

# Capítulo III





# Manejo agronómico

Jorge Alonso **Bernal Estrada**  
Álvaro de Jesús **Tamayo Vélez**  
Lucas Esteban **Cano Gallego**  
Angela María **Castaño Marín**  
Mauricio **Londoño Bonilla**

## INTRODUCCIÓN

La mayor manifestación económica aprovechable de una planta perenne como el aguacate cv. Hass depende no solo de las condiciones edafoclimáticas, sino también de las prácticas agronómicas que se ejecuten a partir de su establecimiento en campo (Bernal Estrada & Díaz Díez, 2020). Prácticas iniciales inadecuadas ejecutadas desde la instalación del huerto son muy difíciles de corregir posteriormente (Bernal Estrada & Díaz-Díez, 2020). En la fase de la instalación de un huerto de aguacate se deben considerar, entre otros factores, los siguientes: la selección del lote, la preparación del terreno, el trazado, la densidad de plantación, el ahoyado y el trasplante al campo (Calderón Alcaraz, 1983; Kramer et al., 1982).

Una vez establecido el cultivo, se deben seguir una serie de prácticas de manejo agronómico que buscan maximizar el potencial productivo de la planta, de acuerdo con la oferta ambiental de los sitios de siembra. Dentro de estas prácticas se destacan: el plateo, el uso de coberturas, la nutrición y fertilización, el manejo de arvenses, los sistemas de riego y drenaje, el manejo integrado de plagas y enfermedades, y las prácticas de cosecha, poscosecha y agroindustria. En este capítulo se mencionan algunas de las más importantes (Bernal Estrada & Díaz Díez, 2020).

## SELECCIÓN DEL LOTE

La selección del sitio donde se planea establecer un cultivo de aguacate cv. Hass es supremamente importante, pues, por ser esta una especie perenne con una vida útil de más de 10 años, una buena ubicación del área de siembra será la base para un buen manejo, rendimiento y longevidad superior. El terreno para la siembra debe estar situado cerca de rutas de transporte que faciliten el movimiento de insumos, materiales y frutos que, además, permitan la coordinación y el seguimiento de las actividades agrícolas. Asimismo, debe tener suficiente agua en calidad y cantidad durante todo el año para las diferentes labores agronómicas que demanden este recurso dentro del cultivo (Bernal Estrada & Díaz Díez, 2020).

Para seleccionar el terreno en el que se planea establecer un cultivo de aguacate, se deben excluir áreas que puedan afectar cuencas y microcuencas de fuentes hídricas (nacimientos, quebradas, ríos, reservorios, entre otros), así como áreas cubiertas por bosques de protección para la conservación o vegetación en peligro de extinción. El terreno más adecuado para el cultivo del aguacate es la topografía ondulada, con pendientes menores que el 30 %, ya que valores superiores dificultan la implementación de medidas de manejo agronómico (Bernal Estrada & Díaz Díez, 2020).

## PREPARACIÓN DEL TERRENO

La preparación adecuada del suelo antes de la siembra es una medida importante para el buen crecimiento de las plantas. Cuando hay capas pesadas o duras,

conocidas como “hardpan”, es necesario romperlas, para facilitar el drenaje y la aireación del suelo. No se recomienda plantar sin un buen drenaje interno y externo (Bernal Estrada & Díaz Díez, 2020).

La agricultura de labranza mínima o reducida es una práctica muy recomendada, la cual se ha vuelto común en algunas áreas de producción en el departamento de Antioquia para el cultivo de aguacate cv. Hass. Para realizar esta labor, la vegetación existente en el lote de siembra debe cortarse o sobrepastorearse, y, una vez aparezca el rebrote, aplicar un herbicida (preferiblemente sistémico) en cada sitio de siembra, especialmente cuando se trata de gramíneas agresivas. Luego, se realiza el trazado de la parcela con un azadón u otra herramienta adecuada, se retira la vegetación y se pica el suelo adyacente en un radio de un metro desde el centro del lugar de plantación. Aunque se han demostrado las bondades de la labranza mínima para la conservación del suelo, en algunas zonas productoras del país se ha confirmado que un subsolado y un posterior rastrillado del suelo beneficia el desarrollo y crecimiento de los árboles en el campo (Bernal Estrada & Díaz Díez, 2020).

## TRAZADO

El trazado de un lote para aguacate se realiza de 45 a 60 días antes de la siembra, y consiste en marcar los puntos de plantación, utilizando para ello estacas y herramientas para remover el suelo y la cal en cada sitio, según la densidad de siembra (Bernal Estrada & Díaz Díez, 2020).



