

disponibilidad de agua, que se reflejan en mejores ingresos para los agricultores. Estas acciones en conjunto contribuyen a incorporar los enfoques de manejo sostenible de la tierra y prácticas agroecológicas en el desarrollo de nuevas ofertas tecnológicas y en programas de fortalecimiento de sistemas productivos agropecuarios sostenibles que adoptan buenas prácticas agropecuarias, como pilar de la política de crecimiento verde (DNP, 2018).

¿Qué hacer para optimizar la fertilización en el cultivo de cítricos?

1. Diseñar un programa de fertilización basado en el balance de nutrientes:

Consiste en establecer un programa de fertilización, de acuerdo con la disponibilidad de nutrientes en el suelo, condiciones edáficas y los requerimientos del cultivo, para aplicar la cantidad requerida, en el momento oportuno, con la frecuencia necesaria y seleccionar la fuente de nutrientes adecuada y método de aplicación (edáfica o foliar) (fig. 5) (Correa-Moreno, et al., 2016). Para lo cual se deben considerar los siguientes aspectos:

- **Conocer los requerimientos de nutrientes del cultivo:** permite aplicar la cantidad que la planta puede absorber sin que se generen pérdidas por lixiviación o volatilización. Estos requerimientos dependen de la edad del cultivo (Tabla 2), variedad de cítricos cultivada, y rendimiento esperado según variedad que puede fluctuar entre 15 – 70 t.ha⁻¹ (FAOSTAT, 2018; SIEMBRA, 2020). Para una producción promedio de 25 t.ha⁻¹ en cítricos se estima que se requiere aproximadamente 122 Kg. ha⁻¹ de N; 31 Kg. ha⁻¹ de P₂O₅ y 154 Kg. ha⁻¹ de K₂O (Agusti, 2003; Corrales, 2002) (Tabla 2). Es preciso señalar que, a partir de los requerimientos nutricionales, y según el clima y las propiedades del suelo, la fertilización química puede complementarse con el aporte de abonos orgánicos

que pueden prepararse en las fincas con biomasa residual local. En todo caso, estos abonos deben contar con calidad sanitaria y nutricional adecuada según la normatividad vigente.

Tabla 2. Requerimiento de nutrientes en cítricos según edad del cultivo (Fuente: Augusti 2003).

Edad años	Nutrientes requeridos										
	Nitrógeno (N)	Fosforo (P)	Potasio (K)	Azufre (S)	Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)	Hierro (Fe)	Cobre (Cu)	Manganeso (Mn)	Zinc (Zn)	Boro (B)
						(Kg.ha ⁻¹)					
0 - 1	12	3	15	3	4	10	1	1	4	1	3
1 - 2	24	6	31	6	8	13	3	1	8	3	3
2 - 3	49	12	61	10	15	15	4	3	10	4	4
3 - 4	98	24	123	18	32	19	5	4	18	5	5
> 4	122	31	154	25	45	23	8	4	18	8	5

- **Estimar la cantidad nutrientes a aplicar:** corresponde a calcular las necesidades reales de nutrientes que se deben aplicar al suelo en la fertilización, mediante diferencia entre lo que aporta el suelo y los requerimientos de las plantas. Para esto se utilizan reportes de requerimientos del cultivo, que pueden ser consultados en estudios previos, y resultados de análisis químicos de muestras de suelo obtenidas en el sitio en donde se ha establecido el cultivo.

Para mayor información respecto al muestreo de suelos y análisis de laboratorio para fertilidad, puede consultar en la página de Agrosavia orientaciones al respecto en los siguientes enlaces:

<http://hdl.handle.net/20.500.12324/35028>;
<https://youtu.be/6d2mR8MKbzc>; <https://www.agrosavia.co/productos-y-servicios/servicios-de-laboratorio/quimica-analitica>

- **Identificar el momento oportuno y frecuencia de fertilización:** Definir la época de aplicación, dependerá tanto de la identificación de estados de desarrollo de la planta con mayor demanda de nutrientes, de acuerdo con la edad y etapa del cultivo (establecimiento o producción), y a estados fenológicos de desarrollo en etapa productiva como brotes vegetativos, floración e inicio de fructificación que se presentan en cada ciclo, considerados de alta demanda de nutrientes para lograr la producción del cultivo (fig. 5). Dependiendo de la variedad y condiciones ambientales, en cítricos se estima una frecuencia de aplicación durante el año cada 2.5 - 3 meses coincidiendo con estados de mayor demanda.
- **Fuentes de nutrientes adecuadas:** Es importante seleccionar las fuentes fertilizantes de acuerdo con requerimientos del cultivo, tipo de suelo, eficiencia del fertilizante y disponibilidad en la zona. Estas fuentes pueden ser orgánicas, biológicas y químicas.

La eficiencia del fertilizante es la cantidad de nutrientes absorbida por la planta en relación con la cantidad total aplicada en la fertilización (Martínez et al., 2019); este factor determina la cantidad total a aplicar de fertilizante dependiendo del tipo de nutrientes y el grado (%) en que es absorbido por la planta. El porcentaje absorbido por la planta es diferente según el nutriente: Nitrógeno (50%), Fósforo (10%) y Potasio (40%), lo que influye en las pérdidas o acumulación de estos elementos en la zona de raíces.

1. Diseñar un programa de fertilización basado en el balance de nutrientes:

Requerimientos del cultivo

Para obtener un Rendimiento promedio de 25 t.ha^{-1} se requiere: Nitrógeno - N (122 Kg ha^{-1}), Fósforo - P_2O_5 (31 Kg ha^{-1}), Potasio - K_2O (229 Kg ha^{-1}).

Cantidad nutrientes a aplicar

Calcular las necesidades de fertilizante utilizando reportes de requerimientos del cultivo y resultados de análisis químicos del suelo. (Ec.1).

$$NAF = \frac{(RC - AS)}{EF} * 100$$

NAF	=	Necesidad de aplicación de fertilizante (Kg/ ha)
RC	=	Requerimiento del cultivo (Kg/ ha)
AS	=	Aporte del suelo (Kg/ ha)
EF	=	Eficiencia del fertilizante (%)

Momento oportuno y frecuencia necesaria



Brotación de yemas vegetativas



Formación de cojines florales y floración.



Cuajado y llenado de frutos.

Estados fenológicos críticos - Frecuencia aplicación cada 2.5 - 3 meses.

Fuentes de nutrientes adecuadas

Seleccionar las fuentes fertilizantes: de acuerdo a requerimientos, eficiencia y disponibilidad en la zona.

Sistema de aplicación

Escoger la forma de aplicación que permita la utilización efectiva de nutrientes : Edáfica (superficial, localizada, vía riego), foliar.

2. Seguimiento nutricional al cultivo

Utilización de análisis de suelos, tejidos (hojas) y aguas para conocer el estado de fertilidad del suelo y nutricional del huerto para la planificación y ajuste de la fertilización durante el desarrollo del cultivo.

Figura 5. Factores considerados para la aplicación de la práctica de optimización de la fertilización en el cultivo de cítricos.: 1. Conocer los requerimientos del cultivo; 2. Calcular la cantidad de nutrientes requerida; 3. Identificar el momento oportuno y frecuencia necesaria; 4. Seleccionar las fuentes de nutrientes adecuadas; 5. Escoger el sistema de aplicación; 6. Realizar seguimiento

nutricional. Elaboración propia. Diagrama: Diana Lucia Correa Moreno. Fotos: Ana Maria Trejos.
Fuente: Los autores.

- **Escoger el sistema de aplicación de fertilizantes:** Consiste en seleccionar la forma de aplicación que permita la utilización efectiva de nutrientes, la cual debe ser edáfica, es decir aplicada en el suelo, realizándose de acuerdo al tipo de suelo y condiciones climáticas, de forma superficial, localizada, o a través del riego (fertiriego). La fertilización foliar o sobre las hojas, es utilizada como complemento a la fertilización edáfica, generalmente para la corrección de deficiencias de algunos elementos y en la aplicación de micronutrientes.

2. Realizar seguimiento nutricional al cultivo:

Hace referencia al reconocimiento periódico del estado de fertilidad del suelo y nutricional del huerto, para la planificación y ajuste de la fertilización durante el desarrollo del cultivo. Se realiza mediante observación de deficiencias en campo y utilizando resultados obtenidos de análisis de suelos, tejidos (hojas y frutos) y aguas, que se realizan en laboratorio, como herramientas que usa el asistente técnico para la toma de decisiones y para la planificación y ajuste de la fertilización durante el desarrollo del cultivo (fig. 5).

¿Qué se requiere para optimizar la fertilización en el cultivo?

- ✓ Planificar la frecuencia de aplicaciones de los fertilizantes edáficos o foliares de acuerdo con la disponibilidad de agua en el cultivo por precipitación o riego para una mayor efectividad.

- ✓ Asesoría de un asistente técnico o ingeniero agrónomo para interpretación de análisis de suelos y de tejidos.
- ✓ Adiciones periódicas de materia orgánica o abonos orgánicos para mejorar propiedades físicas y biológicas del suelo que ayudan a la asimilación de los nutrientes. La aplicación de abonos orgánicos contribuye a la fertilidad del suelo, sin embargo, es necesario el uso adecuado de los mismos y el control de factores como el origen de los materiales y la calidad, acorde con normas de bioseguridad que buscan garantizar que no se afecte la salud humana y que no se contamine el ambiente (Asohofrucol, 2009).

¿Qué beneficios y co-beneficios aporta la optimización de la fertilización del cultivo?

