



# MANUAL TÉCNICO

**Guía para el manejo del  
cultivo de aguacate Hass  
(Persea americana L.)  
en Costa Rica**

# Créditos

## **Autores:**

**Ing. Agro. Mauricio Fernández**

**Ing. Agro. Raysher Foster**

San José, Costa Rica, 2025

Queremos expresar nuestro agradecimiento a la Cámara Costarricense de Productores de Aguacate (CAPROA), así como a sus socios y productores, quienes brindaron un valioso apoyo durante el proceso de elaboración del Manual Productivo. Su colaboración fue fundamental en las etapas de ideación de contenidos y revisión técnica, aportando conocimientos prácticos y experiencia en campo que enriquecieron significativamente el documento.

Asimismo, agradecemos la disposición de recibirnos en sus fincas, lo cual permitió validar información, observar prácticas productivas y fortalecer el enfoque técnico del manual.

Su participación activa contribuyó de manera decisiva a la calidad y pertinencia del resultado final.

## JUSTIFICACIÓN

Dentro de la estructura operativa de PROCOMER, se encuentra el programa DESCUBRE, cuya misión es fomentar procesos de desarrollo, innovación y asesoría técnica para productores, empresas agrícolas y agroindustriales, exportadoras con potencial para expandirse a mercados internacionales.

En consonancia con los objetivos del Programa DESCUBRE, la contratación tiene como finalidad atender las necesidades específicas del sector productivo de aguacate Hass. Esta iniciativa busca fortalecer un sector de gran relevancia tanto económica como social para Costa Rica.

El aguacate Hass (*Persea americana* L.) se ha consolidado como la variedad de aguacate más relevante a nivel global, apreciada por sus características organolépticas superiores, incluyendo su sabor, textura y alto valor nutricional. Precisamente, la producción de aguacate representa una actividad agrícola de suma importancia en el país.

Para impulsar su crecimiento y competitividad, se hace imprescindible el desarrollo de una guía de producción que aborde las buenas prácticas agrícolas, el manejo postcosecha y la comercialización. Esta guía se convertirá en una herramienta clave para mejorar las prácticas del sector y potenciar su desarrollo.

El propósito de esta guía es ofrecer información exhaustiva y actualizada sobre las mejores prácticas agrícolas, aspectos técnicos, normativas y recomendaciones, facilitando así el cultivo y manejo óptimo del aguacate Hass en las principales zonas productoras de Costa Rica.

# INDICE CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>8</b>
<b>1. VIVERO O INVERNADERO</b>	<b>9</b>
1.1 SELECCIÓN Y PREPARACIÓN DEL SITIO DEL VIVERO	10
1.2 INSTALACIONES	11
1.3 MEDIDAS DE SEGURIDAD	12
1.4 PISO DEL VIVERO	13
1.5 SUSTRATO	13
1.6 MATERIALES RECOMENDADOS PARA SUSTRATO	13
1.7 PREPARACIÓN Y DESINFECCIÓN DEL SUSTRATO	14
1.7.1 COMPOSICIÓN RECOMENDADA	14
1.7.2 PROCESO DE MEZCLA	14
1.8 TÉCNICAS SOSTENIBLES DE DESINFECCIÓN DEL SUSTRATO	15
1.8.1 MÉTODOS FÍSICOS	15
1.9 SELECCIÓN Y PREPARACIÓN DE SEMILLAS PARA PATRONES	18
1.9.1 SELECCIÓN Y MANEJO DE SEMILLA	18
1.9.2 LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN DE LA SEMILLA	20
1.9.3 GERMINACIÓN	21
1.9.4 PRÁCTICAS PARA MEJORAR LA GERMINACIÓN	22
1.9.5 TAMAÑO Y COLOCACIÓN DE BOLSAS	23
1.9.6 TRASPLANTE	24
1.10 RIEGO Y FERTILIZACIÓN	25
1.10.1 NUTRICIÓN	30
1.11 PATRÓN - PORTAINJERTO	31
1.12 BANCO DE YEMAS	31
1.13 INJERTACIÓN	34
1.13.1 TÉCNICAS DE INJERTO RECOMENDADAS	35
1.14 MANEJO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES	39
<b>2. ESTABLECIMIENTO DE PLANTACIONES</b>	<b>40</b>
2.1 PRE ESTABLECIMIENTO DE LA PLANTACIÓN	40
2.1.1 SELECCIÓN DEL TERRENO	40
2.1.2 SUELO Y SU ANÁLISIS	40
2.1.3 CLIMA Y TEMPERATURA	44
2.1.4 LA ALTITUD	43
2.1.5 LA PRECIPITACIÓN	44
2.1.6 EL VIENTO	44
2.2 SISTEMA DE SIEMBRA	45
2.2.1 PREPARACIÓN DEL TERRENO ANTES DE SIEMBRA	45
2.2.2 LA DISTANCIA DE SIEMBRA	47
2.2.3 LA CONSTRUCCIÓN DE MINI TERRAZAS INDIVIDUALES	50
2.2.4 EL TAMAÑO DEL HUECO	51
2.2.5 LA DESINFECCIÓN DEL HUECO	51
2.2.6 FORMA DE SIEMBRA	51
2.2.7 PASOS A SEGUIR PARA EL PRIMER AÑO DE ESTABLECIDA LA PLANTACIÓN	53
2.2.8 FORMACIÓN DEL ÁRBOL	54
2.2.9 CONTROL DE PLAGAS	54
2.2.10 CONTROL DE ENFERMEDADES	54

<b>3</b>	<b>MANEJO DE CULTIVO .....</b>	<b>56</b>
3.1	PODAS.....	62
3.1.1	PODA DE FORMACIÓN DEL ÁRBOL .....	63
3.1.1	PODA DE MANTENIMIENTO/ SANEAMIENTO.....	64
3.1.2	PODA DE RENOVACIÓN .....	65
3.2	MANEJO DE EJES Y ALTURA .....	66
3.3	MANEJO DE RAMAS LUZ DENTRO DEL ÁRBOL .....	66
<b>4</b>	<b>NUTRICIÓN SEGÚN ESTADO FENOLÓGICO .....</b>	<b>67</b>
4.1.1	BALANCE NUTRICIONAL DEL SUELO .....	67
4.1.2	MUESTREO DE SUELOS.....	70
4.1.3	CONTROL DE EROSIÓN DEL SUELO .....	73
4.1.4	USO DE ENMIENDAS .....	76
4.1.5	USO DE FERTILIZANTES EN LAS DISTINTAS ETAPAS FENOLÓGICAS.....	76
4.1.6	APLICACIONES FOLIARES DE MICROELEMENTOS Y MACROELEMENTOS .....	77
4.1.7	TOMA DE ANÁLISIS FOLIARES E INTERPRETACIÓN.....	78
4.1.8	BIORREGULADORES Y SUS USOS .....	80
4.1.9	ESTRÉS POR EFECTOS CLIMÁTICOS Y SU MITIGACIÓN .....	81
4.1.10	ESTRÉS QUÍMICO/ EL ENEMIGO SILENCIOSO.....	82
4.1.11	ESTRÉS FLORAL .....	83
4.1.12	ANILLADO DEL PEDÚNCULO.....	84
<b>5</b>	<b>CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES .....</b>	<b>86</b>
5.1	ÁCARO CRISTALINO .....	86
5.2	TRIPS.....	88
5.3	PICUDOS.....	92
5.4	JOBOTOS O GALLINA CIEGA .....	95
5.5	HONGOS.....	98
5.5.1	PHYTOPHTHORA CINNAMOMI.....	99
5.5.2	ANTRACNOSIS .....	102
5.5.3	ROÑA .....	103
5.5.4	FUSARIUM.....	104
5.5.5	CERCOSPORA .....	107
5.5.6	PUDRICIÓN NEGRA DE RAÍCES (CYLINDROCARPON/ILYONECTRIA SPP.).....	107
5.5.1	PUDRICIÓN DEL PEDÚNCULO .....	111
5.6	IMPLEMENTACIÓN DE PROGRAMAS FITOSANITARIOS.....	111
5.6.1	MONITOREO .....	111
5.7	APLICACIÓN DE INSUMOS.....	112
5.7.1	INSUMOS DE CONTROL BIOLÓGICO .....	114
5.7.2	QUÍMICOS.....	114
<b>6</b>	<b>MANEJO DE ARVENSES .....</b>	<b>117</b>
6.1.1	CONTROL MECÁNICO.....	117
6.1.2	CONTROL QUÍMICO.....	120

<b>7</b>	<b>COSECHA Y POST COSECHA DEL AGUACATE.....</b>	<b>123</b>
7.1	INDICADORES DE COSECHA .....	123
7.1.1	INDICADORES FÍSICOS Y FISIOLÓGICOS.....	124
7.1.2	INDICADORES DE COMPOSICIÓN .....	124
7.2	MÉTODOS DE COSECHA .....	125
7.3	FLUJO DE PROCESOS EN PLANTA EMPACADORA .....	127
7.3.1	DESCARGA .....	128
7.3.2	PRESELECCIÓN Y DESPEZONADO .....	129
7.3.3	APLICACIÓN POSTCOSECHA .....	130
7.3.4	SELECCIÓN Y PESADO .....	131
7.3.5	EMPAQUE PARA EL MERCADO.....	133
<b>8</b>	<b>ALMACENAMIENTO .....</b>	<b>133</b>
8.1.1	TEMPERATURA Y HUMEDAD.....	133
8.1.2	MANEJO DE EMPAQUE Y VENTILACIÓN .....	133
8.1.3	TECNOLOGÍAS: .....	134
8.1.4	MANEJO Y TRANSPORTE: .....	134
<b>9</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>143</b>

# INDICE FIGURAS

FIGURA 1 .....	9	FIGURA 52 .....	74
FIGURA 2 .....	10	FIGURA 53 .....	75
FIGURA 3 .....	11	FIGURA 54 .....	78
FIGURA 4 .....	12	FIGURA 55 .....	86
FIGURA 5 .....	13	FIGURA 56 .....	87
FIGURA 6 .....	14	FIGURA 57 .....	88
FIGURA 7 .....	17	FIGURA 58 .....	89
FIGURA 8 .....	18	FIGURA 59 .....	90
FIGURA 9 .....	19	FIGURA 60 .....	91
FIGURA 10 .....	20	FIGURA 61 .....	92
FIGURA 11 .....	21	FIGURA 62 .....	93
FIGURA 12 .....	21	FIGURA 63 .....	94
FIGURA 13 .....	22	FIGURA 64 .....	95
FIGURA 14 .....	22	FIGURA 65 .....	97
FIGURA 15 .....	24	FIGURA 66 .....	98
FIGURA 16 .....	26	FIGURA 67 .....	98
FIGURA 17 .....	26	FIGURA 68 .....	99
FIGURA 18 .....	27	FIGURA 69 .....	101
FIGURA 19 .....	28	FIGURA 70 .....	102
FIGURA 20 .....	32	FIGURA 71 .....	103
FIGURA 21 .....	32	FIGURA 72 .....	104
FIGURA 22 .....	33	FIGURA 73 .....	105
FIGURA 23 .....	33	FIGURA 74 .....	110
FIGURA 24 .....	34	FIGURA 75 .....	112
FIGURA 25 .....	35	FIGURA 76 .....	118
FIGURA 26 .....	36	FIGURA 77 .....	119
FIGURA 27 .....	38	FIGURA 78 .....	121
FIGURA 28 .....	41	FIGURA 79 .....	121
FIGURA 29 .....	42	FIGURA 80 .....	122
FIGURA 30 .....	43	FIGURA 81 .....	124
FIGURA 31 .....	45	FIGURA 82 .....	125
FIGURA 32 .....	46	FIGURA 83 .....	126
FIGURA 33 .....	49	FIGURA 84 .....	127
FIGURA 34 .....	50	FIGURA 85 .....	128
FIGURA 35 .....	52	FIGURA 86 .....	129
FIGURA 36 .....	53	FIGURA 87 .....	130
FIGURA 37 .....	54	FIGURA 89 .....	135
FIGURA 38 .....	55	FIGURA 90 .....	136
FIGURA 39 .....	58	FIGURA 91 .....	136
FIGURA 40 .....	59	FIGURA 92 .....	137
FIGURA 41 .....	60	FIGURA 93 .....	137
FIGURA 42 .....	61	FIGURA 94 .....	138
FIGURA 43 .....	62	FIGURA 95 .....	140
FIGURA 44 .....	63	FIGURA 96 .....	141
FIGURA 45 .....	64	FIGURA 97 .....	142
FIGURA 46 .....	65		
FIGURA 47 .....	66		
FIGURA 48 .....	69		
FIGURA 49 .....	70		
FIGURA 50 .....	73		
FIGURA 51 .....	73		

# INTRODUCCIÓN

El aguacate Hass se ha consolidado como la variedad dominante en el mercado mundial, representando aproximadamente el 80% de la producción global (DECCO, 2016), y más del 95% de los aguacates consumidos en Estados Unidos. Su popularidad radica en su sabor, textura, durabilidad y resistencia al frío, características que lo hacen ideal para los mercados de exportación (AVOCADOS, 2025).