El diseño del huerto está determinado principalmente por la topografía del terreno y por la dirección del recorrido del sol, de tal forma que se garantice que los árboles no proyecten sombras entre sí, ya sea que estén plantados en cuadro o en tresbolillo (triángulo) (Bernal Estrada & Díaz Díez, 2020).

La forma como las plantas se distribuyen a lo largo de un lote de siembra depende de factores topográficos, edáficos y climáticos. El aguacate cv. Hass en Antioquia se cultiva en aquellos lugares en los que la topografía es de ondulada a quebrada, y rara vez plana, por lo que el sistema más adecuado para la conservación del suelo sería siguiendo curvas de nivel (Bernal Estrada & Díaz Díez, 2020).

Los patrones de plantación pueden ser en cuadro o en tresbolillo, dependiendo de la inclinación del terreno. Generalmente, se recomienda la siembra en tresbolillo para parcelas con pendientes superiores al 20 %

(figura 10a), cuyo sistema permite plantar un 15 % más de árboles por unidad de superficie, en comparación con el de cuadro. En parcelas con topografía plana lo más recomendable es plantar en cuadro (figura 10b) (Bernal Estrada & Díaz Díez, 2020).

### DENSIDAD DE SIEMBRA

La cantidad de plantas que se pueden cultivar por unidad de área se conoce como densidad de siembra, y está influenciada por una serie de variables que incluyen la arquitectura de la planta, la variedad, la pendiente, las propiedades físicas y químicas del suelo, la humedad relativa (HR) y la luminosidad, así como otros factores (Whiley, 2007). Uno de los mayores problemas que afectan a la industria mundial de esta especie es el tamaño de los árboles, por lo que es necesario diseñar huertos altamente productivos, con fruta de calidad de exportación y árboles manejables a corto y mediano plazo (Stassen et al., 1999).

**Figura 10.** Distribución de siembra de aguacate.  
**a.** En triángulo o tresbolillo;  
**b.** En cuadro.  
*Fotos: Jorge Bernal E.*

**Tabla 4.** Distancias de siembra más utilizadas en el cultivo del aguacate Hass en Antioquia

Distancia (m)		Densidad de siembra (plantas/ha)	
Entre plantas	Entre surcos	Cuadro o rectángulo	Tresbolillo o triángulo
10	10	100	115
9	9	123	142
8	10	125	144
8	8	156	180
7	7	225	260
5	7	285	328
6	6	289	334
5	6	333	385
5	5	400	462

*Fuente: Elaboración propia*

La densidad de siembra determina, en gran medida, el tiempo que tarda la copa en madurar por completo y lograr la máxima absorción de luz. En este sentido, existen numerosas opciones para la densidad de plantación y el diseño del huerto en una situación ambiental dada, cuya elección debe ser un balance entre lo más simple y lo más complejo, de acuerdo con las posibilidades de manejo y mantenimiento del huerto (Whiley, 2007).

El uso de distancias de siembra amplias, utilizadas antiguamente, da como resultado árboles más grandes, con costos de cosecha más altos y rendimientos más bajos en los primeros años del huerto. Por lo anterior, en Antioquia, las densidades de siembra de aguacate Hass han cambiado y se utilizan distancias que proporcionan una mayor población de plantas por área de cultivo. En la tabla 4, se puede ver la evolución de las distancias de siembra en el tiempo, siendo las más utilizadas las de  $7 \times 7$ ,  $5 \times 7$ ,  $6 \times 6$ ,  $5 \times 6$  y  $5 \times 5$  m; distancias mayores a las anteriormente descritas

no son recomendables, por su alto costo productivo inicial y por la tardanza en alcanzar el punto de equilibrio comercial.

El diseño de la mayoría de los huertos modernos de aguacate utiliza densidades de siembra de  $9 \times 7$  m (159 árboles/ha) a  $6 \times 4$  m (416 árboles/ha), donde la topografía, el cultivar, los sistemas de poda y la conducción se han convertido en los factores clave para la determinación del espaciamiento entre los árboles y el diseño del huerto. En los últimos años, en Colombia se han establecido huertos a diferentes densidades de siembra, especialmente aquellas denominadas altas densidades, que han ocasionado problemas de alta incidencia de plagas y enfermedades, así como sobrecostos en la mano de obra, determinados por el uso intensivo de la práctica de poda (Bernal Estrada & Díaz Díez, 2020).