Los beneficios de esta práctica en los diferentes sistemas productivos de cítricos están en línea con acciones del principio 7 de la política de crecimiento verde: *Promover la investigación y la innovación para impulsar el desarrollo y uso de tecnologías verdes competitivas en el mercado*, y articulada con la línea de acción 16: *desarrollo de una estrategia orientada a la financiación de proyectos agropecuarios sostenibles* en cabeza del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.

Esta acción tiene como propósito incorporar en los instrumentos financieros existentes, un componente que permita apalancar las actividades agropecuarias que incluyan criterios de crecimiento verde como el uso eficiente del agua y del suelo, el uso de fertilizantes orgánicos, el desarrollo de la agroecología, entre otros, a través del Programa de Fortalecimiento de Sistemas Productivos Agropecuarios Sostenibles (DNP, 2018). Estos lineamientos además, buscan asegurar la inocuidad y calidad del producto, evitar la degradación de los recursos

naturales, y lograr la sostenibilidad y la generación de servicios ecosistémicos asociados a sistemas de producción agropecuaria.

Beneficios:

Aumento de la producción del cultivo con una menor cantidad de fertilizante.

Disminución en costos de producción.

Reducción en contaminación de suelos y aguas por uso responsable de fertilizantes.

Co-beneficios

Conservación y aprovechamiento sostenible del recurso suelo.

Aporte a la seguridad alimentaria.

Reducción de gases efecto invernadero.

¿Cómo contribuye la optimización de la fertilización en el cultivo a reducir la vulnerabilidad al cambio climático?

Optimizar la fertilización contribuye a disminuir la vulnerabilidad al cambio climático mediante el uso racional y aprovechamiento eficiente de fertilizantes, como los fertilizantes nitrogenados, que son fuente de gases efecto invernadero como el óxido nitroso dependiendo de su manejo.

2.2.3 Manejo integrado de plagas (MIP)

El MIP consiste en la implementación de medidas de seguimiento, decisión y control para atenuar la incidencia de plagas (insectos, enfermedades y arvenses) (ICA, 2012). Para el cultivo de cítricos este manejo debe hacer parte de las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA), como estrategia de largo plazo para la protección e inocuidad de los productos agroalimentarios, productividad y sostenibilidad de la producción (Asohofrucol, 2009).

La Política de Crecimiento Verde, establece que las buenas prácticas agropecuarias son un conjunto de conocimientos de manejo recomendadas para la producción, que incluyen desde la actividad primaria hasta el transporte y empaque. Con esto se busca asegurar la inocuidad, la calidad de producto, evitar la degradación de los recursos naturales, y por ende lograr la sustentabilidad y sostenibilidad de los sistemas productivos (DNP, 2018).

Los efectos nocivos del uso inadecuado de los plaguicidas en sistemas de producción agropecuaria han promovido el desarrollo de nuevas concepciones tendientes a minimizar el deterioro ambiental, tales como la agricultura orgánica, biológica, regenerativa, etc., que buscan que haya un equilibrio entre las actividades de producción y la sostenibilidad del sistema.

El manejo integrado de plagas (MIP) contribuye a disminuir las necesidades de plaguicidas, aumentar la resiliencia ecológica de agroecosistemas y mantener el equilibrio natural entre poblaciones de insectos y fitopatógenos asociados a cultivos mediante el control integrado (Cultural, químico y biológico). Estas acciones en conjunto conllevan a implementar lineamientos que permitan mejorar el desempeño del sector agropecuario y la conformación de una red de unidades productivas modelo que incorporen en los sistemas de producción las

buenas prácticas y tecnologías verdes, como pilar de la política de crecimiento verde (DNP, 2019).

¿Cuáles son los aportes del manejo integrado de plagas al crecimiento verde?

Contribuye a disminuir las necesidades de plaguicidas, aumentar la resiliencia ecológica de agroecosistemas y mantener el equilibrio natural entre poblaciones de insectos y fitopatógenos asociados a cultivos mediante el control integrado (Cultural, químico y biológico).

Estas acciones en conjunto contribuyen a implementar lineamientos que permitan mejorar el desempeño del sector agropecuario y la conformación de una red de unidades productivas modelo que incorporen en los sistemas de producción las buenas prácticas y tecnologías verdes, como pilar de la política de crecimiento verde (DNP, 2018).

¿Qué hacer para el manejo integrado de plagas en el cultivo de cítricos?

1. Establecer medidas de prevención para la sanidad del cultivo:

Estas medidas incluyen decisiones que deben ser tomadas desde la planificación del cultivo respecto a su ubicación, selección de material de siembra, y prácticas de establecimiento y manejo del cultivo que influyen en la nutrición y en su sanidad (Fig. 6).

1. Medidas preventivas: Siembra de material sano, ubicación del cultivo, Podas fitosanitarias y labores culturales de mantenimiento del cultivo, etc.



2. Monitoreo para el diagnóstico oportuno y correcto de problemas fitosanitarios. observación periódica de plagas en el cultivo en concordancia con los umbrales de acción.



Para la estimación del nivel de infestación o incidencia se utiliza la siguiente relación:

$$\text{Infestación o incidencia (\%)} = \frac{(\text{No de plantas afectadas})}{\text{No de plantas evaluadas}} * 100$$

MIP



3. Medidas de control integrado de plagas: Puede ser cultural y, biológico utilizando trampas, enemigos naturales, antagonistas y entomopatógenos, y control químico en concordancia con los umbrales de acción.

4. Seguimiento y monitoreo durante todo el cultivo

Figura 6. Componentes del manejo integrado de plagas (MIP) en el cultivo de cítricos. 1.Diagnóstico de problemas fitosanitarios; 2. Medidas preventivas; 3. Control integrado. 4. Seguimiento y monitoreo Elaboración propia. Diagrama: Diana Lucía Correa. Fotos: Ana Maria Trejos, Wilson Trujillo, Diana Lucia Correa.

Conocer las características del clima como precipitación, temperatura y humedad relativa en el sitio donde se establecerá o se encuentra sembrado el cultivo, permite identificar si existen condiciones propicias para el desarrollo de enfermedades o presencia de insectos plaga. Por ejemplo en condiciones de exceso de humedad en el suelo es común que se incremente la incidencia de enfermedades (principalmente de origen fungoso y bacteriano) en el sistema productivo de lima acida Tahití, por lo cual, contar con una estrategia de manejo integrado de enfermedades es primordial para evitar pérdidas en el cultivo durante épocas de exceso de lluvias (Gómez-Gil et al., 2016). A su vez, en diferentes zonas secas de la región Caribe (Atlántico, Bolívar, Cesar, Córdoba y Magdalena) las termitas son reportadas como la plaga de mayor incidencia en cítricos, especialmente en naranja (Corpoica, 2013) .

Otras de las decisiones que influye en el estado fitosanitario del cultivo es utilizar distancias de siembra adecuadas, las cuales se determinan a partir de la topografía del lote (plana o inclinada) y suelos en el que se instalará el sistema productivo, y teniendo en cuenta el tamaño final de las copas de los árboles dependiendo de la variedad.

2. Monitoreo para el diagnóstico oportuno y correcto de problemas fitosanitarios:

Corresponde a la observación constante para establecer la incidencia y afectación de plagas sobre el cultivo, y definir las medidas de manejo (físico, químico, biológico y mecánico) de acuerdo con el nivel de daño.

Para el monitoreo se realiza recorrido de observación por el lote en zig zag y se evalúa aleatoriamente el 10% del número total de árboles establecidos (Fig. 6). Este recorrido permitira estimar el porcentaje de incidencia (enfermedades) o infestación (insectos plaga), para determinar el metodo de control más adecuado de acuerdo con los niveles encontrados.

El control debe realizarse cuando el porcentaje de incidencia de enfermedad o infestación de una plaga supera el umbral de daño económico, en este caso el asistente técnico o un profesional agropecuario, debe ser quien determine y recomiende las estrategias de manejo adecuadas para cada agente causal o tipología de insecto en particular, y para las condiciones específicas de cada sistema productivo.

3. Medidas de control integrado de plagas:

Corresponde a la combinación de medidas culturales, biológicas, biotecnológicas y químicas, de modo que la utilización de productos fitosanitarios químicos, se limite al mínimo necesario para mantener la población de la plaga, en niveles inferiores a los que producirían daños o pérdidas inaceptables desde un punto de vista económico.

Frecuentemente, la combinación de varios procedimientos provee un mejor manejo, más rentable, menos perjudicial y más completo de un complejo de plagas, a diferencia de aplicar un solo control en forma aislada; sin embargo, en cada lugar tiene que seleccionarse la estrategia que pueda ser viable y practicable, de acuerdo con las condiciones particulares de los cultivos (Torrado, 2005).

Para establecer un control integrado de plagas en el cultivo, se deben abordar cuatro etapas básicas para implementación de medidas: 1. Determinar umbrales de acción; 2. Monitorear e identificar las plagas; 3. Acciones de prevención; y 4. Control de plagas (ICA, 2012) (Fig. 6).

Dado que las plagas presentan características particulares para su desarrollo y dispersión, se requiere realizar un diagnóstico basado en el análisis de los signos y síntomas visibles sobre el cultivo, y analizar las condiciones climáticas y ambientales presentes en la zona, con el fin de generar un plan de manejo efectivo y de bajo impacto para el ambiente y la inocuidad de la producción.