La producción mundial de aguacate ha experimentado un aumento significativo, triplicándose desde el año 2000 (Hammami et al., 2025). En 2022, la producción global se estimó en 8,69 millones de toneladas métricas, un incremento del 7,2% con respecto al año anterior. Este crecimiento se atribuye principalmente a la expansión de las áreas cosechadas, ya que los rendimientos promedio se han mantenido relativamente estables. Las proyecciones indican una tendencia alcista continua, esperándose que la producción mundial alcance los 12 millones de toneladas para 2030 (PRODUCEPAY, 2021).

La producción de aguacate Hass está influenciada por un delicado equilibrio de condiciones climáticas y de suelo, requiriendo climas templados con temperaturas moderadas, suelos bien drenados y ricos en nutrientes, y suficiente luz solar. Las prácticas agrícolas, incluyendo la poda, la gestión del agua, el control de plagas y la adopción de tecnología, también desempeñan un papel crucial en la optimización del rendimiento. El cambio climático presenta un desafío creciente, con el aumento de las temperaturas, la alteración de los patrones de precipitación y la mayor presión de plagas y enfermedades que afectan la producción en diversas regiones (FrutyGreen, 2025; Howden et al., 2005).

Esta guía aborda los principales temas desde el establecimiento de viveros hasta el manejo postcosecha, tanto a nivel agronómico como prácticas culturales afianzadas en la producción de aguacate Hass en Costa Rica; abarca prácticas establecidas en la zona de Los Santos como retos por superar en las zonas montañosas de Heredia.

# 1.VIVERO O INVERNADERO:

El establecimiento y manejo adecuado del vivero es uno de los pasos de mayor importancia en el establecimiento de una plantación de aguacate. El objetivo de un buen vivero es generar un árbol de calidad para el establecimiento de la plantación. Para establecer un vivero de aguacate es importante contar con instalaciones aptas para tal fin y es fundamental tener claro que toda área que se destine a esta actividad debe estar registrado ante el Servicio Fitosanitario del Estado en cumplimiento al Decreto 33927-MAG (Sánchez 2022). A continuación, se mencionan algunos de los puntos más relevantes a tomar en consideración en el establecimiento y mantenimiento de un vivero:



Figura 1: Plántulas de aguacate hass.

# SELECCIÓN Y PREPARACIÓN DEL SITIO DEL VIVERO:

Para tener éxito en la selección y preparación de las plantas que serán utilizadas para el desarrollo del cultivo de aguacate (vivero), es ideal que se tomen las siguientes precauciones:

1. Que el vivero esté ubicado en un lugar protegido por el viento.
2. Muy buena exposición al sol durante el día con un mínimo de 3-5 horas de luz solar directa.
3. La temperatura ideal oscila entre 20° y 30°C durante el día y entre 15° y 20° durante la noche.
4. Altura entre los 800 y 2500 msnm, con el fin de contrarrestar los problemas asociados con enfermedades de las raíces.
5. La humedad relativa (HR) entre el 75% y 80%. La HR es lo que afecta la sensación que sienten las plantas de la temperatura (caliente - frío).



Figura. 2: Condiciones para un vivero de aguacate. (Gemini,2025).

# INSTALACIONES:

Además del espacio ideal para el crecimiento de las plantas que se utilizarán para abastecer los cultivos se debe contar con una bodega de agroquímicos y con el espacio suficiente para almacenar los productos que serán utilizados en el desarrollo de las plantas. El diseño y organización de la misma debe ajustarse a normas alineadas con BPA's (Buenas Prácticas Agrícolas) establecidas por el Servicio Fitosanitario del Estado, y adjunto encontrará un diseño ideal de un vivero en campo.

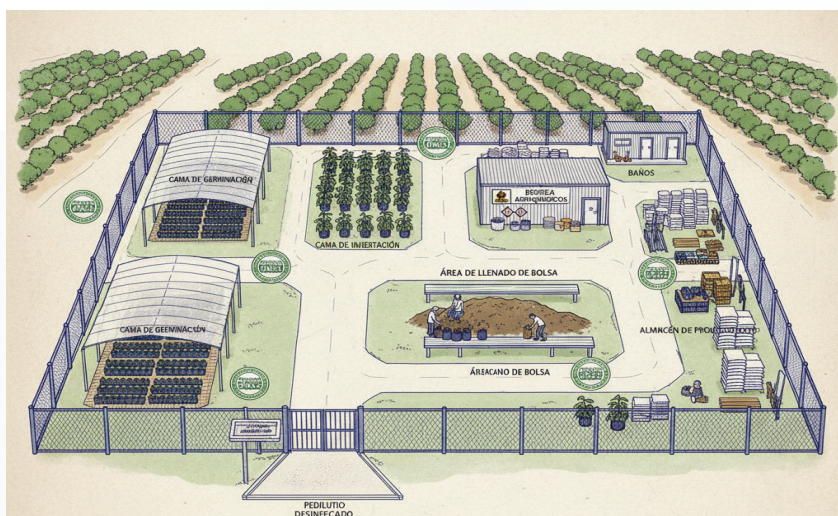


Figura. 3: Diseño para un vivero de aguacate, (Gemini, 2025)

**Como se puede observar en la figura anterior es necesario contar con:**

1. Un lugar para el recibimiento de materiales.
2. Un ingreso controlado con pediluvio (desinfección de visitantes).
3. Espacio para camas de germinación.
4. Una zona para almacenamiento de herramientas e insumos.
5. Servicios sanitarios.
6. Sector de llenado de bolsas.
7. Área de trasplante.
8. Despacho de plántulas.

## Medidas de seguridad:

Para proteger y asegurar la calidad del vivero, se debe tomar en cuenta lo siguiente:

El vivero debe estar completamente cerrado, para evitar el ingreso de personas ajenas o animales. El vivero debe contar con una sola entrada. Todo viverista debe colocar a la entrada del vivero un pediluvio para facilitar la desinfección al momento de ingresar al vivero. Se recomienda utilizar una solución de sulfato de cobre al 10%, productos a base de yodo al 1% o sales cuaternarias de 200-400 ppm.



Figura. 4: Pediluvio de desinfección para ingreso a vivero, cabe mencionar que es obligatorio el paso por el pediluvio (vivero finca José A. Fallas, 2025).

# VIVERO

## Sustrato:

Los sustratos son materiales que permiten el anclaje, almacenamiento, suministro de agua y aire al sistema radicular de las plantas durante su crecimiento en el vivero. Una buena mezcla de sustratos, permite obtener un material sano y vigoroso para establecer el cultivo (MAG, 2018). Lo más recomendable es utilizar materiales como fibra de coco, granza de arroz u otros materiales inertes que permitan la extracción de las plántulas sin que sufran ningún daño de raíz en el caso de los bancos de germinación (Ureña, 2009).

## Materiales recomendados para sustrato:

Tomando en cuenta las características que debe reunir una buena mezcla para sustrato en la etapa de vivero, se citan a continuación los principales materiales:

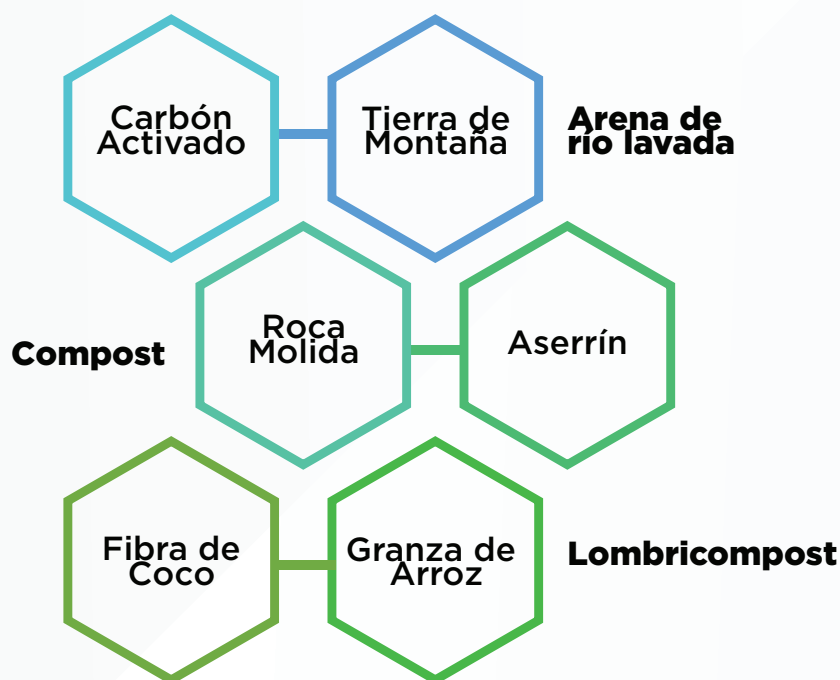


Figura. 5: Materiales para el sustrato en almácigos

\*\*Cuando se utilice compost, el material debe estar completamente madurado y balanceado para disminuir al máximo problemas fitosanitarios. En el caso de los bancos de germinación, también puede utilizarse arena lavada (Recomendación de viverista Jhon Vargas).

## Preparación y desinfección del sustrato

La preparación y desinfección del sustrato son etapas cruciales para el establecimiento de un vivero de aguacate Hass de calidad, ya que las plántulas de aguacate son altamente susceptibles a enfermedades transmitidas por el suelo, como la *Phytophthora cinnamomi*. Para asegurar la sanidad y el vigor de las plántulas, se deben emplear técnicas sostenibles que minimicen el impacto ambiental y promuevan la salud de la planta a largo plazo.

### Composición recomendada:

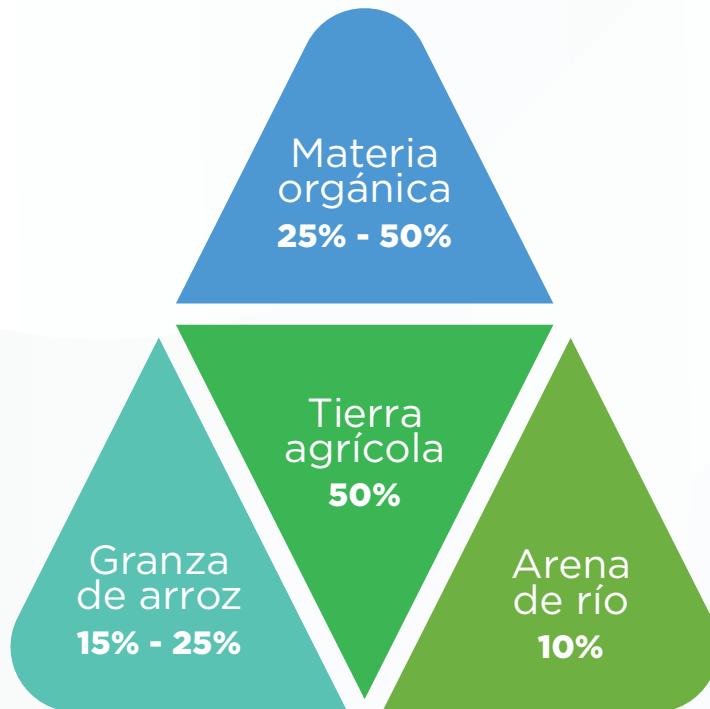


Figura. 6: Composición de sustrato para almácigos de aguacate.