En recientes investigaciones, realizadas en Antioquia para aguacate Hass (Cano-Gallego et al, 2023b), se encontró que distancias de siembra de  $6 \times 5$  m (333 árboles/ha) y  $5 \times 5$  m (400 árboles/ha)

mostraron diferencias significativas en un mayor número de frutos por árbol (353 y 293, respectivamente), así como un mayor rendimiento productivo (19 y 20 t/ha, respectivamente), al compararlas con distancias mayores de 7 × 7 m (204 árboles/ha) y 6 × 6 m (278 árboles/ha), y menores a las mencionadas de 4 × 4 m (625 árboles/ha) y de 3,5 × 3,5 m (816 árboles/ha). Esto hace evidente la preferencia de distancias de siembra un poco más densas para nuestros huertos, lo que permite optimizar las labores agrícolas, además de mantener estructuras con mayor capacidad productiva y frutos de mayor tamaño. Sin embargo, es necesario utilizar estrategias de manejo para controlar el tamaño final de los árboles, una vez han ocupado su espacio designado, con el fin de evitar traslapes y pérdida de copas productivas, lo que obliga a realizar podas más frecuentes que las necesarias para huertos menos densos (opinión de los autores).

Las densidades más altas requieren un manejo y formación de árboles temprano, por lo que es necesario podar los árboles hasta que ocupen el espacio asignado, con el objetivo de mantener la forma, la altura, la transmisión de luz y el acceso al huerto, y así garantizar una productividad continua (Stassen et al., 1999).

En Colombia, el establecimiento de huertos de alta y ultra alta densidad, especialmente con cultivares de Hass para exportación, está sujeto a una serie de restricciones (también en la corte y raleo de árboles) por diversas razones. La mayoría de nuestras áreas de cultivo tienen condiciones climáticas que limitan este tipo de

sistema de siembra, con alta humedad relativa (80 % o más), altas precipitaciones (1.800 mm o más por año) y alta prevalencia de plagas y enfermedades, favorecidos por este tipo de sistema. De manera similar, bajo condiciones tropicales sin periodos fríos, los árboles colombianos tienen un crecimiento permanente de flujos vegetativos mezclados con flujos reproductivos, por lo que se requiere un manejo continuo. Además, dado el origen volcánico de los suelos colombianos con una fertilidad de moderada a alta y con contenidos altos de materia orgánica, esta situación provoca que los árboles sean más exuberantes en su follaje, por lo que se hacen necesarias podas durante el año, lo que a su vez puede representar un aumento en los costos de producción (Bernal Estrada & Díaz Díez, 2020).

En este caso, se debe considerar una relación costo-beneficio, teniendo en cuenta el valor de la mano de obra en términos de productividad esperada, y con el fin de determinar la implementación de esta práctica. Por lo tanto, ante la falta de información disponible para respaldar esta actividad, los huertos de aguacate de alta y ultra alta densidad deben evaluarse mediante investigación antes de establecer cultivos comerciales (Bernal Estrada & Díaz Díez, 2020).

## AHOYADO

El ahoyado es una labor que debe realizarse un mes antes de la siembra y radica en hacer huecos en los espacios previamente señalizados. Las dimensiones más utilizadas para siembra de aguacate cv. Hass van desde 40 hasta 80 cm de diámetro, por

40 hasta 80 cm de profundidad (figura 11) (Bernal Estrada & Díaz Díez, 2020).

En suelos muy sueltos, es posible aplicar una práctica que radica en romper y picar de forma profunda el punto de siembra con una herramienta adecuada, con el fin de dejar preparada un área de 90 cm de diámetro y 50 cm de profundidad (Bernal Estrada & Díaz Díez, 2020).

En los hoyos o en el sitio donde se picó el suelo, se procede a depositar e incorporar entre 2 y 5 kg de materia orgánica seca y compostada, y se adicionan 500 g de cal agrícola o dolomítica, y 250 g de roca fosfórica y suelo negro. Por otra parte, la inoculación de las raíces del aguacate en el momento de la siembra, con un inóculo de micorrizas vesículo arbusculares (50 a 100 g/planta), aumenta considerablemente el desarrollo de las plantas, lo que favorece su nutrición (Bernal Estrada & Díaz Díez, 2020).

## TRASPLANTE AL CAMPO

Este trabajo se realiza de 1 a 2 semanas después del inicio de la temporada de lluvias, alrededor de 180 a 200 días después del trasplante a la bolsa. En el momento de la siembra, en la parcela, las plántulas tienen una altura de 60 a 120 cm. Cuando las raíces están dobladas, el árbol debe ser descartado (Bernal Estrada & Díaz Díez, 2020).

En el sistema de ahoyado tradicional, la planta se coloca sin bolsa en el hueco y sin perturbar el suelo alrededor de las raíces. Luego, el hoyo se llena con tierra preparada, como se mencionó anteriormente, y se presiona para extraer el exceso de aire.