Algunas de las plagas hacia las cuales se dirige mayor atención en cítricos son: piojo blanco de los cítricos (*Unaspis citri*), cochinilla harinosa de los cítricos (*Planococcus citri*); mosca blanca (*Aleurocanthus woglumi* Ashby), (*Aleurothrixus floccosus* (Maskell) y (*Dialeurodes citri* (Ashmead); minador (*Phyllocnistis citrella*); ácaro blanco (*Polyphagotarsonemus latus*), ácaro tostador (*Phyllocoptruta oleivora*), Picudo de los cítricos (*Compsus viridivittatus*), y Psílido asiático de los cítricos (*Diaphorina citri*) transmisor de la bacteria del género *Candidatus Liberibacter*, causante de la enfermedad conocida como HLB “Huanglongbing” de los cítricos.

Mientras que entre las enfermedades más comunes en cítricos se encuentran Gomosis (*Phytophthora* spp), Antracnosis (*Colletotrichum acutatum*), Alternaría (*Alternaria*

citri), Mancha grasienta (*Mycosphaerella citri*), virus de la tristeza de los cítricos (Citrus tristeza virus) (CTV), Huanglongbing (HLB), exocortis de los cítricos (*Citrus exocortis* viroid) (CEVd), y leprosis (*Citrus leprosis* virus) (CiLV), entre otras.

Dependiendo del problema y nivel de daño, se pueden usar varios métodos de manejo:

- **Control cultural:** Consiste en la realización de prácticas agronómicas requeridas por el cultivo desde el establecimiento y durante la etapa de producción, tales como la utilización de material de siembra de calidad, fertilización oportuna y riego, realización de obras de drenaje y desagüe en zonas de inundación, manejo de arvenses, ubicación de trampas en cultivo, podas fitosanitarias en árboles adultos para aumentar la aireación y el ingreso de luz, desinfección de herramientas utilizadas en podas, y aplicación de pasta cicatrizante en heridas del árbol. Así mismo dentro de las prácticas culturales se recomienda la recolección de tallos, ramas y frutos afectados, y la disposición adecuada de material afectado y residuos de podas o cosecha en pilas de compostaje o enterrados en una fosa en el suelo dispuesta para tal fin.
- **Control biológico:** Comprende la utilización de enemigos naturales o productos a base de extractos vegetales para disminuir las poblaciones de insectos plaga y el ataque de agentes patógenos. Entre los enemigos naturales se encuentran hongos entomopatógenos, hongos antagonistas, insectos depredadores e insectos parasitoides.

Martinez et al., 2019, reportan el uso de un insecto conocido como Crisopa (*Chrysoperla carnea*), cuyas larvas se alimentan de ácaros y otros insectos pequeños; así mismo, reportan la liberación periódica sobre el cultivo de avispas de la especie *Fidiobia* sp. que actúan como parasitoide de huevos de picudo, y la aspersión del hongo entomopatógeno *Beauveria* sp. al follaje y *Metarhizium* sp. asperjado al suelo para control de estados larvales del picudo. Otro reporte corresponde al uso del hongo entomopatógeno *Isaria fumosorosea*, cuyas esporas se adhieren a la superficie de los ácaros, causándoles la muerte.

Kondo (2017), reporta enemigos naturales que pueden contribuir al control de poblaciones de *Diaphorina citri*, entre los que se encuentran, *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae), de importancia para el control de HLB (Fig. 7). Al respecto Agrosavia desarrolló trabajos de investigación para generar protocolo de cría y liberación de este insecto, como contribución a la generación de bioproductos disponibles para el cultivo de cítricos en línea con el crecimiento verde.

<https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/13147/67352.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

En condiciones del Valle del Cauca, Correa et al., 2016, reportaron el uso de algunos controladores biológicos de uso comercial para lepidópteros, pulgones, ácaros, Orthezia, Antracnosis y algas presentes en cultivo en producción de Lima acida pajarito (Tabla 3).

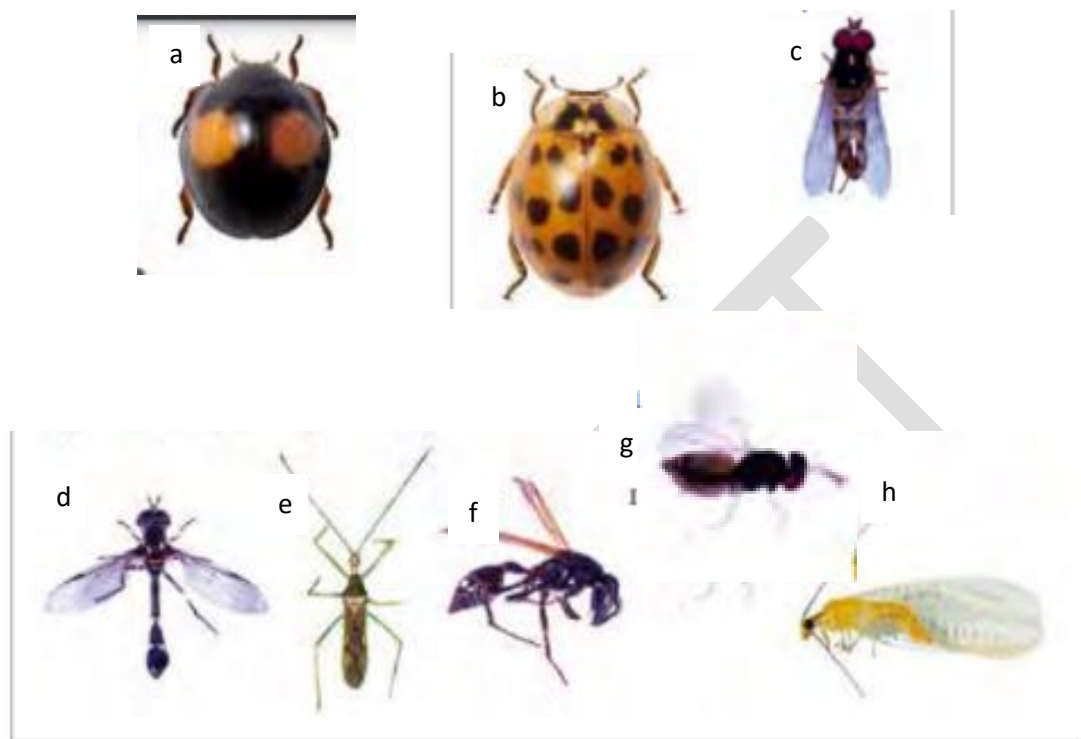


Figura 7. Algunos enemigos naturales asociados a *Diaphorina citri* en Colombia. a. *Chilocorus cf. cacti* (L.); b. *Harmonia axyridis* (Pallas); c. *Allograpta (Fazia) aff. hians* (Enderlein); d. *Leucopodella* sp. (Diptera: Syrphidae); e. *Zelus cf. nugax* Stål (Hemiptera: Reduviidae); f. *Polybia* sp. (Hymenoptera: Vespidae); g. *T. radiata* (Hymenoptera: Eulophidae); h. *Ceraeochrysa* sp. Fuente: Modificado de Kondo T., 2017.

Tabla 3. Control biológico de plagas en el sistema productivo de Lima ácida pajarito (*Citrus aurantifolia*) en Andalucía (Valle del Cauca).

Especie plaga a controlar	Control biológico utilizado**	
	Ingrediente activo	Dosis
Lepidopteros	Trichograma (<i>T. pretiosum</i> , <i>T. exiguum</i> , <i>T. atopovirilia</i>)	100 pulg ² .ha ⁻¹
	Mezcla de hongos entomopatógenos: <i>Beauveria bassiana</i> , <i>Metarhizium anisopliae</i> , <i>Lecanicillium lecanii</i> y la bacteria <i>Bacillus</i> .	1,5 g. L ⁻¹ agua
Pulgonos	Extracto de ajo y aji	80 cm ³ / bomba 20 L
Ácaros, Orthezia	<i>Chrysoperla externa</i> Hagen - Trichograma.	10000 Un. ha ⁻¹
Antracnosis - Algas	Sales de potasio y de ácidos grasos	3,5 cm ³ . L ⁻¹ de agua

* Se citan ingredientes y dosis reportados en los estudios consultados. No es una recomendación de los autores de esta publicación.

Autores citados por Carabalí et al., (2020), mencionan que aunque puede ser variable, la actividad de parasitoides y depredadores se mantiene durante todo el año, principalmente la de los depredadores, ya que los parasitoides necesitan un tiempo para recuperar su nivel poblacional en ausencia de la plaga; por lo tanto, la acción del control natural puede mantenerse en el tiempo, permitiendo incluso que algunas poblaciones conserven un umbral tan bajo, que no sean consideradas plagas de importancia económica para el cultivo en algunas regiones. Sin embargo, este efecto se logra una vez se reduzca el uso de productos químicos como insecticidas o fungicidas dentro de las estrategias de manejo, para poder conservar las poblaciones de enemigos naturales e insectos asociados a la dinámica del cultivo.

Existen también algunos productos comerciales que se utilizan para el manejo de plagas y enfermedades y que no interfieren con el control biológico, tales como Jabones potásicos, vegetales insecticidas, caldos minerales, feromonas y trampas, y cebos biológicos (Asohofrucol, 2009).

Control químico: En un esquema de manejo integrado de plagas, el control químico se considera como la última opción, una vez se hayan abordado las medidas de manejo cultural, preventivo y biológico. Teniendo en cuenta que los plaguicidas cumplen un papel muy importante en el control de pérdidas causadas por plagas y enfermedades, dentro de un esquema de BPA, estos pueden utilizarse únicamente cuando su uso esté justificado, seleccionando aquellos productos más selectivos, menos tóxicos, menos persistentes y tan seguros como sea posible para el hombre y el ambiente (Torrado, 2005).