### Proceso de mezcla:

- Es recomendable realizar una prueba de análisis físico-químico y biológico de la mezcla.
- Los ingredientes deben mezclarse de manera uniforme, preferiblemente en capas y luego volteando.
- Una vez hecha la mezcla, se debe cubrir los días suficientes para que la temperatura alcance los 70°C, y durante al menos 3-4 horas continuas, para garantizar la desinfección de la misma.

## Técnicas Sostenibles de Desinfección del Sustrato

La desinfección es fundamental para eliminar patógenos especialmente (*Phytophthora cinnamomi*) y otros, malezas y plagas.

**Métodos Físicos: Solarización:** Descripción: Consiste en extender el sustrato en una capa delgada (no más de 50 cm de altura si es en montículos, o capas más delgadas si es extendido) sobre una superficie expuesta directamente al sol y cubrirlo con plástico transparente (polietileno) bien sellado en los bordes para atrapar el calor, esto con el fin de evitar cualquier contaminación.

### Sostenibilidad:

Es una técnica ecológica que no utiliza químicos y aprovecha la energía solar.

### Tiempo de aplicación:

Se recomienda exponer el sustrato al sol y voltearlo periódicamente para que todo el material reciba los rayos solares. El tiempo puede variar entre (45-60 días), dependiendo de la intensidad solar y la temperatura alcanzada. Algunas fuentes mencionan 33 días. Como consideración adicional, se debe tomar en cuenta que se requiere de periodos de alta radiación solar y una medición constante de la temperatura "70°C, durante 3 horas.

**Vapor de agua o agua hirviendo:** Descripción: Consiste en aplicar vapor de agua o agua hirviendo directamente sobre el sustrato y cubrirlo posteriormente con tal de aprovechar el calor del agua y optimizar la desinfección.

### Sostenibilidad:

No deja residuos químicos. Requiere una fuente de calor, por lo que depende de la energía utilizada.

### Tiempo de aplicación:

Para el agua hirviendo, es un proceso rápido al momento de aplicación. Para vapor, depende del sistema, sin embargo, los tiempos rondan entre 30 mins-2 horas para asegurar la penetración y el calor deseado.

### Desinfección química:

La selección adecuada de productos fitosanitarios es crucial para la desinfección y el manejo integrado de plagas que podrían afectar la calidad del sustrato. La técnica más utilizada para desinfección de sustrato por productores es el uso de agroquímicos, por esta razón se han seleccionado los ingredientes activos (IA) cruciales para la desinfección o protección inicial del sustrato o semillas en la etapa de vivero, los cuales tienen funciones fungicida o bactericida de contacto o sistémica (Servicio Fitosanitario del Estado (MAG), 2025) A continuación, se muestra en la tabla 1 algunos ejemplos de productos recomendados:

Tabla 1. Recomendación de productos para desinfección del sustrato y suelos para viveros (Servicio Fitosanitario del Estado (MAG), 2025)

Ingrediente Activo (IA)	Función Principal	Modo de Acción (MoA) Clave	Relevancia en Vivero
Benomil	Fungicida (Sistémico)	Benzimidazol: Interfiere en la división celular del hongo	Protección sistémica de la semilla/plántula contra patógenos de raíz y tallo. Nota: Varias marcas están CANCELADAS.
Captan	Fungicida (Protectante)	Interfiere en procesos enzimáticos y la respiración de los patógenos	Clave para el tratamiento de semillas antes de la siembra para prevenir la pudrición temprana.
Carbendazina	Fungicida (Sistémico)	Interfiere en procesos enzimáticos y la respiración de los patógenos	Protección sistémica de plantas jóvenes contra hongos del suelo
Hidróxido de Cobre	Fungicida/Bactericida (Protectante)	Protectante por contacto y multisitio. Los iones Cu <sup>2+</sup> dañan enzimas y proteínas de los patógenos	Usado como protector del sustrato/planta joven contra enfermedades fúngicas y bacterianas, incluyendo la pudrición de raíz (Phytophthora)
Oxicloruro de Cobre	Fungicida/Bactericida (Protectante)	Protectante por contacto y multisitio. Mecanismo similar al Hidróxido de Cobre	Protección de plantas jóvenes y desinfección en condiciones de alta humedad
Oxitetraciclina	Bactericida (Antibiótico)	Antibiótico. Inhibe la síntesis de proteínas bacterianas	Componente de formulaciones (a menudo con Estreptomina y Cobre) para el control de enfermedades bacterianas en plántulas. Nota: Un registro fue CANCELADO
Extracto de Semilla de Cítricos/Naranja	Biofungicida/Biocida	Natural. Sus compuestos desorganizan las membranas celulares de los patógenos	Alternativa biológica para la desinfección inicial de sustratos, semillas, o herramientas contra hongos y bacterias

### Incorporación de microorganismos benéficos:

Después de la desinfección física (solarización, vapor) o química, es crucial re-colonizar el sustrato con microorganismos benéficos para suprimir patógenos y promover el crecimiento de las plántulas.

# Restauración Biológica del Suelo para el Aguacate

Beneficios de inocular con Trichoderma y Micorrizas post-desinfección química.



## Paso 1: Suelo Post-Desinfección

Se elimina la vida microbiana, creando un "vacío biológico". El suelo queda estéril y vulnerable.



## Paso 2: Inoculación Estratégica

Se introducen microorganismos benéficos para que colonicen el suelo antes que los patógenos.



### Trichoderma spp.

#### El Bio-Fungicida y Estimulante

- Control** Compite, parasita y produce antibióticos contra **Biológico:** hongos patógenos como \*Phytophthora\*.
- Estimulación** Libera hormonas que promueven el crecimiento de nuevas raíces.
- Solubiliza** Hace que el fósforo y otros micronutrientes sean **Nutrientes:** más fáciles de absorber por la planta.



### Micorrizas

#### El Bio-Fertilizante y Protector

- Expansión** Sus hifas extienden el alcance de las raíces, **Radicular:** mejorando la absorción de agua y nutrientes.
- Barrera** Forma una capa física sobre la raíz que dificulta **Protectora:** la entrada de patógenos.
- Mejora el Suelo:** Agrega las partículas del suelo, mejorando su estructura, aireación y retención de agua.



## Resultado: Un Ecosistema Equilibrado

La sinergia de estos microorganismos resulta en un cultivo de aguacate más fuerte, resiliente y productivo.



- **Suelo Vivo y Supresivo:** Se restablece un equilibrio que inhibe enfermedades.
- **Planta Fuerte y Nutrida:** Sistema radicular robusto y nutrición óptima.
- **Mayor Resiliencia:** Mejor tolerancia al estrés por falta de agua y enfermedades.
- **Potencial Productivo:** Bases sólidas para un mayor crecimiento y rendimiento.

Figura. 7 Infografía ilustrativa sobre los beneficios en la inoculación del suelo con microorganismos eficientes (generado con IA, 2025).

## Selección y Preparación de Semillas para Patrones

### Selección y manejo de semilla

El árbol de aguacate consta de dos partes desde el punto de vista genético: un patrón el cual proviene de la germinación de una semilla con características de resistencia y adaptabilidad deseadas al sitio donde se establecerá la plantación; y un injerto el cual se desarrollará sobre el patrón y el cual se elige a partir de características de productividad y calidad deseadas por el productor.

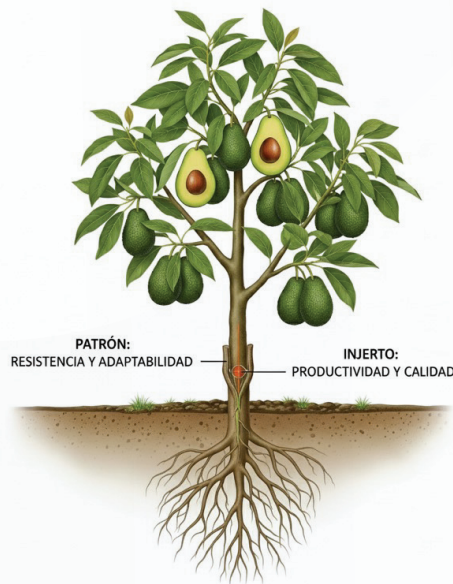


Figura. 8: Composición genética y fenotípica del árbol de aguacate (Gemini, 2025).

La calidad del patrón es un pilar fundamental para el desarrollo y la productividad futura del árbol de aguacate. Las semillas deben provenir de frutos de aguacate vigorosos y sanos, que hayan alcanzado la madurez fisiológica y que por lo menos hayan tenido tres ciclos consecutivos de producción con el objetivo de garantizar semillas con altos porcentajes de germinación por encima del 90%. Es preferible que provengan de árboles donadores de semilla reconocidos y registrados, lo que asegura uniformidad genética y sanitaria. Es crucial evitar el uso de semillas de frutos tiernos, enfermos o aquellos que hayan caído al suelo, ya que pueden estar infectados con patógenos (Díaz, 2021; Garbanzo, 2011; Rojas et al., 2012).

Además; es ideal seleccionar semillas de frutos de origen conocido, no debe utilizar frutos obtenidos en los mercados.

Se deben descartar frutos sobre-maduros, con necrosis o pudriciones de corteza, o que presenten daño por insectos especialmente barrenadores (figura 10). Se recomienda que los frutos cosechados se almacenen en lugares frescos y aireados para evitar una sobre maduración y/o crecimiento de microorganismos.



Figura. 9: Fruto de aguacate para descarte por presentar perforaciones por insectos, (Agrosavia, 2025)

La extracción de semillas se realiza de forma manual; una vez extraída la pulpa, las semillas deben lavarse a fondo con agua y una solución detergente para eliminar cualquier residuo, seguido de un enjuague con agua limpia (Agrosavia, 2025). Posteriormente, se recomienda sumergirlas en una solución de yodo al 2% por uno o dos minutos a una dosis de 5 cc por cada litro de agua, o utilizar fungicidas en polvo como Carboxin y Captán a una dosis de 10 g/kg de semilla. Para controlar barrenadores de semillas, se puede considerar la adición de un insecticida durante la desinfección. Es importante considerar el uso de un insecticida residual como Tiametoxam para evitar el ataque de insectos. Posteriormente, se dejan secar a temperatura ambiente, bajo sombra entre 24-48 hrs. Se recomienda que las superficies se desinfecten con una solución de hipoclorito de sodio al 3% (Montero & Chaves, 2015).

## Limpeza y desinfección de la semilla



Figura 10. Proceso optimizado para el tratamiento de semillas.

## Germinación

La germinación de las semillas se hace en Bancos de Germinación, los cuales son estructuras hechas con el fin de contener una columna de sustrato, normalmente arena u otro material inerte. Los bancos pueden fabricarse con tablas de madera, baldosas de cemento entre otros. La duración de la semilla en el banco de germinación es de 1 mes aproximadamente, para que posteriormente sea trasladada a la bolsa de vivero.