**Figura 11.** Hoyos para la siembra de aguacate.  
**a.** Hoyo con forma circular;  
**b.** Hoyo con forma rectangular.

Fotos: Jorge Bernal E.



**Figura 12.** Siembra de la planta en campo.  
**a.** Preparación del árbol injerto para su siembra;  
**b.** Retirada de la bolsa sin disturbar el suelo;  
**c.** Siembra del árbol en el hoyo y apisonado del suelo alrededor;  
**d.** Árbol sembrado en montículo, 30 cm por encima del nivel del suelo;  
**e.** Aspecto general de un árbol dos meses después de sembrado.

Fotos: Álvaro Tamayo V.

La planta debe establecerse en un montículo por encima de los 30 cm del suelo, para evitar el encharcamiento y la posterior pudrición (figura 12) (Bernal Estrada & Díaz Díez, 2020).

## PLATEO

Esta práctica tiene como objetivo eliminar la competencia con otras especies alrededor del tronco del árbol y estabilizar la zona. El área del plateo debe estar libre



de vegetación y tener un diámetro de al menos 140 cm. Este trabajo debe realizarse antes de plantar el cultivo en el campo. Una vez establecido el cultivo, los plateos deben ser desyerbados a mano o con productos químicos (Bernal Estrada y Díaz Díez, 2020).

### USO DE COBERTURAS (MULCHING O ACOLCHADO)

El aguacate, por ser originario de los bosques nubosos de las tierras altas y bajas de México y Centroamérica, se ha adaptado a suelos ricos en materia orgánica, lo que le otorga un sustrato bien aireado, rico en microbios, con una alta capacidad de retención de agua. En esas condiciones, se forman densas capas de finas raíces “alimentadoras” que les permiten utilizar los nutrientes liberados por la descomposición de la vegetación y absorber agua para satisfacer las necesidades del árbol (Whiley, 2007). La zona de hojarasca

orgánica también proporciona un efecto amortiguador entre la interfaz aire/suelo; además, reduce los efectos de los cambios atmosféricos en el entorno de las raíces y las protege de la deshidratación y los grandes cambios de temperatura (Gregoriou & Rajkumar, 1984) (figura 13).

La domesticación del aguacate introdujo el árbol a través de sistemas de monocultivo que dependen de fertilizantes y pesticidas para reducir los costos de producción. Por esta razón, se hace necesaria la presencia de altos niveles de materia orgánica en el suelo para inhibir la actividad de *Phytophthora cinamomi*, causante de la pudrición de la raíz (Broadbent & Baker, 1974; Pegg & Whiley, 1987); sin embargo, los beneficios del uso de coberturas (*mulch* o acolchado) en aguacate Hass no se limitan al control de enfermedades de la raíz: diversos estudios han demostrado que su uso brinda beneficios adicionales, al aumentar el número y el peso promedio de frutos por planta, así como el rendimiento por hectárea (Wolstenholme et al., 1998).

Un material adecuado para utilizar como acolchado en un árbol de aguacate debe tener una proporción de carbono: nitrógeno (C:N), en un rango de 25 a 100:1, para evitar su agotamiento severo, a causa del uso del aserrín como cobertura, cuya relación C:N alcanza 400-500:1 (Wolstenholme et al., 1998). En Colombia, en nuestras condiciones de cultivo, se han demostrado ampliamente los beneficios de amontonar alrededor de la base de los árboles las desyerbas mecánicas realizadas en las calles del cultivo para formar el *mulch* o acolchado (Nieves Gómez, 2018).

**Figura 13.** Uso de cobertura (*mulch*) en huerto de aguacate cv. Hass.  
Foto: Jorge Bernal E.



Por otra parte, anualmente una buena cantidad de los elementos nutritivos que son tomados por las plantas retornan al suelo a través de la descomposición de sus hojas, de los residuos de las podas y la abscisión de órganos, entre otros. En este sentido, se ha cuantificado que la hojarasca que el cultivo genera en una hectárea aporta aproximadamente de 3 a 8 t/ha/año de materia orgánica al suelo, lo que en promedio equivale a aplicar en el cultivo 2 bultos de urea, 2,5 bultos de cal dolomítica, 30 kg de potasio y 5 kg de fósforo/ha/año (figura 14) (Tamayo, 2016).