Según su forma de aplicación y dispersión, los plaguicidas pueden entrar como contaminantes en el suelo, corrientes de aguas subterráneas, ríos, lagos, o encontrarse en alimentos para el consumo humano (frutas y verduras) o en los productos procesados; por lo tanto, la utilización de estos productos se debe realizar de acuerdo a las prescripciones de cultivos individuales, en cantidades, momentos de aplicación e intervalos anteriores a la cosecha de acuerdo con las recomendaciones técnicas, y utilizando procedimientos y equipos de aplicación que cumplan con las normas de seguridad y mantenimiento establecidas (Torrado, 2005).

¿Que se requiere para el manejo integrado de plagas en el cultivo?

- ✓ Diagnóstico oportuno y correcto de problemas fitosanitarios el cual se logra mediante el constante seguimiento al sistema productivo y la asesoría de un asistente técnico conocedor del cultivo.
- ✓ Programar e implementar las acciones correctivas y/o preventivas en el momento oportuno.
- ✓ Asesoría de un asistente técnico o ingeniero agrónomo para el diagnóstico fitosanitario y dar recomendaciones de control y manejo sanitario.

¿Qué beneficios y co-beneficios aporta el manejo integrado de plagas en el cultivo?

Los beneficios de esta práctica para el sistema de producción de cítricos están en línea con acciones del principio 4 de la política de crecimiento verde: *Reducir las externalidades ambientales y la degradación ambiental, mejorando la calidad ambiental y la calidad de vida de la población*, y articulada con la línea de acción 2: *Fortalecer las capacidades de I+D+i en bioeconomía y facilitar la colaboración y la transferencia de conocimientos y tecnologías*. Estas acciones tienen como propósito involucrar instituciones de investigación y otros actores para generar conocimiento alrededor del potencial asociado a la biodiversidad, que involucra desarrollos tecnológicos y biotecnológicos para apalancar actividades productivas y la mejora de la competitividad en sectores relacionados con la bioeconomía

(<https://mundobiotec.com/portafolio-bio-minciencias/>). De esta manera la Bioeconomía es una oportunidad para aprovechar el conocimiento y el capital natural del país como una fuerza de crecimiento económico, desarrollo social y sostenibilidad ambiental.

Beneficios:

Disminuye la dependencia de agroquímicos.

Reducción de moléculas contaminantes en el ambiente.

Conservación de poblaciones de insectos polinizadores y controladores.

Co-beneficios

Permite la protección y restauración de los ecosistemas y la biodiversidad para fortalecer su resiliencia ante el cambio climático.

¿Cómo contribuye el manejo integrado de plagas a reducir la vulnerabilidad al cambio climático?

Esta práctica permite reducir la vulnerabilidad del cultivo promoviendo la utilización de prácticas sostenibles para el control de plagas y enfermedades de los cultivos, aumento en producciones y rendimiento del cultivo, seguridad alimentaria y aumento y/o sostenibilidad de la producción.

Contribuye a la conservación de la calidad de agua.

Diversificación de la producción.

2.3. Fortalecer la adaptación a la variabilidad y al cambio climático

En reconocimiento a necesidades y políticas globales como la adaptación a la variabilidad y el cambio climático, los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) buscan estrategias para alcanzar un mayor progreso, reduciendo el impacto del cambio climático sobre los recursos naturales disponibles. Por tal razón, se espera que las tecnologías de producción y el comportamiento de consumo actual generen resultados positivos solamente hasta cierto punto más allá del cual, utilizar el capital natural acarrea consecuencias negativas para el crecimiento y el bienestar común (OCDE, 2011).

Los países en los cuales sus economías se basan en el uso intensivo de los recursos naturales y dependen en gran parte de ellos para su desarrollo, como en el caso de Latinoamérica, son particularmente sensibles y vulnerables al cambio climático, y a los problemas y amenazas ambientales. En estos países, el capital natural alcanza a ser el 25% de la riqueza per cápita - comparado con sólo el 2% en países desarrollados (Alarcón, 2016).

Como parte de la Ley 1931 de 2018 de cambio climático, y la formulación de los Planes Integrales de Gestión de Cambio Climático a nivel sectorial (PIGCCS) y territorial (PIGCCT), Colombia se acogió a compromisos del acuerdo de París, dentro del marco de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, y establece sinergias con la Agenda 2030 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Estas políticas buscan “aumentar la capacidad de adaptación a los efectos adversos del cambio climático y promover la resiliencia al clima, y un desarrollo con bajas emisiones de gases de efecto invernadero, de un modo que no comprometa la producción de alimentos”, en aplicación de la ley de acción

climática 2169 de 2022 (MADS, 2022). https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/05/NDC_Libro_final_digital-1.pdf

La meta de mitigación de GEI en Colombia tendiente hacia la carbono-neutralidad para el año 2030, corresponde a la emisión máxima de 169.44 millones de t CO² eq (equivalente a una reducción del 51% de las emisiones respecto a la proyección de emisiones en 2030 en el escenario de referencia) (MADS, 2020). En este contexto, la innovación verde y las economías bajas en carbono cumplen un papel fundamental para separar el crecimiento del agotamiento del capital natural, ampliando las fronteras a través de la generación de nuevas tecnologías que sean sólidas desde un punto de vista ambiental, empresarial y de modelos de negocio, que a su vez contribuyan a generar nuevos mercados y, por ende, a crear nuevos puestos de trabajo (BID, 2019).

En aproximación a experiencias enfocadas en la agricultura climáticamente inteligente y en la implementación de sistemas de producción resiliente en nuestro país a continuación, se presenta como alternativa para el fortalecimiento de la adaptación a la variabilidad y al cambio climático, el plan de manejo agroclimático integrado (PMAI). Este plan fue propuesto como concepto tecnológico en el área agropecuaria, y de aplicabilidad en varios sistemas de producción del país, desarrollado por el proyecto Reducción del Riesgo y Adaptación al Cambio Climático - Modelos de Adaptación y Prevención Agroclimática (MAPA) ejecutado por Agrosavia, con la financiación de Fondo Adaptación, para atender la vulnerabilidad evidenciada por el sector agropecuario a partir de la ola invernal 2010.

2.3.1 Plan de manejo agroclimático integrado (PMAI) para el cultivo de cítricos.

El Plan de Manejo Agroclimático Integrado (PMAI) contiene herramientas que sustentan la toma de decisiones para enfrentar eventos climáticos limitantes para los sistemas productivos y contribuir a la reducción de la vulnerabilidad en el mediano y largo plazo (Corpoica, 2017).

El plan de manejo agroclimático se encuentra constituido por pautas para la gestión y utilización de la información climática y biofísica del territorio, y prácticas de manejo del cultivo, que buscan la adaptación o resiliencia de sistemas de producción a condiciones climáticas extremas como consecuencia de la variabilidad climática y el cambio climático.

En el contexto de la política de crecimiento verde, se promueven modelos o enfoques de producción sostenibles y resilientes entre otros como la agroecología, la agricultura urbana y la agricultura climáticamente inteligente. Para el caso de cultivos permanentes como los cítricos, en el cual se pueden presentar diferentes estados de desarrollo en la planta durante un mismo periodo de tiempo, la implementación de un plan de manejo agroclimático integrado, permite la planificación de labores del cultivo, basado en la zonificación agroclimática a partir de información regional o local de condiciones climáticas adversas o extremas, que pueden presentarse durante el año, y bajo las cuales existe un alto riesgo de pérdidas económicas, si no se toman acciones preventivas.

La zonificación agroclimática del territorio constituye una estrategia de manejo del riesgo que guía la implementación de medidas de prevención y adaptación, y el aumento de áreas productivas bajo condiciones climáticas adversas (Brunini et al., 2010).

¿Cuáles son los aportes del Plan de manejo agroclimático integrado para el cultivo de cítricos al crecimiento verde?

La zonificación agroclimática del territorio constituye una estrategia de manejo del riesgo que guía la implementación de medidas de prevención y adaptación, y el aumento de áreas productivas bajo condiciones climáticas adversas (Brunini et al., 2010).

¿Cómo aplicar el plan de manejo agroclimático integrado en el cultivo de cítricos?

1. Identificar las zonas aptas o de riesgo climático para el cultivo.

Consiste en reconocer mediante información disponible a nivel local o regional, las áreas más propicias para adaptación del cultivo, en las cuales los sistemas de producción pueden tener mayor o menor probabilidad de riesgo de pérdidas o deterioro del cultivo, como consecuencia de las amenazas climáticas reconocidas, y de las condiciones de suelos y relieve (Figura 8). En Colombia los cultivos de cítricos en producción se encuentran desde el nivel del mar hasta el límite superior de la zona cafetera (0 – 1600 m.s.n.m), con temperaturas medias de 23°C a 34°C, precipitación acumulada anual de 900 mm a 1200 mm y luminosidad mayor a 1900 horas de brillo solar; lo que implica una amplia variedad de condiciones edafoclimáticas y de manejo agronómico que pueden modificar la expresión del material vegetal, y en consecuencia no lograrse los resultados esperados frente a producción y calidad del producto.

En este sentido para identificar las zonas de adaptación climática para el cultivo, se requiere de la gestión de información edafoclimática y requerimientos del cultivo, para seguimiento y monitoreo a variables climáticas y de desarrollo de las plantas, mediante consulta en fuentes oficiales, obtención de información en estaciones meteorológicas y observación directa en campo, que permita estimar las tendencias del clima local durante el año y la respuesta del cultivo frente a condiciones extremas que se puedan presentar y le generen estrés abiótico o biótico.