La eliminación de la cubierta de la semilla (figura 3) es una práctica recomendada por algunos técnicos y expertos, ya que, según su perspectiva previene malformaciones radiculares, sin embargo, es importante mencionar que esta práctica también genera costos adicionales y según otros reportes la diferencia no compensa la práctica. Para semillas Hass, se sugiere retirar la cabeza de la base y el ápice después de un secado inicial (Jiménez, 2025)). Esta es una práctica comúnmente utilizada entre algunos viveristas, con el fin de facilitar la germinación de la misma. Esta práctica debe hacerse con el cuidado de no dañar el embrión de la semilla.



Figura. 11: Corte apical de la semilla de aguacate(Sotomayor et al., 2019)



Figura. 12: Cama de semillas ya desinfectadas y con el ápice cortado listas para germinación(Agrosavia, 2025)

# PRÁCTICAS PARA MEJORAR LA GERMINACIÓN



Figura. 13: Puntos críticos a considerar en el tratamiento de semillas (Agrosavia, 2025)



Figura. 14: Germinación de semilla en bancos de arena (foto tomada de vivero Jhon Vargas; 2025)

Previo a su traslado a bolsa, debe hacerse una selección de las semillas germinadas, utilizando tres criterios principales de selección:

1. Semillas con una única raíz pivotante, semillas con raíz doble o múltiple deben ser descartadas.
2. Semillas con un único tallo, semillas con más de un tallo se deben descartar.
3. Semillas con raíces quebradas o dañadas deben ser descartadas.
4. Cuando la semilla abre arriba (5-10mm) ya tiene raíz abajo por lo que la planta debe estar libre de hongos y con un embrión avanzado.

### Tamaño y colocación de bolsas

Las bolsas para vivero deben ser de material plástico o polietileno de color negro de calibre 300-600 micras. El tamaño de la bolsa va a depender del tiempo que se piensa mantener los árboles creciendo en el vivero, por lo que es importante considerar que la bolsa debe tener suficiente altura; para proveer a la planta buen espacio para un buen desarrollo radicular. Algunas opciones recomendadas como tipo de bolsas son: 22 X 36 cm., ó 22 X 43 cm.

Es fundamental que las bolsas tengan perforaciones (se sugieren 10 agujeros distribuidos en la base y a 10 cm de la misma) para asegurar un drenaje adecuado y evitar el exceso de humedad. El proceso de llenado de las bolsas debe seguir pasos específicos: primero, se llena el 10-20% de la bolsa y se compacta el sustrato. Finalmente, se llena la bolsa por completo, golpeándola para asentar el sustrato y se añaden 4 litros de agua por bolsa, para eliminar bolsas de aire y asegurar una buena humectación (Díaz,2021).

El llenado de las bolsas con el sustrato se debe realizar de tal forma que no se contamine, por lo que el personal debe guardar todas las normas de inocuidad pertinentes a esta labor. Se deben aislar las bolsas del suelo, para lo cual, se recomienda utilizar baldosas o plástico para evitar que el exceso de humedad y hongos del suelo suban a las bolsas. Las eras deben tener suficiente altura para que el agua de lluvia no llegue a las bolsas (Cerdas Araya et al., 2014; Díaz, 2021; Montero & Chaves, 2015; Ureña, 2009).

Se recomienda colocarlas en bancales elevados, dispuestos en dos hileras, para facilitar las labores culturales y asegurar una buena circulación de aire.



Figura. 15: Colocación de bolsas en hileras separadas para facilitar la aireación y labores culturales. Vivero Jhon Vargas, 2025.

## TRANSPLANTE DE LA SEMILLA A LA BOLSA

El trasplante se debe realizar apenas emerja el tallo, para evitar que la raíz se pueda quebrar. Esta práctica se efectúa cuando la plántula tiene alrededor de 6 hojas bien formadas. Es importante colocar una marca en el tronco de la planta para evitar siembras muy profundas y poder mitigar futuros problemas de raíces. Al momento del trasplante es necesario desinfectar la raíz en una solución fungicida que sea efectivo contra hongos del suelo, para reducir la incidencia de *Fusarium* spp. Cada semilla se debe sembrar en bolsas indicadas a una profundidad de 15 cm aproximadamente según el largo de la raíz (Jiménez, 2025; Retana, 2022).

De forma inmediata se debe cubrir con sustrato, asegurándose que el ápice se cubra por completo para evitar la quema por sol y que no queden espacios vacíos alrededor de la semilla y la raíz, para evitar problemas de acumulación de agua y consecuentes problemas fitopatológicos (Retana, 2022).

Se recomienda después del trasplante efectuar un riego con una solución a base Captan o alternativas biológicas como *Trichoderma*. (Rojas et al., 2012). Cuando las plántulas tienen alrededor de cuatro a seis meses están listas para injertarse, otro indicador puede ser el grosor del tallo (1.5 cm). Dentro de las ventajas y desventajas de la siembra en viveros se pueden mencionar:

### Ventajas:

- Mayor tasa de supervivencia en vivero (frente a la siembra directa)
- Uniformidad y calidad de las plantas
- Control de plagas y enfermedades en etapa temprana
- Optimización del uso de semillas/material genético
- Período de entrada en producción más corto (para injertadas)

### Desventajas:

- Mayor costo inicial por planta
- Posible estrés por trasplante
- Sistema radicular potencialmente restringido (si no se maneja bien)
- Mayor logística y cuidado durante el traslado y la plantación
- Riesgo de introducción de enfermedades si el vivero no es sanitario

Otro método es la siembra directa la cual consiste en sembrar la semilla del patrón en campo. Una vez que el patrón tiene un buen tamaño, se realiza el injerto directamente en campo. Existen ventajas y desventajas asociadas al método de siembra directa:

### Ventajas:

- Desarrollo radicular robusto y profundo (patrón fuerte)
- Menor costo inicial (semilla vs. árbol de vivero)
- Mayor vigor vegetativo del patrón (y del injerto)
- Variabilidad genética como potencial para la resiliencia (a nivel de patrón)

### Desventajas:

- Susceptibilidad a *Phytophthora cinnamomi*
- Falta de uniformidad del patrón
- Mayor tiempo para preparar el patrón para injertar en comparación a los patrones clonales
- Incompatibilidad con ciertas variedades de injerto

Una de las ventajas es que la planta en el campo va a desarrollar una mejor raíz y como desventaja se puede mencionar que este tipo de establecimiento requiere mayores cuidados como la colocación de barreras físicas contra el ataque de animales silvestres. De igual forma es recomendable seguir el mismo protocolo de desinfección y re-inoculación de suelo mencionados anteriormente.



Figura. 16: Semilla de siembra directa en campo. Finca Manuel Espinoza, 2025.



Figura. 17: Barreras de protección contra animales en general, Finca Manuel Espinoza, 2025.

# RIEGO Y FERTILIZACIÓN

El sistema de riego que permite proveer de manera precisa y eficiente el recurso hídrico y en el momento oportuno es el sistema de goteo. Para el caso del vivero, este consiste de líneas principales de distribución de las cuales se derivan líneas secundarias de riego tipo pajillas o espagueti (Montero & Chaves, 2015; Retana, 2022).



Figura 18. Sistema de riego y fertilización.  
Finca Manuel Espinoza, 2025.

Por lo general se utilizan cintas de riego con separación entre los goteros de 25-30 cm. En cada gotero se colocan cuatro pajillas, dos por cada árbol. Es importante destacar la necesidad de tener un sistema de goteo en buen funcionamiento por lo que la descarga de los goteros y su limpieza antes de colocar las plántulas dentro de la bolsa es crucial. Lo más común es el uso de ácido nítrico o ácido fosfórico en dosis de 0.5 lts a un litro o ácido nítrico al 55-65%.

NOTA: Nunca limpiar los goteros cuando las plantas estén dentro de la bolsa.

En caso de no contar con sistema de riego, es necesario mantener constante monitoreo de la humedad del sustrato. La frecuencia de riegos manuales depende del clima y del estado de desarrollo de la planta, sin embargo, como medida general se pueden considerar riegos cada dos o tres días (Retana, 2022).

Algunos productores también optan por colocar sistema de riego por aspersión cuando se trata de siembra de semilla directamente en campo. En caso de no contar con riego al momento de siembra se debe priorizar el monitoreo constante y realizar riegos manuales cuidando la humedad del suelo.



Figura. 19: Sistema de riego por aspersión instalado foto tomada en Finca de Manuel Espinoza, 2025.

En los sistemas de riego por aspersión se deben contemplar aspectos importantes sobre su aplicación:

### **VENTAJAS DE RIEGO POR ASPERSIÓN:**

- Los sistemas de aspersión bien diseñados y operados pueden lograr una eficacia de aplicación del 70-85%, ya que, el agua se distribuye de manera más uniforme.
- Es versátil y puede adaptarse a una amplia gama de tipos de suelo, desde arenosos hasta arcillosos, además de operar eficientemente en terrenos con topografías onduladas o pendientes moderadas.
- Permite la aplicación simultánea de fertilizantes solubles (fertiirrigación).
- En climas cálidos y secos, el riego por aspersión puede utilizarse para enfriar el microclima alrededor de las plantas, reduciendo el estrés térmico.

### **DESVENTAJAS:**

- Susceptibilidad a las condiciones climáticas. Una parte del agua aplicada puede evaporarse antes de llegar al suelo
- Alto costo de inversión inicial, principalmente en bombas, tuberías, aspersores y filtros. Además los costos energéticos de bombeo son generalmente más altos que en sistemas de riego por goteo.
- Existe un riesgo latente de propagación de enfermedades foliares por la alta humedad que se desarrolla en el ambiente.
- Ineficiencia en suelos con alta velocidad de infiltración o baja capacidad de retención, principalmente en los suelos arenosos.
- Problemas de obstrucción en aspersores y alta necesidad de mantenimiento. Las partículas de suciedad, algas o depósitos minerales pueden obstruir los aspersores si el agua no es filtrada adecuadamente.

# NUTRICIÓN

La aplicación de nutrientes durante la producción de plantas de aguacate debe basarse en los requerimientos nutrimentales para esta fase de desarrollo, apoyándose en los análisis de suelo o sustrato, agua de riego y foliares de las plantas de vivero. El sistema radicular del aguacate es escaso y superficial, careciendo de pelos absorbentes, por lo que es sensible a la asfixia radicular (González, 2021). La absorción se realiza a través de los tejidos primarios de las puntas de las raíces; por esto el aguacate requiere de alta cantidad de nutrientes de rápida disponibilidad para satisfacer su crecimiento. Las raíces del aguacate son extremadamente sensibles a la cercanía de altas concentraciones de fertilizante; por lo que, se recomienda aplicar el fertilizante en el mayor número de fracciones posibles, especialmente el nitrogenado, a fin de reducir el daño por quemaduras y además de disminuir el efecto de pérdidas por lavado.

El siguiente cuadro detalla un programa base de nutrición en vivero de finca de José A. Fallas. Es importante señalar en cuanto a las fórmulas fertilizantes, que la dosis recomendada a utilizar es de 5 kg en 200 litros de agua. A cada árbol se le aplican 3 onzas de mezcla en cada ciclo. La fórmula alta de fósforo es fundamental para el desarrollo radicular y para cubrir los requerimientos energéticos y de desarrollo inicial de la planta. Por otro lado, una fórmula balanceada como el hidrocomplex permite suplir las necesidades para un desarrollo vegetal estructural vigoroso.

Tabla 2. Programa de fertilización para viveros durante 21 semanas utilizado en finca José A. Fallas, zona de Los Santos

Cronograma de Aplicación de Insumos																					
Insumo	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
Enraizador	X																				
Fórmula 13-40-13		X									X			X							
Fórmula Hidrocomplex					X		X	X												X	

## PATRÓN - PORTAINJERTO

El árbol está compuesto por un patrón-portainjerto y una variedad injerto. En el caso del patrón o portainjerto, se trata de una variedad elegida con características de adaptabilidad a la zona de cultivo y de resistencia a enfermedades.