## PODAS

Antes de empezar a podar, es recomendable estudiar detenidamente el mecanismo fisiológico que regula el crecimiento de una planta de aguacate. Los aguacates tienen brotes terminales y laterales, y no todos tienen la misma probabilidad de convertirse en brotes vegetativos. El crecimiento vegetativo se produce principalmente a partir de las yemas apicales (figura 15). Una parte significativa de las yemas axilares se corta, mientras que la otra parte permanece latente. La poda de un aguacate es una opción que se debe abordar con precaución y de manera racional para que los resultados sean positivos. Además, esta práctica depende de la variedad, el vigor y el crecimiento del árbol, así como de las condiciones climáticas y del suelo.

### Poda de formación

La poda de formación consiste en el corte de ramas para controlar el crecimiento, favorecer la aparición de nuevos



Figura 14



Figura 15

**Figura 14.** Uso de cobertura en huerto adulto de aguacate.

*Foto: Alvaro Tamayo V.*

**Figura 15.** Yemas vegetativas apicales en aguacate cv. Hass.

*Foto: Lucas Cano G.*

**Figura 16.** Poda de formación en aguacate cv. Hass. **a.** Despunte de la yema terminal para estimular el crecimiento lateral; **b.** Distribución de las ramas con forma equilibrada.

Fotos: Cristian Dominguez

brotos y dotar a la planta de una estructura equilibrada para aumentar su superficie productiva (figura 16). Esta práctica se debe realizar tanto en vivero como en el campo (Bernal Estrada & Díaz Díez, 2020).

Cabe señalar que, tanto en vivero como en los primeros años de cultivo, es necesario cortar los brotes o retoños (deschupone) que crecen por debajo del sitio de injerto (figura 17), ya que son más vigorosos que la variedad injertada; por lo tanto, si no se eliminan, eventualmente crecerán más rápido y podrían sobrepasar a la copa

a través de la competencia (Bernal Estrada & Díaz Díez, 2020).

En cuanto a la poda de formación, Lynce-Duque (2011) señala que en condiciones tropicales la arquitectura ideal del árbol es con forma de copa, con un tronco principal, cuatro tallos distribuidos espacialmente en el dosel y un espacio central para permitir la entrada de luz a la totalidad de la copa desde su base (figura 18).

Tres meses después de trasplantar los árboles al campo, se seleccionan los ejes básicos, los cuales se distribuyen entre los cuatro puntos cardinales y que servirán como tallos principales (figura 19). La finalidad de la poda es favorecer la formación lateral de los árboles a partir de estos cuatro ejes, con emisión continua de brotes hacia la parte exterior de la copa y una base estructural bien formada (Lynce-Duque, 2011).

### Poda de mantenimiento

La poda de mantenimiento consiste en la eliminación de ramas enfermas o afectadas por insectos, brotes muertos o inactivos, y ramas que ya hayan producido flores o frutos (típicamente las que nacen dentro de la copa y compiten por los nutrientes), que pueden ser fuente de patógenos y afectar partes esenciales del árbol, incluidos los frutos (Bernal Estrada & Díaz Díez, 2020).

La poda debe hacerse de forma leve y frecuente, con el objetivo de minimizar el crecimiento asimétrico del árbol y mantenerlo a una altura adecuada, según el suelo y el clima. Para esto, es recomendable cortar las ramas que compiten entre sí,



incluyendo el descope de árboles en producción, que consiste en quitar la parte terminal de las plantas para que no superen el 70 % del espacio entre estas. Por lo tanto, los árboles que estén separados por 7 m deben mantenerse a una altura de no más de 4,9 m (figura 20) (Bernal Estrada y Díaz Díez, 2020).

### **Poda de renovación, cambio de copa y reconversión**

Cuando las copas de los árboles de un huerto han crecido más allá de su distancia de plantación y las ramas de los árboles están entrelazadas, es necesario utilizar técnicas específicas de poda para mantener las distancias, de tal manera que se permitan una iluminación y circulación de aire adecuadas de los árboles, para así maximizar la producción (Bernal Estrada & Díaz Díez, 2020).

Cuando los árboles sean poco productivos o se tenga un material de mala calidad comercial, que no cumple con las necesidades específicas, se utiliza una poda que consiste en el cambio de copa. En estas situaciones, se recurre a la poda de renovación, que consiste en cortar las ramas que forman la copa del árbol para favorecer el crecimiento de una nueva o renovarla mediante injertos, a través del uso de variedades mejoradas o variedades locales conocidas por su aceptación en el mercado. En esta práctica, se cortan las ramas principales del árbol, dejando solo un tronco principal a 1,5 m de altura, y dejando que el árbol crezca y se renueve; también es posible realizar esta poda en hileras intercaladas o haciendo podas



Figura 17



Figura 18

laterales, cortando solo el 50 % del árbol entre las filas, para luego hacerlo en la otra mitad, una vez lograda la producción (Bernal Estrada & Díaz Díez, 2020).