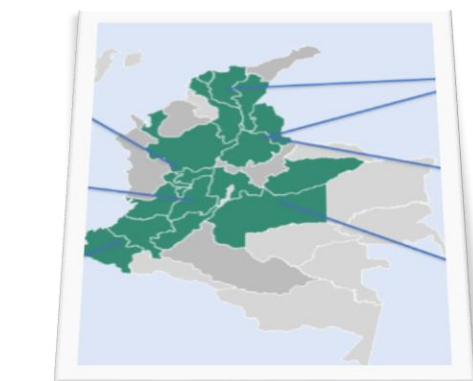
Para el caso de cítricos como lima ácida Pajarito y lima ácida Tahití y naranja valencia, se tiene referente de consulta para el análisis de zonas de riesgo agroclimático en regiones productoras de los municipios de Andalucía (Valle del Cauca), La Unión (Nariño) y Chimichagua (Cesar), que puede consultarse para áreas cercanas o similares del país, en el aplicativo del sistema experto MAPA. (<http://www.corpoica.org.co:8086/NetCorpoicaMVC/SEMapa/Inicio/>)

2. Integración de opciones tecnológicas de adaptación para manejo del cultivo.

Considera la aplicación integrada de opciones tecnológicas basadas en la gestión del suelo, gestión del agua, material de siembra y prácticas de manejo agronómico, para atención de limitantes del cultivo y mejorar su capacidad de adaptación frente a eventos climáticos extremos o adversos (Figura 8).

1. Identificar las zonas de adaptación agroclimática para el cultivo.

Identificar las zonas aptas para el cultivo en la región y el municipio:



a. Conocer las condiciones del clima en la zona del cultivo y su variación en el año.



b. Conocer los suelos y el relieve en la zona y los requerimientos del cultivo.



c. Comparar los requerimientos de la planta con las condiciones de suelos y clima de la zona, para generar alertas por riesgo agroclimático y tomar decisiones de manejo del cultivo.

2. Integración de opciones tecnológicas para manejo del cultivo.



Recursos genéticos:

Materiales tolerantes a estrés hídrico y problemas fitosanitarios derivados de eventos climáticos.

Gestión del recurso hídrico:

Sistemas de riego y drenaje.
Reservorios.
Cosecha de agua.



Gestión del recurso suelo:

Coberturas.
Conservación de suelos.
Abonos orgánicos.

Prácticas de manejo:

Manejo de la fertilización.
Manejo de plagas y enfermedades.
Nutrición y Sanidad animal.



Figura 8. Factores que integran el plan de manejo agroclimático en el cultivo de cítricos. 1. Identificación de zonas de adaptación agroclimática para el cultivo; 2. Integración de opciones tecnológicas para manejo del cultivo; Diagrama: Diana Lucia Correa Moreno. Fotos: Alejandro Jaramillo, Diana Lucia Correa. Fuente: Correa-Moreno et al., 2016.

En este sentido se sugiere la integración de prácticas descritas en este documento, y que han sido validadas en cultivos de cítricos, tales como utilización de sistemas de riego y drenaje para la gestión del agua; manejo de coberturas vegetales, fertilización fraccionada, aplicación de materia orgánica, para gestión del suelo; y prácticas de manejo sostenible del cultivo como utilización de material de siembra tolerante a estrés biótico y abiótico, y manejo integrado de plagas y nutrición del cultivo. Estas prácticas, entre otras que pueden estar disponibles para el manejo del cultivo, hacen parte del enfoque de crecimiento verde y contribuyen de acuerdo a indicadores estimados de productividad y sostenibilidad, a lograr un sector productivo y sostenible, en línea con otras políticas públicas del país como la bioeconomía.

Como referente para aplicación de opciones tecnológicas enfocadas a la adaptación del cultivo, se tienen casos de estudio liderados por Agrosavia en zonas productoras de cítricos en los departamentos de Cesar, Nariño y Valle del Cauca (Correa_Moreno et al., 2016.; Gómez-Gil, L. et al., 2016; Vásquez, V, A. et al., 2016). A partir del punto de referencia de la identificación de la amenaza climática para el cultivo, se seleccionaron mediante ejercicio participativo con agricultores y asistentes técnicos, algunas prácticas para validación en campo, que contribuyen a disminuir la vulnerabilidad del cultivo frente a condiciones climáticas limitantes, como resultante del análisis de la exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación.

<http://www.corpoica.org.co:8086/NetCorpoicaMVC/SEMapa/Inicio/>

De esta forma en atención a limitantes identificadas por estrés hídrico (exceso o déficit), en sistemas de producción de lima acida pajarito, lima acida tahití y naranja valencia, se validaron en zonas productoras del país, prácticas como: uso eficiente del recurso hídrico y la optimización de la fertilización (caso 1); manejo de la fertilidad del suelo y manejo del recurso hídrico (caso 2) y riego por goteo y fertilización integrada y fraccionada (caso 3) (Fig. 9 – 11). Estas prácticas fueron complementadas con otras dirigidas al manejo fitosanitario y conservación del suelo, como el manejo de arvenses y aplicaciones de materia orgánica al cultivo.

De acuerdo con la especie en estudio se logró obtener entre otros indicadores: 40% de aumento en peso de frutos por árbol (kg. árbol^{-1}) obtenido con menos fertilizantes y agua en el cultivo; 75 % de reducción en mano de obra utilizada para la labor de riego; y un índice de eficiencia de uso del agua (EUA) de 8.8 kg. m^{-3} utilizando riego por goteo, respecto a riego por aspersión que alcanza 5.8 kg. m^{-3} (Fig. 9 – 11).

[https://www.researchgate.net/publication/330486054 Manual de Notas de Aprendizaje/link/5c423d0592851c22a37fa4d5/download](https://www.researchgate.net/publication/330486054_Manual_de_Notas_de_Aprendizaje/link/5c423d0592851c22a37fa4d5/download)

Caso 1. Lima ácida pajarito (*Citrus aurantifolia*) en etapa productiva en el municipio de Andalucía (Valle del Cauca - Colombia):

Escenario climático de evaluación: Déficit hídrico

Prácticas validadas: *Uso eficiente del agua para riego + optimización de la fertilización.*

Manejo tradicional del cultivo: *Fertilización y riego sin criterio técnico.*



¿Que se hizo?: Se instaló un sistema de riego por goteo y se utilizó la metodología de balance hídrico diario para determinar la lámina de riego y la frecuencia de riego. Para la evapotranspiración del cultivo (ETc) se utilizó coeficiente del cultivo (Kc) de 1,0, que se emplea para cítricos en producción mayores de ocho años. Los datos de las variables climáticas se tomaron de la estación meteorológica instalada en la finca y de estaciones referentes estimándose un volumen de aplicación de 43 L. árbol⁻¹ en 25 minutos. La distribución de la red de riego se realizó en tubería de 16 mm y en cada árbol se instaló doble anillo de riego, cada anillo compuesto por 36 goteros de 4 L.h⁻¹, permitiendo aplicar agua en la zona de raíces y caudal mínimo requerido, con una eficiencia de aplicación del 90%. A partir de resultados de análisis químicos de muestras de suelo y tejido vegetal y el requerimiento de nutrientes en cítricos para árboles adultos mayores de 4 años tomando como base un rendimiento de fruto de 25 t.ha⁻¹ (N (122 Kg.ha⁻¹), P₂O₅ (31 Kg.ha⁻¹), K₂O (154 Kg.ha⁻¹) (Salazar, 2002; Agustí, 2003; Corrales, 2002), se ajustó un plan de fertilización. Se utilizaron fuentes de síntesis química (dosis. planta. año⁻¹) (DAP (18-46-0) (1245 g); Cloruro de potasio (0-0-60) (1885g); producto comercial (15.4-26.5-0.3) (1935 g); Sulfato de magnesio (1885 g); Quelato de manganeso (185 g); Boro (70 g), más elementos menores y aplicación de materia orgánica (50 kg) como enmienda orgánica, distribuidos en cinco dosis durante el año (cada dos meses). Las fuentes de fertilizantes se incorporaron al suelo en la zona de gotera del árbol, donde se encuentra instalado el anillo exterior de riego para garantizar la humedad requerida para la absorción de la totalidad de los nutrientes.

Indicadores de contribución a crecimiento verde



70% aumento de la producción en comparación a manejo tradicional y rendimiento nacional.

40% Aumento en peso de frutos por árbol (Kg.árbol⁻¹) obtenido, con menos fertilizantes y agua en el cultivo.

Tiempo a cosecha 20 días menos, disminuyendo la exposición del cultivo frente factores que afectan calidad del fruto.

Figura 9. Caso 1. Validación de tecnologías que contribuyen a crecimiento verde en el cultivo de Lima ácida pajarito (*Citrus aurantifolia*) en Andalucía (Valle del Cauca – Colombia). Diagrama:

Diana Lucía Correa Moreno. Fotos: Ana María Trejos, Carlos Eduardo Ospina. Fuente: Correa_Moreno et al., 2016.

Caso 2. Naranja (*Citrus sinensis*) en etapa productiva en el municipio de Chimichagua (Cesar - Colombia):

Escenario climático de evaluación: Déficit hídrico.

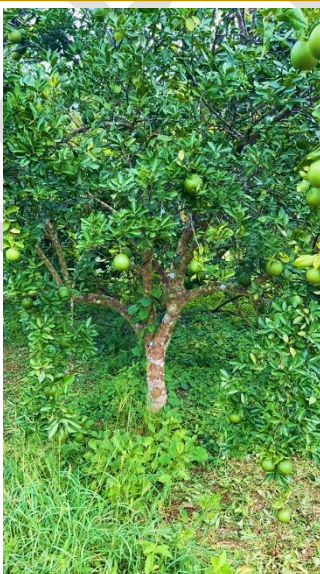
Prácticas validadas: Manejo de la fertilidad del suelo + Manejo del recurso hídrico.