Siguiendo las recomendaciones, se obtienen características fisicoquímicas en los sustratos recomendados, que permiten mejor desarrollo de los portainjertos, alcanzando diámetro de injertación de 1.5 cm en adelante a una altura de 25-40 cms desde la base del tallo.

## BANCO DE YEMAS

Un banco de yemas se refiere a los futuros brotes vegetativos que se utilizan para el injerto. El injerto es una técnica de multiplicación vegetativa, muy utilizada en los frutales para mantener las características de la planta madre, por lo que las varetas madre deben provenir de plantas sanas. Las varetas, son pequeños trozos de tallo con yemas, deben obtenerse de árboles adultos sanos y productivos, preferiblemente mayores de cinco años, y libres de plagas y enfermedades (Sotomayor et al., 2019).

Las varetas seleccionadas para la implementación deben provenir de crecimientos desarrollados del ciclo anterior, haber llegado a la madurez fisiológica y mostrar detención del crecimiento apical, las yemas deben estar ligeramente hinchadas, no brotadas. Finalmente, deben tener el calibre acorde al patrón donde serán injertadas con al menos tres yemas potenciales para la brotación (Sotomayor et al, 2019).

Una vez seleccionado el material propagativo, se procede a córtalo del árbol madre, luego se eliminan las hojas maduras remanentes de las varetas, para ello se emplea una tijera de podar que debe ser desinfectada con alcohol al 70% para prevenir la transmisión de enfermedades.



Figura20. Porta injerto, foto tomada en finca de Manuel Espinoza, 2025.



Figura. 21: Selección de yemas según los estándares mencionados (Sotomayor et al., 2019).



Figura. 22: Vareta de aguacate (Sotomayor et al., 2019)



Figura. 23: Varetas en papel humedecido (Sotomayor et al., 2019)

La injertación es la técnica clave para la propagación de aguacate Hass y otras variedades, permitiendo combinar las características deseables de un patrón (resistencia a enfermedades, adaptación edáfica) con la calidad del fruto de la variedad Hass.

### TÉCNICAS DE INJERTO RECOMENDADAS

Existen varias técnicas de injerto efectivas para el aguacate, siendo la elección dependiente de la experiencia de injertador y las condiciones del vivero:

#### INJERTO DE CHAPA LATERAL:

Se realiza un corte de 3 a 4 cm en el tallo del patrón, retirando la corteza (cáscara y parte de la madera. La vareta se prepara con un corte lateral (al lado) del mismo largo, formando una cuña que encaja en el patrón. La unión debe ser lo más precisa posible, y se amarra firmemente con cinta plástica. Los cortes y la punta de la vareta se sellan con pintura vinílica mezclada con fungicida. Opcionalmente se puede cubrir el injerto con una bolsa plástica perforada para mantener la humedad (Jiménez, 2025; Rojas et al., 2012).



Figura. 24. Injerto lateral o cuña. a) corte en el patrón en modo de cuña, b) inserción y amarre de la yema, c) cicatrización del injerto, d) corte del patrón (Sotomayor et al, 2019)

## INJERTO DE PÚA TERMINAL

En esta técnica se realiza un corte recto en la parte superior del patrón (abriéndolo en el medio) y luego un corte de 2-4 cm de profundidad en el centro. La vareta se corta en forma de cuña de la misma longitud. Se inserta la vareta en el corte del patrón, asegurando que ambas partes coincidan y se amarran firmemente con cinta plástica flexible. Finalmente se coloca una bolsa plástica sobre el injerto para proteger (Rojas et al., 2012).



Figura. 25. Ejemplo de injerto de Púa Terminal (estilo cuña), foto tomada en vivero de José A. Fallas, 2025

## INJERTO LATERAL:

Se realiza un corte ligeramente profundo e inclinado en el patrón, y la vareta se prepara para encajar perfectamente. Se alinea y se amarra firmemente. Este patrón permite múltiples injertos en un mismo patrón.

Para este injerto, se procede a realizar la púa en la base de la vareta de 3 cm de largo, y en el patrón, a 30 cm de altura, en uno de los lados del tallo, se hace un corte para que se desprenda la corteza en aproximadamente 3 cm de largo, formando una lengüeta, donde se inserta la púa. Luego, se procede a envolver la cinta plástica flexible que ayudará a mantener juntos los tejidos para la cicatrización y formación del callo. Finalmente, se coloca la funda plástica en la vareta injertada. (Morera, 2004)

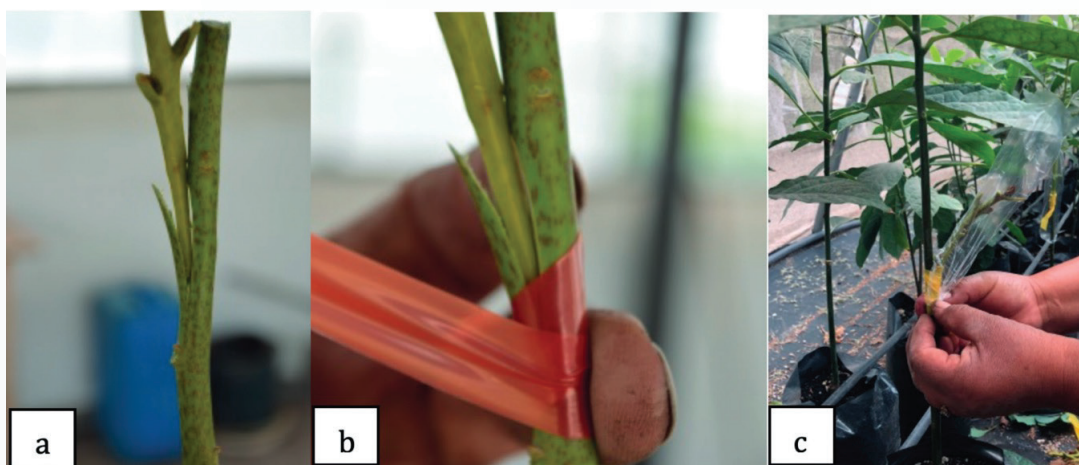


Figura. 26. Proceso de injertación en púa lateral \_a) colocación de la vareta, b) sellado con cinta, c) colocación de la bolsa protectora (Sotomayor et al., 2019)

Independientemente del tipo de injerto realizado, una vez que se coloca la cinta en el injerto, se procede a colocar una bolsa plástica con tamaño ajustado sobre la vareta injertada con el fin de generar un ambiente que evite la deshidratación del mismo, y en seguridad una bolsa de papel que protege el injerto de la luz solar. La bolsa de papel se retira aproximadamente entre 15 y 22 días después del injerto, y la bolsa plástica una vez que el injerto emita las primeras hojas.

## OTRAS TÉCNICAS DE PROPAGACIÓN:

Existen técnicas que aún no se han popularizado en Costa Rica, sin embargo, siguen siendo opciones que se desarrollarán en un futuro cercano.

### DOBLE INJERTACIÓN:

La doble injertación consiste en realizar dos injertos en secuencia para crear una planta compuesta por tres partes:

1. Patrón: La raíz y parte del tallo.
2. Interinjerto ( Patrón intermedio ó interstock): Un trozo de tallo de una variedad o clon diferente, injertado sobre el patrón inferior.
3. Injerto superior: La variedad comercial deseada (en este caso, 'Hass'), injertada sobre el inter-injerto.

Primero se injerta el inter-injerto (un segmento de tallo de 10-20 cm) sobre el patrón inferior (que ya tiene su sistema radicular). Este injerto debe prender y cicatrizar. Una vez que el inter-injerto ha crecido y madurado lo suficiente, se realiza un segundo injerto con la púa de la variedad Hass sobre la parte superior del inter-injerto.

Como ventajas asociadas a este sistema se pueden mencionar que ayuda a superar la incompatibilidad de algunas combinaciones de patrón-variedad, en dónde el inter-injerto puede servir como 'Puente'. También el inter-injerto puede aportar resistencia a enfermedades del tallo (ej. Gomosis) o a plagas. Sin embargo, es una técnica más compleja, costosa y laboriosa, con dos operaciones de injerto, lo que aumenta el tiempo en vivero y el riesgo de fallas.

## PROPAGACIÓN IN VITRO:

La técnica de propagación in vitro (micropropagación), en aguacate Hass permite la producción masiva de plantas a partir de pequeñas secciones de tejido vegetal bajo condiciones controladas de laboratorio.

Consiste en establecer pequeños fragmentos de hojas, tallos, yemas de una planta madre o patrón específico, se desinfectan y se colocan en un medio de cultivo estéril, posteriormente bajo condiciones controladas de luz y temperatura, los fragmentos se desarrollan y se induce a la multiplicación de brotes a partir de ellos. Estos brotes se subdividen y se subcultivan repetidamente para generar un gran número de plántulas idénticas. Una vez que se tienen suficientes brotes, se transfieren a un medio de cultivo para inducir la formación de raíces.

Este sistema permite generar un número extremadamente alto de plantas genéticamente idénticas (clones) en un espacio reducido y en un tiempo relativamente corto. Al trabajar en condiciones estériles, se pueden obtener plantas libres de patógenos que podrías estar presentes en la planta madre. Por otro lado permite la introducción de nuevas variedades al permitir su rápida multiplicación. Sin embargo es una técnica muy especializada y requiere de personal altamente capacitado, infraestructura de laboratorio costoso y un control ambiental estricto. La aclimatización es una fase crítica donde pueden perder muchas plantas si no se maneja correctamente.



Figura 27. Ejemplos de injertos, foto tomada en vivero de José A. Fallas, 2025.

# MANEJO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES

El monitoreo es fundamental para un buen manejo de las plagas y enfermedades, y así detectar la necesidad de implementar estrategias de control.

Además, es importante controlar las condiciones estructurales y de ambiente que puedan favorecer la incidencia de plagas y enfermedades. Por ejemplo, evitar encharcamientos dentro del vivero, evitar contacto entre la bolsa y el suelo, favorecer la aireación del invernadero, evitar condiciones que puedan ser un foco de plagas alrededor del vivero entre otros.

El uso de repelentes orgánicos no es frecuente en esta etapa; sin embargo, se puede considerar una aplicación cada tres semanas para un manejo preventivo de minadores del tallo, trips y otros insectos voladores.

Al tercer y cuarto mes de crecimiento después del trasplante, se pueden presentar problemas como trips y ácaros. Por lo cual se deben realizar aplicaciones con productos de bajo impacto ambiental en etapas tempranas de la infestación, por ejemplo sales potásicas en el caso de los trips y azufre para el control de ácaros, sin embargo, en situaciones de alta densidad poblacional se debe hacer uso de productos de acción translaminar (los productos translaminares una vez aplicados puede moverse a través de la hoja y está presente en los ambos lados (caras) de la hoja, afectando los insectos que estén presentes (Retana, 2022).

Para efectos fungicidas, si el monitoreo determina la necesidad de aplicar control a nivel foliar, se puede utilizar moléculas como Carbendazina, Azoxystrobin, y Azufre 80%.

A nivel de insecticidas, las herramientas de mayor uso para trips y ácaros principalmente, suelen ser imidacloprid+ deltametrina y abamectina.

## 2. ESTABLECIMIENTO DE PLANTACIONES

El éxito del cultivo de aguacate Hass depende de las condiciones de suelo y clima, del lugar de siembra, así como; comprender y seleccionar aspectos fundamentales para el crecimiento óptimo y la productividad. A continuación, se abordarán algunos aspectos básicos en cuanto a los requerimientos ideales para el cultivo:

### PRE ESTABLECIMIENTO DE LA PLANTACIÓN

#### Selección del terreno

Un punto crucial en el establecimiento y desarrollo de plantaciones de aguacate es la selección del terreno con las condiciones físicas, químicas y biológicas adecuadas. Es necesario evitar suelos o terrenos con altos contenidos de arcilla >30%, ya que retienen mucha humedad y generan condiciones de poca oxigenación (anaerobiosis) y facilitan la pudrición radicular, por lo que se requiere una alta capacidad de infiltración, pH de 5,5-7,0 y con alto contenido de materia orgánica (5-10%) (IICA, 2019; MAG, 2018).