La poda de reconversión es una variación de la poda de renovación que consiste en cortar los troncos de los árboles a una altura de aproximadamente 1,5 metros, para posteriormente realizar injertos de

**Figura 17.** Chupones que deben ser eliminados luego de la injertación.

*Foto: Cristian Domínguez*

**Figura 18.** Copa de aguacate cv. Hass, con un tallo principal y ramas distribuidas espacialmente, luego de la poda de formación.

*Foto: Cristian Domínguez*

Figura 19



Figura 20



**Figura 19.** Distribución de los ejes básicos de la copa luego del despunte.  
*Foto: Cristian Domínguez*

**Figura 20.** Poda de mantenimiento en árboles de aguacate cv. Hass en cultivos en producción.  
*Foto: Jorge Bernal E.*

corona de la variedad deseada (figura 21). Este procedimiento por lo general se lleva a cabo en cultivos viejos, usualmente plantados en bajas densidades ( $10 \times 10$  m, 100 árboles/ha, o  $12 \times 12$  m, 70 árboles/ha) (Bernal y Díaz, 2020).

## EXIGENCIAS NUTRICIONALES

La fertilización es un método importante en el cultivo del aguacate, y tiene como objetivo aumentar la concentración de nutrientes en la solución del suelo cuando estos no están presentes en cantidades suficientes para satisfacer las necesidades de la planta. Dado que el sistema de raíces del árbol de aguacate no es muy ramificado y no tiene pelos absorbentes, es necesario que el suelo tenga una gran cantidad de nutrientes fácilmente disponibles. Estudios realizados en diferentes regiones del mundo muestran que los aguacates responden positivamente a la fertilización, especialmente al nitrógeno (Tamayo Vélez & Osorio Vega, 2020; Córdoba et al., 2024).

## REMOCIÓN

Durante muchos años, la rentabilidad del cultivo de aguacate se ha medido en términos de producción total de frutos por árbol o por hectárea; sin embargo, este parámetro se ha vuelto menos importante debido a la globalización del mercado. Actualmente, factores como la fecha de cosecha, el tamaño de la fruta y la calidad (tanto externa como interna) se consideran factores claves en el éxito de la comercialización del aguacate (Tamayo Vélez & Osorio Vega, 2020).



**Figura 21.** Injerto de corona o corteza.

- a.** Inserción de la yema en púa entre la corteza y la madera del patrón;
- b.** Amarre de las yemas injertadas;
- c.** Impermeabilización con vinilo de la zona expuesta del patrón;
- d.** Tutorado de los brotes "prendidos" del injerto;
- e.** Crecimiento de la variedad injertada;
- f.** Árbol adulto producto de la injertación.

Fotos: Lucas Cano G.

La información sobre el aporte de nutrientes al cultivo de aguacate en cada región es importante para determinar el manejo de la fertilización adecuada para producir frutos del tamaño y la calidad requeridos (Salazar-García & Lazcano-Ferrat, 2001; Cano-Gallego et al., 2023b).

De acuerdo con Mejía (2022), para garantizar que las contribuciones de los nutrientes se realicen en el instante oportuno y de manera equitativa, de acuerdo con el papel que estos ejerzan en cada etapa fenológica, es necesario conocer la dinámica de concentración y de acumulación de los nutrientes en el fruto. El suministro de elementos nutritivos debe ser constante y durante todo el desarrollo del fruto, considerando que la acumulación de la mayoría de los nutrientes se incrementa a partir del cuajamiento, como respuesta al aumento de la materia seca (Mejía, 2022).

Un estudio reciente, llevado a cabo por Mejía (2022), indicó que, entre los elementos mayores, los más requeridos en el fruto de aguacate Hass son el K, N y S, que fueron los que más se removieron; en cuanto a los elementos menores, el Fe y el B fueron los más removidos, lo cual concuerda con los trabajos realizados por Tamayo et al. (2018). Estos resultados son el punto de partida para la elaboración de planes nutricionales y para el establecimiento de las cantidades de cada elemento nutriente para suplir las necesidades del fruto.

Un estudio realizado por Tamayo et al. (2018) determinó la composición de nutrientes de diversos tejidos del fruto (epidermis,

pulpa, cáscara y semillas) y la cantidad de nutrientes removidos de aguacate cv. Hass en la cosecha. En ese sentido, se encontró que los tejidos de la fruta diferían en la cantidad de nutrientes removidos; la diferencia en la cantidad de nutrientes absorbidos por los tejidos se debe a las proporciones de cada estructura en el fruto. La pulpa presentó una mayor cantidad de nutrientes removidos, mientras que la epidermis presentó valores intermedios. La mayor remoción de pulpa se debió a que gran parte de la biomasa del fruto correspondía a este tejido. La testa fue el tejido con menor cantidad de nutrientes removidos, lo cual coincide con lo reportado por Mellado-Vásquez et al. (2015) en aguacate cv. Méndez, en el sur de Jalisco (México). El orden de remoción de nutrimentos por reestructura en la fruta fue pulpa, seguido de semillas, epidermis y testa (Tamayo et al., 2018).