Manejo tradicional del cultivo: Aplicación abono orgánico en época de lluvias y riego.



: Bajo las condiciones del sistema productivo, se utilizó la metodología de balance hídrico diario para determinar la lámina y la frecuencia de riego. Se utilizó coeficiente del cultivo (Kc) de 0,8 estimándose un volumen de aplicación de 96 L. árbol⁻¹ distribuidos en dos momentos durante el una frecuencia de cada tres días. Se planteó un diseño hidráulico de riego localizado de alta frecuencia (RLAF), mediante emisores tipo gotero que aseguraron un caudal por árbol de 8 L. hora⁻¹, diferenciado en dos módulos. Se ubicaron seis goteros por árbol, instalados a manera de anillo en una manguera lisa para riego de 16 mm de diámetro, que se conectó a una tubería en PVC de alta presión de 1½", a su vez conectada a una electrobomba de 2 HP de presión. Se ajustó plan de fertilización a partir de resultados de análisis químicos de muestras de suelo y tejido vegetal, y requerimiento de nutrientes para plantaciones mayores a 12 años: Nitrógeno: 453 g. planta⁻¹, fósforo: 44 g. planta⁻¹, potasio: 246 g. planta⁻¹ (García, 2013). Se utilizaron fuentes de síntesis química distribuidos en tres dosis durante el año (cada cuatro meses) (dosis . planta. año⁻¹) (Producto comercial (25-4-24) (1245 g); (DAP (18-46-0) (40 g); Cloruro de potasio (0-0-60) (80 g); elementos menores (300 g)) y aplicación de lombricompost (2 kg) como enmienda orgánica. La aplicación se realizó distribuyendo el fertilizante en el tercio medio del plato guiado por la sombra de la copa, buscando que las raíces secundarias y absorbentes tuvieran a su disposición el producto aplicado.

Indicadores de contribución a crecimiento verde



91% aumento de la producción en comparación a manejo tradicional.

75 % reducción de obra utilizada para la labor de riego.

2% aumento en número de frutos, de primera calidad.



Figura 10. Caso 2. Validación de tecnologías que contribuyen a crecimiento verde en el cultivo de Naranja (*Citrus sinensis*) en Chimichagua (Cesar - Colombia). Diagrama: Diana Lucía Correa Moreno. Fotos: Ana María Trejos, Diana Lucía Correa. Fuente Vásquez, V, A. et al., 2016

Caso 3. Lima ácida Tahití (*Citrus latifolia* tan.) en etapa productiva en el municipio de La Unión (Nariño):

Escenario climático de evaluación: Déficit hídrico.

Prácticas validadas: Riego por goteo + Fertilización integrada y fraccionada.

Manejo tradicional del cultivo: Fertilización y riego por aspersión sin criterio técnico.



: Se utilizó la metodología de balance hídrico diario para determinar la lámina de riego y la frecuencia de riego. Para la evapotranspiración del cultivo (ETc) se utilizó coeficiente del cultivo (Kc) de 0,8 que se emplea para cítricos. Se instaló un sistema de riego por goteo para aplicar un volumen de 85 L. árbol-1 correspondiente una lámina de riego de 4.71 mm por día, por un tiempo de aplicación de 55 minutos. Este sistema de riego se comparó con un sistema de riego por aspersión, el cual se usa sin tener en cuenta los criterios técnicos y climáticos y consume tres veces la cantidad de agua aplicada mediante goteo. Se utilizó un plan fraccionado de fertilización para aplicación mensual con fuentes de síntesis química (dosis . planta. año-1): 10-30-10 (954 g); bórax (15 g); Sulfato de Zinc (87 g); Sulfato de Hierro (87 g); Sulfato de Calcio (207 g); Sulfato de Magnesio (336 g); Úrea (606 g); y Cloruro de Potasio (411 g). Este plan se complementó con compost madurado (Aboniza®) en dosis de 2166 g. Las fuentes de fertilizantes se incorporaron al suelo en la zona de gotera del árbol, donde se encuentra instalado el anillo exterior de riego para garantizar la humedad requerida para la absorción de la totalidad de los nutrientes.

Indicadores de contribución a crecimiento verde



Figura 11. Caso 3. Validación de tecnologías que contribuyen a crecimiento verde en el cultivo de Lima ácida Tahití (*Citrus latifolia* tan.) en el municipio de La Unión (Nariño).

Diagrama: Diana Lucía Correa Moreno. Fotos: Ana María Trejos, José Manuel Campo.

Fuente: Gómez-Gil, L. et al., 2016.

¿Qué se requiere para la implementación del plan de manejo agroclimático en el cultivo?

- ✓ Consulta de información de clima y características biofísicas para reconocimiento del territorio. Esta información está disponible en instituciones como El IGAC, El Ideam, UPRA, Ministerio de Agricultura, Agrosavia y Corporaciones autónomas regionales – CARs. (<https://geoportal.igac.gov.co/contenido/datos-abiertos-agrologia>; <http://www.ideam.gov.co/solicitud-de-informacion>; <https://sipra.upra.gov.co>; <https://www.agronet.gov.co/agroclima/Paginas/default.aspx>; <http://www.corpoica.org.co:8086/NetCorpoicaMVC/SEMapa/Inicio/>).
- ✓ Selección de opciones tecnológicas para manejo del cultivo acordes con requerimientos para su desarrollo, oferta biofísica del territorio, escenarios climáticos limitantes y épocas de mayor riesgo para el cultivo. Así mismo se debe considerar la disponibilidad de materiales e insumos en la zona de acuerdo a la tecnología o prácticas a utilizar.
- ✓ Asesoría de un asistente técnico o ingeniero agrónomo para orientar la toma de decisiones y recomendaciones para manejo del cultivo.

¿Qué beneficios y co-beneficios aporta la utilización del plan de manejo agroclimático del cultivo?

Los beneficios de este plan de manejo para el sistema de producción de cítricos están en línea con acciones del principio 5 de la política de crecimiento verde: *Fortalecer la mitigación y la adaptación al cambio climático de manera articulada con las iniciativas nacionales existentes en la materia*, y articulada con la línea de acción 14. *Fortalecer las capacidades para el ordenamiento productivo agropecuario sostenible* que plantea la necesidad de

conformar la red de unidades productivas modelo que incorporen en los sistemas de producción las buenas prácticas y tecnologías orientadas al crecimiento verde, diferenciadas por regiones; y la línea de acción 15. *Gestión y transferencia de tecnología para la producción agropecuaria sostenible*, que desarrollará modelos productivos que potencien el crecimiento verde y una agricultura climáticamente inteligente, en respuesta a la limitante identificada en el sistema de extensión agropecuaria a nivel del país, el cual no incorpora elementos de gestión ambiental y del riesgo frente a la variabilidad climática y cambio climático (DNP, 2019).

Beneficios:

Gestión de información climática para la generación de alertas tempranas.

Incremento en sistemas de producción resilientes.

Adaptación del cultivo a condiciones limitantes para el desarrollo y producción.

Co-beneficios

Aumento y/o sostenibilidad de la producción.

Disminución de la degradación del suelo y coberturas vegetales.

Conservación y aprovechamiento sostenible de recursos bajo un enfoque de sostenibilidad ambiental.

¿Cómo contribuye a reducir el plan de manejo agroclimático del cultivo la vulnerabilidad al cambio climático?

Este plan permite reducir la vulnerabilidad del cultivo promoviendo la utilización de prácticas de manejo sostenible para favorecer su desarrollo y producción, bajo una condición de estrés de humedad en el suelo permanente o temporal. Contribuye al aumento en producciones y rendimiento del cultivo, seguridad alimentaria y aumento y/o sostenibilidad de la producción.

3. Consideraciones finales

En el marco de la política de crecimiento verde (CONPES 3934), las recomendaciones tecnológicas relacionadas con el establecimiento del cultivo de cítricos bajo los lineamientos de Selección de material vegetal para propagación, Manejo de coberturas del suelo en el cultivo, Manejo y uso eficiente del riego y la fertilización y el Manejo integrado de plagas, son las estrategias sugeridas para optimizar el uso de los recursos naturales y fortalecer la adaptación a la variabilidad y el cambio climático.

Actualmente, el país enfrenta nuevos retos ambientales que buscan equilibrar los recursos naturales con el desarrollo económico. Dadas las condiciones agronómicas con las que se cultivan actualmente los cítricos en el país se resalta la necesidad de potencializar la productividad mediante la implementación de tecnologías con enfoque de crecimiento verde.

La inclusión y promoción de tecnologías sostenibles del cultivo de cítricos, integrando conceptos de agricultura climáticamente inteligente entre otros, permite mejorar la capacidad de adaptación del cultivo, mejorar la calidad de vida de los productores y aporta a la seguridad alimentaria de los territorios.

Las principales oportunidades de negocios verdes que se generan del cultivo de cítricos bajo los criterios sugeridos se encaminan en el aumento de la competitividad de los productores y

la rentabilidad de la producción. Adicionalmente se estimula la actividad extensionista, la transferencia de tecnología y la investigación.