#### Suelo y su análisis

La variedad Hass requiere de suelos con una profundidad no menor a 1,5 metros en terrenos planos y al menos 1 metro en terrenos con inclinación mayor a 25%. Es importante considerar que se necesita un análisis de suelo antes de iniciar y/o establecer una plantación de aguacate. Esto con el fin de poder contar con la información adecuada. Los suelos ideales son de tipo franco (un suelo franco es aquel que tiene una mezcla balanceada de partículas de arena-limo-arcilla), francos arenosos, franco-arcilloso. Esto se obtiene de un resultado de análisis físico-químico y biológico del suelo y se realizan en los laboratorios. (Garbanzo, 2011; Retana, 2022; Ureña, 2009).

El incremento de la materia orgánica es una forma para mejorar los componentes físico-químico y biológico del suelo, además de, mejorar la disponibilidad y absorción de nutrientes, por lo que es altamente recomendable su aplicación.

La cantidad a utilizar depende de la economía del productor, sin embargo, se puede considerar de 2 kg/árbol al momento de trasplante y 50 kg/árbol, distribuidos en diferentes épocas del año en plantaciones en desarrollo (Montero & Chaves, 2015).



Figura. 28. Ejemplo de suelo profundo y franco. Foto tomada en finca de productor William Hernández, 2025.



Figura. 29. Suelo con materia orgánica incorporado, ejemplo de textura ideal en suelos aguacateros, foto tomada en finca de José A. Fallas, 2025.

## Clima y temperatura

El aguacate Hass se desarrolla en climas tropicales. Lo que significa que tienen temperaturas cálidas y templadas durante casi todo el año. Esto hace que Costa Rica tenga un clima favorable por su alta humedad y las lluvias abundantes, aunque varíen durante el año.

Las temperaturas ideales para un buen crecimiento del cultivo se sitúan entre los 14°C y los 24°C (Marakas, 2017). Si la temperatura estuviera por debajo de los 17°C constantes se pueden generar problemas de cuajado de los frutos, en caso contrario las temperaturas por encima de los 36°C afectan negativamente la fecundación del polen y el cuajado (Jiménez, 2025). La variedad Hass es particularmente sensible a los cambios bruscos de temperatura, por eso es idóneo incorporar aplicaciones de Silicio, Potasio, Calcio y Boro en momentos diferentes como medida compensatoria al estrés. También se ha documentado que el uso de aminoácidos es beneficioso para reducir el estrés en el aguacate Hass.

## La altitud

Se recomienda que el aguacate se cultive en altitudes entre los 1300 y 2300 msnm. Sin embargo, las plantaciones de aguacate priorizan la temperatura por encima de la altura. Existen casos de importancia en el país en donde se producen aguacate Hass en los 700 msnm.

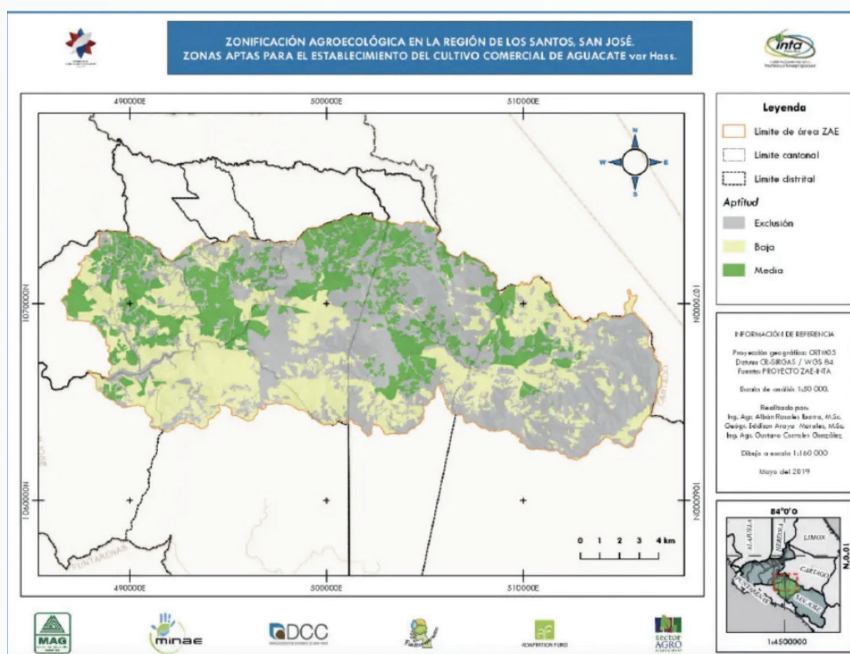


Figura. 30. Mapa zonificado con zonas catalogadas como ideales para el cultivo de aguacate según INTA.

## La precipitación

La cantidad de precipitación (lluvia) necesaria para el cultivo del aguacate Hass en Costa Rica puede variar según la región y condiciones climáticas locales. Por lo general es un cultivo que requiere abastecimiento de agua entre 2500-400 mm con buena distribución para mantener una humedad continua en el suelo (Jiménez, 2025).

Por ejemplo la época lluviosa en Costa Rica abarca de mayo a noviembre, mientras que la estación seca se va de diciembre a abril (Valenciano, 2009). En promedio el Valle Occidental es más lluvioso (2300 mm), que el Valle Oriental (1700 mm). Sin embargo, el Valle Oriental posee más días con lluvia y posee mayor precipitación durante los meses de diciembre, enero y febrero producto de una mayor influencia del Caribe. Por su parte la precipitación lava las bases del suelo y como medida compensatoria es importante aumentar el monitoreo para identificar anomalías dentro de la plantación.

## El viento

El viento es un factor ambiental significativo para el cultivo de aguacate. Se requiere de viento moderado, ya que, las ráfagas fuertes pueden provocar la caída prematura de flores y frutos, la ruptura de ramas, y la quemazón de hojas y brotes jóvenes.

Además, vientos constantes y a velocidades superiores a 20 km/h pueden causar deshidratación, lo que impide la fecundación y la formación adecuada de frutos (Bartoli, 2008; Garbanzo, 2011; MAG\_Guatemala, 2017). El viento aumenta la evaporación del suelo y transpiración foliar (hojas), generando un estrés hídrico incluso en condiciones de humedad aparente adecuada. Los árboles pierden su capacidad de regular el agua, lo que agrava el estrés. Por otro lado, el viento al provocar quemazón de hojas y su posterior caída, disminuye la capacidad fotosintética (capacidad de generar energía), causando de esta manera una recuperación más lenta de los árboles. Este estrés causa un debilitamiento del sistema radicular (raíces) y aumenta la vulnerabilidad a plagas y enfermedades, como barrenadores, bacterias y hongos.

Es importante poder disponer de barreras rompevientos en la medida de lo posible, ya sean naturales (con plantas) o artificiales (mallas o geotextiles) alrededor de la finca. Un manejo adecuado de la poda de formación es crucial para crear una estructura compacta, con ramas no muy largas y a una altura manejable. También existen abonos estimulantes a base de aminoácidos u otros bioestimulantes de la vegetación que ayudan el fortalecimiento del árbol y su capacidad de recuperación.



Figura. 31: Protección de cultivo con barreras rompeviento artificial\_ foto tomada en la finca Don Manuel, 2025.

## Sistema de siembra

### Preparación del terreno antes de siembra

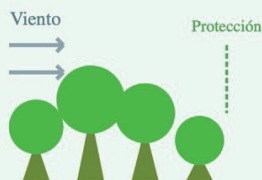
Según (Ureña, 2009), se debe preparar el terreno, para lo cual deben haber realizado las labores de infraestructura como barreras rompeviento, canales de ladera, caminos entre otras actividades previo a la siembra.

# Infografía: Preparación Pre-Siembra del cultivo

Una preparación adecuada del terreno es fundamental para el éxito del cultivo. Considera estos aspectos clave antes de la siembra:

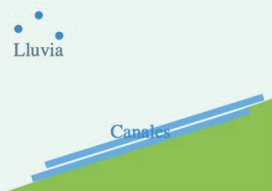
## Barreras Rompeviento

Protegen el cultivo de vientos fuertes, reduciendo el estrés en las plantas y la erosión del suelo.



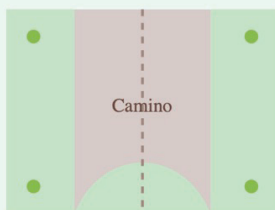
## Canales de Ladera

Previenen la erosión del suelo en terrenos inclinados y manejan el flujo de agua de lluvia.



## Caminos y Vías de Acceso

Facilitan el tránsito de personal y maquinaria, optimizando las labores de manejo y cosecha.



## Eliminación de Malezas

Es crucial eliminar la competencia por nutrientes, agua y luz para un desarrollo óptimo del cultivo.



Figura 32. Preparación pre-siembra del cultivo

- Tener identificado el lugar de siembra con el fin de poder elegir el tiempo adecuado para sembrar. Una recomendación sería sembrar a inicios del invierno para reducir la afectación de veranos largos y secos.
- Tener ya definido la distancia de siembra. Si se considera un manejo más intenso en cuanto a podas y el material proviene de patrones con características en rai antes se recomienda utilizar altas densidades de siembra.

## La distancia de siembra

Los arbolitos están listos para el trasplante entre cuatro y seis meses después de haber sido injertados, o entre ocho y doce meses si se desarrollan fuera de vivero. El espaciamiento adecuado entre árboles es vital para permitir un buen desarrollo y una óptima ventilación. Las distancias de plantación varían según el tipo de suelo, la topografía, el vigor de la variedad y las condiciones ambientales. Las distancias comunes oscilan entre 6x6 m, 7x9m. Otros rangos incluyen 6x7m entre árboles , 7x7m, 10x5m, 6x3m y 4x6m (CENTA, 2025; Gardiazabal, 2025).

Tabla 3. Comparación de diferentes densidades de siembra bajo dos esquemas diferentes (cuadrado y tres bolillos).

Tabla Comparativa de Densidad y Rendimiento para Aguacate Hass			
Esquema de Siembra	Esquema de Siembra	Árboles/Hectárea (aprox.)	Rendimiento Estimado en Plena Producción (ton/ha/año)
Cuadrado	7 x 9	159	7 - 9
	6 x 7	238	8 - 11
	4 x 6	417	10 - 13
Tresbolillo	7 x 9	184 (+15%)	8 - 10
	6 x 7	275 (+15%)	9 - 12
	4 x 6	482 (+15%)	11 - 15

Nota: Los rendimientos son estimaciones para plantaciones de aguacate “Hass” maduros (año 7 en adelante). La producción puede variar drásticamente según el manejo de la poda, que es crucial para la entrada de luz; la nutrición balanceada, que sostiene la floración y el cuajado; un sistema de abastecimiento de agua que evite el estrés hídrico y una adecuada polinización.

Cada esquema tiene sus ventajas y desventajas dentro de los cuales se mencionarán algunos ejemplos:

## Ventajas:

- Facilidad de mecanización: Ideal para el paso de los tractores y maquinaria en dos direcciones perpendiculares. Esto simplifica y agiliza labores críticas en el aguacate como la fumigación para control de plagas y enfermedades.
- Sencillez de diseño: Debido a su trazado simple y rápido en campo, el margen de error se reduce durante el establecimiento del cultivo y asegura una alineación perfecta.