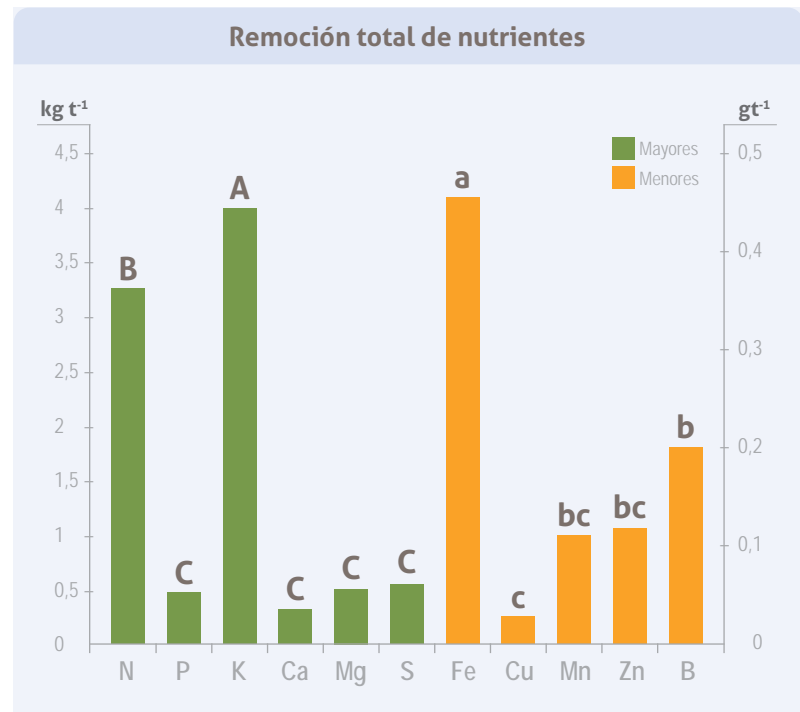
La remoción completa de macronutrientes por aguacate cv. Hass en  $\text{kg t}^{-1}$  es mayor para K (4), N (3,3) y P (0,48). Los elementos menores removidos fueron principalmente Fe y B (0,45 y 0,2  $\text{g t}^{-1}$ , respectivamente). Los elementos más extraídos en todos los tejidos fueron K, N y S. El nutriente con mayor concentración en los cuatro tejidos fue el K, seguido del N. El orden de remoción total de nutrientes por tonelada de fruta fresca es  $\text{K} > \text{N} > \text{S} > \text{Mg} > \text{P} > \text{Ca} > \text{Fe} > \text{B} > \text{Zn} > \text{Mn} > \text{Cu}$  (figura 22) (Tamayo et al., 2018).

La extracción de elementos por parte de las plantas (como el N y el K) agota las

reservas naturales del suelo, por lo que se debe realizar la fertilización, no solo para nutrir la planta, sino también para mantener el nivel de fertilidad de la zona radicular necesaria para el crecimiento del árbol (Tamayo et al., 2018).

En la tabla 5, se observan los requerimientos nutricionales calculados por una tonelada de fruta fresca y las cantidades proyectadas para una producción tentativa de 10, 20 y 30 t/ha de fruta (Tamayo et al., 2018).

Si suponemos un rendimiento de 20  $\text{t ha}^{-1}$ , tendríamos una extracción de 80 kg de K, como elemento simple, que al convertirse en  $\text{K}_2\text{O}$ , nos daría  $96 \text{ kg ha}^{-1}$  de potasio y, por factor de eficiencia, tendríamos que aplicar  $192 \text{ kg ha}^{-1}$  (tabla 5); de manera similar, se muestran los valores para nitrógeno, azufre, calcio y fósforo (tabla 6). En el caso del potasio, si utilizamos cloruro de potasio (KCl), necesitaríamos aplicar  $320 \text{ kg ha}^{-1}$ ; o, si utilizamos sulfato de potasio ( $\text{K}_2\text{SO}_4$ ), necesitaríamos aplicar 384 kg. Por otra parte, para el nitrógeno, si utilizamos la urea, tendríamos que aplicar  $287 \text{ kg ha}^{-1}$ , y para la fertilización con fósforo, si utilizamos como fuente el fosfato diamónico (DAP), se deberían aplicar  $478 \text{ kg ha}^{-1}$ . Las cantidades anteriormente descritas deben dividirse en el número de árboles por hectárea y, además, fraccionarse por lo menos cuatro veces por año, las cuales deben coincidir con los periodos lluviosos, que implican adecuada humedad en el suelo.