Al involucrar distintos sectores y territorios, la Política de Crecimiento Verde —como muchas políticas públicas— requiere del empoderamiento o, por lo menos, de colaboración y cocreación de diferentes instancias involucradas con el desarrollo económico y social de áreas dedicadas al sector agropecuario. Por lo tanto, se necesita implementar iniciativas empresariales y comunitarias que solo es posible concretar con cooperación, solidaridad y corresponsabilidad. Asimismo, es importante delegar tareas a los distintos actores de la sociedad que conocen y cuidan los territorios y realizan actividades relacionadas con la protección de los recursos y los ecosistemas. Por esta razón, la ciudadanía debe estar informada, capacitada y empoderada frente a los objetivos de la política, para lograr la construcción colectiva.

4. Referencias

- Agustí, M. 2003. Citricultura. Segunda edición Ed Mundiprensa -España. 423p.
- Alarcón, D. (2016). Crecimiento Verde: Ciencia, Tecnología e Innovación. Documento consolidado. Fases 1, 2 y 3. Bogotá D.C. 301 p.
- Allen, R. G.; Pereira L. S.; Raes D.; Smith M. 2006. Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Estudio FAO Riego y drenaje 56. Roma.
- Anderson, S. Ferraes, N. Gundel, S. Keane, B. y Pound, B. (Eds.) 1997. Cultivos de Cobertura: componentes de sistemas integrados. Taller Regional Latinoamericano. 3-6 de Febrero 1997. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán, Apartado 116-4, Mérida 97100, Yucatán, México.
- ASOHOFRUCOL- Asociación hortifrutícola de Colombia. 2009. Guía Ambiental Hortifrutícola de Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Bogotá - Colombia. 92 p.
- Aronson J., Renison D., Rangel-Ch. J.O., Levy-Tacher S., Ovalle C., Del Pozo A. 2007. Restauración del Capital Natural: sin reservas no hay bienes ni servicios. Ecosistemas. 2007/3 (URL: http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=499&Id_Categoria=1&tipo=portada)
- BID Banco Interamericano de Desarrollo. 2019. Intervenciones y tecnologías ambientalmente racionales (TAR) para la adaptación al cambio climático del sector agropecuario de América latina y el Caribe.
- Brunel, N., Seguel, O. 2011. Efectos de la erosión en las propiedades del suelo. Agro Sur, 39(1), 1-12. doi:10.4206/agrosur.2011. v39n1-01.
- Brunini, O, Carvalho, J., Brunini, A, Padua Junior, A., Adami, S. Abramides, P. 2010. Agroclimatic zoning and climatic risks for sugarcane in Mexico: a preliminary study considering climate change scenarios, Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol, Vol. 27, 1-1.
Documento en:
<http://www.ciiagro.sp.gov.br/zoneamento/2008/Zoneamento2008a.htm>

- Caicedo, A., A. 2008. Patrones y variedades de cítricos para la región caribe de Colombia (1ª. Aproximación). En: Gómez Barros, Gilberto; Escobar Torres, William; Caicedo Arana, Álvaro; Pinto Zapata, Manuel Joaquín; Baquero Maestre, Cesar; López, Ernesto; Arcila, Ángela María; Páez Redondo, Alberto Rafael; Gil Vallejo, Luis Fernando. 2008. Tecnología para el cultivo de cítricos en la región caribe colombiana. Parte 2. Sevilla, Magdalena. Corpoica. 148 p.
- Carabalí Muñoz, A., Montes Rodríguez, J., López Galé, Y. y Kondo, T. 2020. Insectos plaga de importancia económica en lima ácida Tahití Capítulo XI. En: Murcia Riaño, N., Martínez, M. F., Orduz-Rodríguez, J. O., Ríos-Rojas, L., López Galé, Y., Yacomelo Hernández, M. J., Carabalí Muñoz, A., Kondo, T., García Muñoz, M. C., Mesa, N. C., López González, J., Pérez Artilles, L., Rodríguez Mora, D. M., Montes Rodríguez, J. M., Betancourt Vásquez, M., Rodríguez Torres, I. V., Barreto Rojas, J. A., Tarazona Velásquez, R., Mateus Cagua, D. M., Andrea Onelia Rodríguez Roa. Modelo productivo de lima ácida Tahití (*Citrus × latifolia* Tanaka ex Q. Jiménez) para Colombia. Mosquera, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).
- CORPOICA- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. 2013. Plan para el manejo de los impactos en el sector agropecuario ocasionados por la emergencia invernal. Bogotá: Universidad Tecnológica Pedagógica de Colombia (UPTC), 4D Elements Consultores y Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica), sede CI Tibaitatá.
- CORPOICA- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. 2017. Modelos de prevención y adaptación agroclimática - MAPA. Boletín técnico. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural - Fondo de Adaptación. Bogotá (Colombia). 24p. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/34920>.
- Corrales A. 2002. Manual ilustrado para la producción de cítricos en Colombia. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), Asociación Nacional de productores de Cítricos (ASOCÍTRICOS), Fondo de Fomento Hortifrutícola (FNFH). Bogotá, Colombia. 160 p.
- Correa-Moreno, D., Trejos Arana, A., Bolaños Benavides, M. M., Melo Zipacon, W., Mora, D., Díaz Antía, M. 2016. Plan de Manejo Agroclimático Integrado del Sistema productivo de Limón Pajarito (*Citrus aurantifolia* Swingle). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – Corpoica. Mosquera (Colombia). 57 p.
- Costanza, R. y Daly, H. 1992. Natural Capital and Sustainable Development. Conservation Biology, Vol. 6, No. 1. (Mar), pp. 37-46

- Cruz Valderrama, J, R. 2010. Tecnologías de riego para uso eficiente y sostenible del agua en el sector cañicultor. Informe especial- carta trimestral 1 y 2 de 2010. Cenicaña.
- DNP – Departamento Nacional de Planeación. 2017. Diagnóstico de Crecimiento Verde. Análisis macroeconómico y evaluación del potencial de Crecimiento Verde en Colombia. Bogotá D.C. 60 p.
- DNP – Departamento Nacional de Planeación. 2018. Política De Crecimiento Verde. Documento CONPES 3934. Consejo Nacional De Política Económica Y Social República De Colombia. 114p
- DNP – Departamento Nacional de Planeación. 2019. Política De Crecimiento Verde. Documento CONPES 3934. Resumen Ejecutivo. Consejo Nacional De Política Económica Y Social República De Colombia. 44p.
- Doran, J. y Parkin, T. 1994. Defining and assessing soil quality. In: Doran, J. W. and Coleman. Defining soil quality for a sustainable environment. SSSA spec Publ 35. SSSA and ASA. Madison. WI. USA. pp 3-21.
- Escobar T., W. 2008. Factores de producción y comercialización frutícola: cítricos. En: Gómez Barros, Gilberto; Escobar Torres, William; Caicedo Arana, Álvaro; Pinto Zapata, Manuel Joaquín; Baquero Maestre, Cesar; López, Ernesto; Arcila, Ángela María; Páez Redondo, Alberto Rafael; Gil Vallejo, Luis Fernando. 2008. Tecnología para el cultivo de cítricos en la región caribe colombiana. Sevilla, Magdalena. Corpoica. 148 p.
- FAO- Food and Agriculture Organization of United Nations. 2013. Tecnologías para el uso sostenible del agua: una contribucion a la seguridad alimentaria y la adaptación al cambio climático Tegucigalpa, M.D.C, Honduras. 70 p. <https://www.fao.org/3/i3442s/i3442s.pdf>
- FAOSTAT- Food and Agriculture Organization of United Nations. 2018. Crops. Fao.
- Freshplaza. 2020. La demanda de vitamina C aumenta las exportaciones de cítricos de Sudáfrica. Recuperado de: <http://www.freshplaza.es>. Consulta septiembre 2020.

- Gómez A., A. 1990. Las malezas nobles previenen la erosión. Avances Técnicos CENICAFE. No 151. 1- 4.
- Gómez-Gil, L., Argoti Erazo, R., Pérez Cabrera, M., Paguatian Tutistar, L., Bolaños Benavides, M. M., Corzo Estepa, J., Rodríguez Borray, G. 2016. Plan de Manejo Agroclimático Integrado del Sistema productivo de Limón Tahití (*Citrus latifolia Tanaka*). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – Corpoica. Mosquera (Colombia). 49 p.
- González, R., Tullo, C. 2019. Guía Técnica Cultivo de los cítricos. San Lorenzo Paraguay.
- Gutierrez, V, L. 2015. Huella Hídrica de Cítricos. Impacto sobre la disponibilidad de agua en la etapa de producción primaria de naranjas (*Citrus sinensis*) en la Provincia de Entre Ríos, Argentina. Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de ciencias agrarias. Mendoza Argentina.
- IGAC- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 2016. Prácticas que deterioran la calidad del suelo.
- ICA- Instituto Colombiano Agropecuario. 2012. Manejo fitosanitario del cultivo de cítricos. Recuperado de <http://www.ica.gov.co/getattachment/89f7ca91-2820-4d06-9826-74964de55de6/Manejo-fitosanitario-del-cultivo-de-Citricos.aspx>.
- Kondo T. 2017. Protocolo de cría y liberación de *Tamarixia radiata* (Waterston) (Hymenoptera: Eulophidae). Mosquera, Colombia: [Corpoica] Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. 128 p. <https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/13147/67352.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Martínez, M., Murcia-Riaño, N., Ríos-Rojas, L., Correa-Moreno, D.L., Carabalí-Muñoz, A., Kondo, T., Rodríguez, M.D.M., Jaramillo, A., Mesa, N.C., & Rodríguez, I. 2019. Prácticas de manejo sostenible para el cultivo de cítricos. Mosquera, Colombia; Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia). 79 pp.
- MADS - Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2015. Política Nacional para la gestión integral de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos (PNGIBSE).

Editor: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. 128p.