## Desventajas:

- Menor densidad de población: Se desaprovecha una porción significativa del terreno, resultando en un menor número de árboles por hectárea.
- Mayor exposición al viento: El aguacate Hass es muy sensible al daño por viento, lo que provoca la caída de los frutos, además, el roce entre ellos genera cicatrices que deprecian su valor comercial.

## Tresbolillo:

### Ventajas:

- Maximización del rendimiento: Permite sembrar un 15% más de árboles, lo que se traduce directamente en un mayor potencial de cosecha.
- Mejor aprovechamiento de recursos: La distribución equidistante de los árboles crea un dosel más uniforme para interceptar la luz solar de forma más eficiente, promoviendo el crecimiento de las plantas.

### Desventajas:

- Se restringen las labores mecanizadas por lo que los costos se pueden ver incrementados.
- Requiere mayor planificación debido a la complejidad del trazado en campo por lo que el diseño puede verse afectado a lo largo del desarrollo del cultivo.
- Al haber más árboles por área, dependiendo del microclima baja la capacidad fotosintética por auto sombreado.

# Infografía: Distancias de Plantación Óptimas

Claves para maximizar el rendimiento y la salud de sus cultivos.

## La Importancia de la Distancia Correcta

La distancia de plantación es un factor crítico que influye directamente en el desarrollo de los cultivos, la eficiencia del uso de recursos y la productividad general. Una planificación adecuada asegura que cada planta tenga el espacio necesario para crecer, acceder a la luz solar, nutrientes y agua, y facilita las labores de manejo.

## Rangos de Distancias Comunes

Las distancias de plantación más frecuentes oscilan entre:

**7m x 9m**

## Factores Clave que Influyen en la Distancia



### Tipo de Suelo

La composición y fertilidad del suelo afectan el crecimiento radicular y la absorción de nutrientes.



### Topografía

Pendientes y desniveles pueden requerir ajustes para prevenir la erosión y optimizar el riego.



### Vigor de la Variedad

Variedades más vigorosas o de mayor porte necesitan más espacio para su desarrollo óptimo.



### Condiciones Ambientales

Clima, luz solar y disponibilidad de agua impactan directamente en el espaciamiento.

## Otros Rangos de Plantación Mencionados

Además de los sistemas cuadrados, existen otras configuraciones de distancia utilizadas según las necesidades específicas del cultivo y las condiciones del terreno:

- 6-7m entre árboles
- 10m x 5m
- 6m x 6m
- 7m x 7m
- 6m x 3m
- 4m x 6m

## Conclusión: Adaptabilidad es Clave

La elección de la distancia de plantación ideal no es un valor fijo, sino una decisión estratégica que debe considerar múltiples factores. Adaptar el espaciamiento a las condiciones específicas de cada sitio es fundamental para el éxito y la sostenibilidad del cultivo.

Figura 33. Distancias de plantación óptimas,

### La construcción de mini terrazas individuales

En terrenos con pendiente se deben realizar montículos de 1,5-2,0 mts de diámetro para el trasplante de los árboles. No es recomendable montículos de menor tamaño porque se pueden perder los fertilizantes aplicados por la escorrentía, además, en época seca la conservación de la humedad es menor (Montero & Chaves, 2015; Ureña, 2009). Sin embargo, según la experiencia de algunos productores en Costa Rica, los cultivos con terrazas individuales no responden de la manera esperada, por lo cual, ellos alegan que el cultivo responde mejor sin terrazas, es mejor trabajar en las especificaciones del desagüe y/o en la compactación del suelo.



Figura. 34. Trasplante de árboles de aguacate en la construcción de mini terrazas y/o montículos (Retana, 2022)

## El tamaño del hueco

Los huecos deben tener dimensiones adecuadas, los cuales serán basados según el tamaño de la bolsa, así será el tamaño del hueco. Es crucial desinfectar los huecos antes de la siembra, utilizando métodos como cal, ceniza, o productos fúngicos-bactericidas para tal fin.

## La desinfección del hueco

Tabla 4. Productos aprobados para la desinfección de suelo en Costa Rica para el cultivo de aguacate (Servicio Fitosanitario del Estado (MAG), 2025)

Ingrediente Activo (IA)	Función Principal	Modo de Acción (MoA) Clave
Benomil	Fungicida (Sistémico)	Benzimidazol: Interfiere en la división celular del hongo
Captan	Fungicida (Protectante)	Interfiere en procesos enzimáticos y la respiración de los patógenos
Carbendazina	Fungicida (Sistémico)	Interfiere en procesos enzimáticos y la respiración de los patógenos
Hidróxido de Cobre	Fungicida/Bactericida (Protectante)	Protectante por contacto y multisitio. Los iones Cu <sup>2+</sup> dañan enzimas y proteínas de los patógenos
Oxicloruro de Cobre	Fungicida/Bactericida (Protectante)	Protectante por contacto y multisitio. Mecanismo similar al Hidróxido de Cobre
Oxitetraciclina	Bactericida (Antibiótico)	Antibiótico. Inhibe la síntesis de proteínas bacterianas
Extracto de Semilla de Cítricos/Naranja	Biofungicida/Biocida	Natural. Sus compuestos desorganizan las membranas celulares de los patógenos

## Forma de siembra

Al sembrar el árbol debe quedar ligeramente levantado del nivel del suelo, formando una especie de volcán. El nivel del terreno debe coincidir con el nivel del sustrato del vivero, evitando enterrar el injerto. Esta técnica minimiza el exceso de humedad alrededor del cuello de la planta y promueve un desarrollo radicular más vigoroso. Es fundamental compactar ligeramente el suelo que se va incorporando en el hueco para evitar bolsas de aire que puedan causar el hundimiento del árbol (Asociación de productores de aguacate, 2009; Garbanzo, 2011).



Figura 35. Trasplante de árbol de aguacate  
(Generado con la IA), 2025

Generalmente, no se recomienda aplicar abono en el momento de la plantación, ya que la planta ya se encuentra bajo estrés por el trasplante y esto podría perjudicarla. Sin embargo, algunos sugieren incorporar compost para proporcionar nutrientes durante el primer año, y/o aplicaciones de nutrientes como fósforo, zinc, y hierro como estimulantes de raíces junto a la materia orgánica.(Marakas, 2017). Existen algunos suelos muy pobres en materia orgánica, por lo que sí es importante incorporar alguna enmienda junto a fertilizante y MO, para crear una reserva que las raíces buscarán al momento de iniciar su crecimiento.

El uso de tutores es beneficioso para corregir el crecimiento torcido del tallo durante los primeros seis meses y para apoyar la formación correcta del árbol en sus primeros años de vida. Los tutores son particularmente útiles en zonas con problemas de vientos, ya que protegen a los arbolitos de posibles daños.

## Pasos a seguir para el primer año de establecida la plantación

El mantenimiento del cultivo después de la siembra no es difícil, se deben tener cuidados básicos como:

- Control de arvenses “malas hierbas”:
- Se recomienda utilizar control mecánico (chapeas), teniendo siempre el cuidado de no causar heridas en los arbolitos.
- No se recomienda el uso de herbicidas en esta etapa, en caso de tener pastos, se podría usar un graminicida.c

Uso de tutores:

- Es importante cuidar las plantas del viento en su primer año de establecimiento, esto evita que se quiebren.
- La lluvia también juega un factor importante.



Figura. 36. Aspectos importantes sobre cuidados en el establecimiento de la plantación. Generado con la IA, 2025.

### Formación del árbol:

- Lo ideal es iniciar la poda después de transcurrido el primer año a una altura de 0,8-1 metro de altura.
- Se deben dejar entre 3-4 ramas, dando la formación de vaso (cono invertido).

### Control de plagas:

- Se recomienda un monitoreo constante del tallo y hojas.
- También la presencia y ataque de trips y ácaros.
- El ataque de trips se identifica por decoloraciones (pérdida de color verde) a lo largo de las nervaduras (amarillamiento).
- Bronceado irregular y cicatrices en ambas caras de la hoja.
- En algunos casos se pueden observar manchas de color rojizo-anaranjado formando parches.
- Recordar siempre apoyarse en el técnico asesor de confianza.



Figura. 37. Ataque de ácaros. (Jiménez, 2025)

### Control de enfermedades:

- La antracnosis es la más común en este estado del árbol.
- Para evitar que se propague se debe procurar una buena nutrición y evitar excesos de aplicaciones de nitrógeno.
- En caso de presentar antracnosis, se deberá utilizar un fungicida específico para su control. Dicho tratamiento será profundizado en la sección de plagas y enfermedades.
- En el primer año es más recurrente la *Rhizoctonia solani*, por lo que es importante las prácticas de observación para el anillamiento de la base.
- Evitar el estrés del árbol mediante un riego adecuado y un buen manejo de suelo ayuda a la prevención de la diplodia, un hongo que causa la "la muerte regresiva" o "seca de ramas" y provoca el marchitamiento y secado de las ramas.



Figura 38. Daño por antracnosis en hoja (Sotomayor et al, 2019)

### 3. MANEJO DE CULTIVO

La fenología (se define como la etapa en la que una planta presenta cambios particulares, como la brotación de yemas, la floración o la maduración del fruto). En el cultivo de aguacate Hass se identifican 5 estados principales, como los son:

- **Crecimiento vegetativo:** El árbol invierte energía en la formación de nuevas hojas, tallos y raíces. Es un período de intenso crecimiento y desarrollo
- **Inducción de yemas/ floral:** En esta etapa el árbol manifiesta si florecerá o continuará con su etapa de crecimiento
- **Cuajado:** Es donde las flores fecundadas se transforman en fruto
- **Llenado del fruto:** El fruto empieza a crecer en tamaño y peso
- **Maduración del fruto:** Comienza la acumulación de aceite incrementando el porcentaje de materia seca

Estas etapas pueden superponerse, acortarse o prolongarse significativamente en función de las condiciones climáticas locales y el manejo agrícola.

Para intervenir eficazmente en el proceso reproductivo, es esencial identificar y comprender las etapas clave del desarrollo floral, por lo cual se detallará a continuación (Salazar et al., 2007):

#### **Etapas de desarrollo floral:**

El desarrollo fenológico del aguacate 'Hass' en entornos tropicales como Costa Rica requiere una comprensión profunda de la relación entre la fisiología de la planta, las condiciones climáticas específicas y las necesidades nutricionales críticas. Una de las fases más susceptibles es la floración y es necesario mitigar (contrarrestar) el estrés que la planta puede sufrir en esta etapa con el fin de maximizar la tasa de cuajado y por consiguiente conseguir un promedio adecuado de tonelaje de producción por área de siembra.

Es importante entender que el aguacate 'Hass' presenta un patrón de floración singular, clasificado como Tipo A. Este patrón implica que la flor tiene dos aperturas distintas para promover la polinización cruzada: primero funciona como flor femenina (estigma receptivo) durante la mañana del día 1, cierra al mediodía, y luego reabre como flor masculina (liberación de polen, estambres erectos) en la tarde del día 2. Para lograr una polinización eficiente y maximizar el cuajado, es fundamental que el polen esté disponible durante la fase femenina. En Costa Rica, donde la fenología no está definida por inviernos severos, es común observar dos flujos de floración principales: una primera oleada entre agosto y setiembre, y una segunda, igualmente relevante, entre diciembre y enero. La estrategia más efectiva consiste en incorporar variedades polinizantes de tipo B (como 'Fuerte' ó 'Booth ocho') dentro de la plantación de 'Hass' Tipo A. Si bien se ha sugerido que la presencia de polinizadores Tipo B no es estrictamente indispensable, su inclusión ha demostrado mejorar la polinización y el cuajado de frutos (Solís, 2016). Además se recomienda la incorporación del Ettinger siendo una de las variedades más utilizadas.