## MANEJO DE LA FERTILIZACIÓN

Para un adecuado manejo nutricional del cultivo de aguacate se deben seguir algunas recomendaciones básicas. En ese sentido, en el establecimiento se recomienda aplicar enmiendas simples o compuestas de calcio, magnesio, fósforo, azufre y silicio. Estas aplicaciones deben ser suficientes para alcanzar contenidos de calcio en el suelo del orden de  $4,5\text{-}6,0 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ , y de magnesio, entre  $2,0\text{-}2,5 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ , con un pH superior a 5,0 para neutralizar el aluminio. Igualmente, en este periodo se debe aplicar suficiente fósforo para mejorar su disponibilidad; es decir, cuando alcance valores de  $0,1 \text{ mg PL}^{-1}$  o  $20 \text{ mg kg}^{-1}$  Bray II (Tamayo Vélez & Osorio Vega, 2020).

**Figura 22.** Remoción total de nutrientes en aguacate cv. Hass en varias localidades de Antioquia.

Fuente: Tamayo et al. (2018)



Para un cultivo en producción, el suelo debe contener de 30-40 mgkg<sup>-1</sup> de fósforo. En este caso, se pueden usar como fuentes el DAP, el fosfato monoamónico (MAP),

<b>Tabla 5. Requerimientos de nutrientes en diferentes niveles de producción</b>				
<b>Elemento</b>	<b>Producción de fruta (t)</b>			
	1	10	20	30
	<b>Cantidad removida (kg t<sup>-1</sup>)</b>			
<b>K</b>	4,00	40,0	80,0	120,0
<b>N</b>	3,30	33,0	66,0	99,0
<b>S</b>	0,56	5,6	11,2	16,8
<b>Mg</b>	0,51	5,1	10,2	15,3
<b>Ca</b>	0,31	3,1	6,2	9,3
<b>P</b>	0,48	4,8	9,6	14,4
<b>Fe</b>	0,45	4,5	9,0	12,5
<b>B</b>	0,20	2,0	4,0	6,0
<b>Zn</b>	0,11	1,1	1,2	3,3
<b>Mn</b>	0,01	0,1	0,2	0,3
<b>Cu</b>	0,03	0,3	0,6	0,9

*Fuente: Elaboración propia con información obtenida de Tamayo et al. (2018)*

<b>Tabla 6. Extracción de nutrientes de los principales elementos para obtener 20 toneladas</b>		
<b>Elemento</b>	20 t	Con factor eficiencia
	<b>(kg t<sup>-1</sup>)</b>	
<b>K<sub>2</sub>O</b>	96	192
<b>N</b>	66	132
<b>S</b>	11	22
<b>MgO</b>	17	34
<b>CaO</b>	9	17
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	22	220

*Fuente: Elaboración propia con información obtenida de Tamayo et al. (2018)*

roca fosfórica o abonos compuestos ricos en fósforo. Es fundamental, además, aplicar micorrizas y solubilizadores de fósforo, especialmente cuando se aplican rocas fosfóricas (Tamayo Vélez & Osorio Vega, 2020).

Durante toda la etapa de desarrollo (primeros 3 años), se deben aplicar cada 30, 45 o 60 días suficientes nutrientes, particularmente nitrógeno y fósforo, en dosis crecientes el primer, segundo y tercer año. Cuando el árbol ya esté en periodo productivo, a partir del cuarto año, hay que tener en cuenta lo que el cultivo extrae por la cosecha de los frutos de los elementos como N, K, S, Zn y B (Tamayo Vélez & Osorio Vega, 2020).

En términos generales, hay que tener en cuenta las siguientes consideraciones: existen diferencias importantes en la remoción de nutrientes entre cultivares. La remoción de nutrientes está relacionada con los contenidos de aceite en la fruta y los porcentajes de materia seca. Un programa apropiado de fertilización para el aguacate debe incluir análisis de la composición nutricional del fruto, así como del contenido nutricional del suelo y del follaje, con el fin de estimar de forma más precisa los requerimientos nutricionales del árbol o del huerto; igualmente, información relacionada con la remoción de nutrientes sobre la cosecha, que es importante para implementar un programa de fertilización balanceado, así como recomendaciones de fertilización por sitio específico para cada cultivar.