- MADS- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2016. Política para la gestión sostenible del suelo. Bogotá, D.C. Colombia. 94 p.
- MADS- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2022. NDC de Colombia 2020. Actualización de la contribución determinada a nivel nacional (NDC). Bogotá. 97 p. https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/05/NDC_Libro_final_digital-1.pdf
- MAVDT- Ministerio De Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Territorial. Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico. Bogotá, D.C.: Colombia, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010. 124 p
- Maya, A., Carlos, J. 2017. Cítricos mexicanos en el mercado japonés: experiencias y oportunidades para Sinaloa. Mexican Fruit Citrus in Japan's Market: Experiences and Opportunities for Sinaloa. Año 6, núm. 16 / enero-abril de 2017. Revista México y la cuenca del Pacífico.
- Murcia Riaño, N., Martínez, M. F., Orduz-Rodríguez, J. O., Ríos-Rojas, L., López Galé, Y., Yacomelo Hernández, M. J., Carabalí Muñoz, A., Kondo, T., García Muñoz, M. C., Mesa, N. C., López González, J., Pérez Artilles, L., Rodríguez Mora, D. M., Montes Rodríguez, J. M., Betancourt Vásquez, M., Rodríguez Torres, I. V., Barreto Rojas, J. A., Tarazona Velásquez, R., Mateus Cagua, D. M., ... Andrea Onelia Rodríguez Roa. 2020. Modelo productivo de lima ácida Tahití (Citrus × latifolia Tanaka ex Q. Jiménez) para Colombia. Mosquera, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).
- OCDE - Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. 2011. Hacia el Crecimiento Verde: Un resumen para diseñadores de políticas. 28 p.
- OCDE - Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. 2014. Evaluaciones de desempeño ambiental. Colombia. 26 p.
- OCDE - Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. 2018. Oslo Manual 2018. Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation. 4^a ed. París: OCDE. 258p.

- Orduz, J., Monroy, H., Fischer G. 2010. Comportamiento fenológico de la mandarina ‘Arrayana’ en el piedemonte del Meta, Colombia. *Agronomía Colombiana* 28(1), 63-70, 2010
- Orduz, J. y Mateus, D. 2012. Generalidades de los cítricos y recomendaciones agronómicas para su cultivo en Colombia. En: *Cítricos: cultivo, poscosecha e industrialización*. Caldas: Corporación Universitaria Lasallista. Serie Lasallista Investigación y Ciencia. 367 p.
- Orduz, R., Javier, O. 2020. Situación Actual y Perspectivas de la Citricultura Colombiana en los Nuevos Escenarios Fitosanitarios. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Agrosavia.
- Orduz-Rodríguez, J., López González, J. y Velásquez Ramírez, H. 2020. Prácticas culturales en el cultivo de lima ácida Tahití. Capítulo VIII. En: Murcia Riaño, N., Martínez, M. F., Orduz-Rodríguez, J. O., Ríos-Rojas, L., López Galé, Y., Yacomelo Hernández, M. J., Carabalí Muñoz, A., Kondo, T., García Muñoz, M. C., Mesa, N. C., López González, J., Pérez Artiles, L., Rodríguez Mora, D. M., Montes Rodríguez, J. M., Betancourt Vásquez, M., Rodríguez Torres, I. V., Barreto Rojas, J. A., Tarazona Velásquez, R., Mateus Cagua, D. M., Andrea Onelia Rodríguez Roa. Modelo productivo de lima ácida Tahití (*Citrus × latifolia* Tanaka ex Q. Jiménez) para Colombia. Mosquera, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).
- Ramírez, J., Ordóñez, P., Narváez, E., Martínez, M., Pinzón, C., Murcia, R., Salazar, S. (2014) Principales características y tendencias del mercado de cítricos en Colombia. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-Corpoica.
- Rivera Posada, H. 2004. Manejo integrado de arvenses en café con criterios de sostenibilidad. Memorias XI Congreso Venezolano de Malezas, Universidad Nacional Experimental del Tachira, San Cristóbal, Venezuela. 2 al 5 de Noviembre de 2004.
- Romero-Aranda, R., Moya, J.L., Tadeo, F.R., Legaz, F., Primo-Millo, E. and Talón, M. (1998). Physiological and anatomical disturbances induced by chloride salts in sensitive and tolerant citrus: beneficial and detrimental effects of cations. Departamento de Citricultura y Otros Frutales, Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias, Moncada E-46113-, Valencia, Spain.

- SIEMBRA (2020). <http://www.siembra.co/BAC/BAC/Index>. Consulta septiembre de 2020.
- Torrado- Pacheco, A. 2005. Buenas prácticas agrícolas sistema de aseguramiento de la inocuidad de los alimentos. Bogotá. ICA. Produmedios. 16p.
- Vásquez Valencia, A., Rivera-Rojas, M., Rivera Rojas, J., Vargas Hernández, Y., Garay Oyola, G., Salcedo Carrascal, E., Bolaños-Benavides, M., 2016. Plan de Manejo Agroclimático Integrado del Sistema productivo de Naranja (*Citrus sinensis*). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – Corpoica. Mosquera (Colombia). 63 p.

Glosario

Abono verde: Tipo de cultivo de cobertura principalmente las plantas de la familia de las leguminosas, se utiliza para proteger, mejorar las condiciones del suelo por los nutrientes o materia orgánica incorporada en el mismo, con capacidad de adaptarse a diversos suelos y climas, de rápido crecimiento y alto poder de producción de material vegetativo.

Agrosistema Ecosistema sometido por el hombre a continuas modificaciones de sus componentes bióticos y abiótico para la producción de alimentos y fibras.

Arvense noble: Plantas de porte bajo, crecimiento rastrero, con raíz superficial, que ofrecen un cubrimiento denso del suelo, lo protegen de la energía erosiva de la lluvia y no interfieren con el desarrollo y producción.

Balance de nutrientes: Diferencia entre la cantidad de nutrientes aportados y los requeridos de un agrosistema o unidad productiva determinada.

Condiciones fitosanitarias: se refiere al estado sanitario del cultivo, presencia de plagas o enfermedades.

Condiciones edáficas: Son las propiedades del suelo que pueden medirse como la textura, humedad, el pH, la concentración de sales, sodio y aluminio, fertilidad, drenaje entre otras, que son importantes para el desarrollo de los cultivos.

Condiciones edafoclimáticas: Se refiere a las características del suelo y clima que se presentan en una zona geográfica como altitud, pendiente, materia orgánica, características físicas, químicas y biológicas, precipitación, evaporación, temperatura, humedad relativa,

radiación solar, viento, entre otras, apropiadas para el establecimiento y desarrollo de un cultivo.

Copa: Conjunto de ramas y hojas que forma la parte superior de un árbol.

Corona del árbol: Son las ramas, las hojas y las estructuras reproductivas que se extienden desde el tronco principal o tallos.

Fenología: Estudio de los fenómenos biológicos que suceden en la vegetación y fructificación en relación con el clima, particularmente en los cambios estacional.

Fertilizante edáfico: Se refiere a los nutrientes requeridos para el desarrollo de las plantas, es aplicado directamente al suelo cercano a la zona de absorción de raíces y que puede ser tomado fácilmente por las plantas.

Fertilizante foliar: El fertilizante foliar es usado regularmente para corregir deficiencias rápidamente cuando los nutrientes están **muy fijos** en el suelo y no pueden ser asimilados por la planta, se aplica directamente sobre la planta (follaje, tallo o fruto).

Injertar: Técnica manual que consiste en unir dos partes de la planta, una parte es el patrón o portainjerto que servirá de soporte y otra es la yema o injerto (variedad) de manera que crezca y se desarrolle como una sola planta.

Incidencia: Número de casos ocurridos de una enfermedad o una plaga detectada través de un monitoreo, se expresa en porcentaje.

Mulch o acolchado: Capa de materia orgánica suelta, como paja, hierba cortada, hojas y otros materiales similares, que se utiliza para cubrir el suelo que rodea las plantas, o que se coloca entre las hileras de árboles para proteger el suelo.

Nematodos: organismos que pueden ser saprófitos y se alimentan de materia orgánica. No causan daño a las plantas o parásitos y se encuentran en la rizosfera de las plantas. Pueden causar daños económicos a los cultivos.

Optimización de la fertilización: se refiere a realizar la fertilización lo más eficientemente posible en tiempo y costo, con el objetivo de mejorar la producción de los cultivos.

Patrón o portainjerto: es la planta que aporta la sección basal al árbol, incluyendo el sistema radical y una proporción de tallo sobre la que se injerta la variedad a cultivar, interactúa con el terreno y tiene por funciones principales la absorción de agua y de sales minerales del suelo que necesita la parte aérea del individuo.

Umbral de acción: se refiere a la densidad de la población (de una plaga) en la cual debe realizarse una acción de control para impedir que se alcance el umbral de daño económico.

Uso consuntivo del agua: Es el consumo diario de agua que necesita un cultivo, llamado también evapotranspiración, corresponde al proceso combinado del agua perdida por evaporación directa del suelo y la absorbida por las raíces, se pierde casi en su totalidad por transpiración a través de la superficie de las hojas, va desde la siembra hasta la cosecha.

Variedad: Conjunto de individuos botánicos plantados y mejorados por el hombre, se distingue por diferentes características morfológicas, fisiológicas, citológicas o químicas, se puede reproducir, multiplicar o propagar por varias generaciones.

Yema: Órgano complejo de las plantas que se forma habitualmente en la axila de las hojas, brote de tejido meristemático apical con el potencial para originar hojas, tallos, flores o sus combinaciones, y que se puede usar como injerto.

PREPRINT