### **Diferenciación de Yemas y Pre-Floración (Inducción)**

Esta etapa abarca desde la observación del hinchamiento de las yemas hasta la elongación inicial de la panícula floral, justo antes de la apertura de los botones (Antesis).

El éxito de esta etapa es predictivo; el control de trips durante la alta humedad impacta directamente en la sanidad de la floración posterior. Al reducir la población de la plaga en el suelo a través de hongos entomopatógenos durante el período de pupación, se minimiza la necesidad de aplicaciones químicas intensivas durante la Antesis, protegiendo así los polinizadores naturales (Retana, 2022).

Tabla 5. Puntos clave a considerar en la primera etapa de floración (Solís, 2016).

5 Puntos Clave para Etapa I	
<b>1. Inducción de Estrés Hídrico Controlado</b>	Mantener un estrés hídrico moderado, sin llegar a la desecación total, es crucial para concentrar la floración, especialmente en el trópico. Una rehidratación controlada debe seguir al observar la elongación de la panícula.
<b>2. Evaluación y Corrección Foliar</b>	Es indispensable realizar análisis foliares. Antes de la demanda energética de la floración, el Fósforo (P+) debe estar en el rango óptimo del 0.15%-0.18% y el Potasio (K+) en el rango 0.81%-1.09%, según los estándares INTA/MAG para altos rendimientos
<b>3. Control de Trips con Sulfocal Preventivo</b>	La aplicación de Sulfocal a dosis bajas (por ejemplo, 1 litro por caneca de 200 litros) se recomienda exclusivamente en esta fase, cuando los primordios florales son visibles, pero antes de la Antesis, para reducir la población inicial de Trips sin dañar las flores abiertas.
<b>4. Aporte Basal de Micronutrientes Críticos</b>	Se debe asegurar la disponibilidad de Fósforo y Zinc (Zn), ya que son vitales para el desarrollo de la yema floral. El Zinc foliar debe situarse idealmente entre 20 y 51 ppm.
<b>5. Monitoreo Fitosanitario Anticipatorio</b>	Aprovechar las condiciones de alta humedad (HR) de Costa Rica (generalmente de mayo a junio) para el control biológico de Trips. La aplicación de hongos entomopatógenos como <i>Beauveria bassiana</i> es efectiva en estas condiciones y reduce la población base antes de las floraciones de agosto-septiembre y diciembre-enero.



Figura 39. Etapa de inducción floral y Pre-floración Brotación floral y desarrollo de la inflorescencia (Candelabro y botón cerrado), (Foto tomada en finca de José A. Fallas, 2025).

## Brotación floral (Botón cerrado)

Es esta fase, la panícula floral está completamente desarrollada y los botones están listos para abrir, exigiendo recursos que aseguren la calidad del polen y la viabilidad del óvulo. En esta etapa las yemas que se diferenciaron en la etapa anterior comienzan a desarrollarse visiblemente.

Tabla 6. Puntos clave a considerar en la segunda etapa de floración (Haifa Negev technologies, 2025).

5 Puntos Clave para Etapa II	
<b>1. Inversión en Calidad de Polen (Boro)</b>	Se debe aplicar Boro (B) de forma foliar antes de la Antesis, ya que es crucial para la germinación eficiente del polen y la elongación del tubo polínico. El Boro debe estar presente en las estructuras florales dada su baja movilidad en el árbol. La tasa de extracción es de 0.08 kg de B por tonelada de fruta.
<b>2. Reactivación Cautelosa del Riego</b>	Si se ha inducido estrés hídrico para concentrar la floración, se deben iniciar riegos ligeros para asegurar una humedad constante del suelo, evitando la compactación. Esto previene el aborto floral causado por un déficit hídrico repentino en la panícula en desarrollo.
<b>3. Balance N/K para Reducir Competencia</b>	La gestión nutricional debe mantener el Nitrógeno (N) en el límite inferior del rango óptimo (cerca del 1.94%), para evitar la activación de flushes vegetativos vigorosos que competirían con el desarrollo reproductivo. Se prioriza el aporte de Potasio (K).
<b>4. Protección contra Ácaros (Ovicidas)</b>	El monitoreo de ácaros es vital, especialmente si hay estrés térmico o hídrico. Se recomienda un plan de manejo secuencial que combine la aplicación de ovicidas (como Acaristop, que afecta el embrión del huevo) con acaricidas adulticidas (como Avermectinas) para un control integral de la población.
<b>5. Evitar Fitotoxicidad Química</b>	No deben aplicarse extractos orgánicos o compuestos químicos fuertes en esta fase. Dosis elevadas pueden causar daño abrasivo a las estructuras florales emergentes, comprometiendo la calidad de la floración.



Figura. 40. Etapa de brotación y diferenciación de yemas (Foto tomada en finca de José A. Fallas, 2025).

## Antesis (Floración abierta) y receptividad floral

Esta es la etapa crítica de polinización y fecundación. Las inflorescencias que se desarrollaron en la etapa anterior abren sus flores, listas para la polinización, con suerte, la eventual formación de frutos. La aplicación de Calcio durante la Antesis es una estrategia estructural de calidad, pero su eficacia está ligada al manejo hídrico. Es importante buscar apoyo con el técnico de confianza durante esta etapa. Hay un riesgo inminente de aborto si no se absorbe adecuadamente el Ca por un transporte deficiente del mineral dentro de la planta (Yara CR, 2025).

Tabla 7. Puntos clave en la tercera etapa de floración (Cultiflor, 2025)

5 Puntos Clave para Etapa III	
<b>1. Liberación Estratégica de Polinizadores</b>	La liberación de colmenas de <i>Apis mellifera</i> y/o abejas nativas (Meliponini, como <i>Tetragonisca angustula</i> ) debe sincronizarse con la floración masiva (cuando el 80% de los árboles inician la Antesis). Se recomienda una densidad de dos colonias por hectárea, separadas aproximadamente 200 metros.
<b>2. Aplicación Estructural de Calcio</b>	El Calcio (Ca) debe aplicarse mediante fertirrigación o foliar con fuentes de alta solubilidad. Este es el momento óptimo porque la alta transpiración de las flores asegura que el Ca, que se mueve por el xilema, llegue a las estructuras reproductivas antes de que se selle el pericarpio.
<b>3. Manejo Hídrico de Precisión (Monitoreo)</b>	La gestión hídrica debe ser altamente precisa para evitar el estrés que causa el aborto fisiológico. El productor puede usar la prueba de la mano: si la tierra se compacta al apretarla, hay suficiente humedad. Se debe esperar varios días sin regar si la humedad es adecuada.
<b>4. Protección Total de Polinizadores</b>	Es obligatorio suspender la aplicación de cualquier producto insecticida o acaricida durante las horas pico de vuelo (generalmente mañanas), para salvaguardar la actividad de <i>Apis mellifera</i> y los polinizadores nativos.
<b>5. Optimización de la Polinización Cruzada</b>	Además de las variedades Tipo B, es beneficioso conservar la flora acompañante (arvenses y vegetación nativa) en los bordes del cultivo. Esto asegura una fuente continua de alimento y mantiene la salud y actividad de las colonias de polinizadores en Costa Rica.



Figura. 41. Floración (Antesis-Polinización) (Foto tomada en finca de José A. Fallas, 2025).

## Cuajado inicial y desarrollo del fruto

Este período se caracteriza por un rápido crecimiento inicial del fruto, siendo sumamente vulnerable a plagas específicas y al raleo fisiológico (Garbanzo, 2011; Retana, 2022).

Tabla 8. Puntos clave en la cuarta etapa de floración (Garbanzo, 2011)

5 Puntos Clave para Etapa IV	
<b>1. Prolongación del Aporte de Calcio</b>	El suministro de Calcio y Potasio debe continuar hasta aproximadamente 75 días después del amarre del fruto. Durante este periodo, la fruta puede seguir incorporando Ca para mejorar la integridad de la pared celular, lo que aumenta la resistencia a patógenos y mejora la calidad postcosecha.
<b>2. Monitoreo de Plagas de Fruto</b>	Se requiere una vigilancia intensiva contra plagas que atacan directamente al frutillo, como el Barrenador pequeño de la semilla ( <i>Conotrachelus perseae</i> ) y la mosca que induce el "pepinillo" ( <i>Bruggmanniella perseae</i> ). El daño en esta etapa resulta en frutos deformes e inviables.
<b>3. Inicio de Programas de Engorde</b>	La estrategia nutricional transiciona hacia altos requerimientos de Potasio (K), manteniendo el Calcio. El Potasio es vital para el llenado y engorde del fruto, con niveles foliares óptimos entre 0.81% y 1.09%.
<b>4. Control del Exceso de Humedad (Lluvias)</b>	Esta etapa frecuentemente coincide con la intensificación de las lluvias en CR. Es crucial asegurar que el drenaje en el campo sea óptimo para evitar condiciones de estrés por anegamiento, lo cual es una causa directa de caída de frutos.
<b>5. Gestión de Raleo Fisiológico</b>	Una cierta proporción de caída de frutillos es un raleo natural de la planta para manejar la carga de producción. La intervención solo es necesaria si la caída es excesiva y claramente correlacionada con un factor de estrés (hídrico, térmico o nutricional desequilibrado).



Figura. 42. Etapa de cuaje (Foto tomada en finca de José A. Fallas, 2025).

## Podas

La poda es una eliminación planificada de brotes, ramas y troncos, según sea el objetivo deseado. Se clasifican según la edad del árbol, esta labor se recomienda iniciarla desde el primer año de desarrollo del árbol después de trasplante. Se tienen identificados tres tipos de podas principales, uno de formación otro de mantenimiento/saneamiento y el último es de renovación (Retana, 2022).

Para esta labor, puede utilizarse herramientas de recortado tales como tijeras, serrucho rabo de zorro, o sierras, y debe ser obligatorio la continua desinfección del equipo de corta para evitar la transmisión de enfermedades de un árbol a otro. Por otro lado, se debe desinfectar las heridas mayores para evitar el desarrollo de enfermedades. Se puede preparar una pasta mezclando pintura de aceite, agua, y algún elemento fungicida a base de cobre. Una vez mezclados homogéneamente, se aplican con ayuda de una brocha sobre las heridas principales.



Figura. 43. Corte de poda con cura antihongos

## Poda de Formación del árbol

La poda de formación del árbol se hace una vez que se ha establecido la plantación y cuando el árbol emite sus primeras ramas o ejes en los primeros tres años de edad, esta poda se considera una continuidad de la poda recomendada durante el primer año. (Asociación de productores de aguacate, 2009; Bartoli, 2008; Garbanzo, 2011). Esta se realiza cuando el árbol alcanza los primeros 80 cm y consiste en seleccionar entre 3 y 4 ramas principales las cuales serán la estructura base del árbol. Se eliminan ramas que competirían con los ejes seleccionados y se hace una buena distribución inicial de la copa de tal manera que se facilite la entrada de luz en el árbol y las labores de manejo. Se recomienda dejar las ramas en dirección de los puntos cardinales.



Figura. 44. Uno de los principales productores de aguacate en Costa Rica, explicando en campo el sistema de poda en plantaciones jóvenes, (José A. Fallas, 2025).

## Poda de mantenimiento/ saneamiento

La poda de mantenimiento tiene como objetivo eliminar ramas cruzadas entre sí o que se desarrollan hacia el interior de la copa del árbol (aclareo) como por ejemplo las ramas bajas, ramillas secas o muy densas (Retana, 2022; Ureña, 2009). Puede realizarse una vez al año. Esta poda mejora la ventilación del árbol, y no afecta la producción si se hace correctamente. Para esto debe hacerse al menos dos meses antes de que el árbol entre en fase reproductiva y evitar que los puntos de crecimientos se vuelvan vegetales y no reproductivos. Es importante recalcar que la poda se debe realizar una vez haya pasado el pico de floración, de esta manera se estimula los nuevos brotes y la producción futura, mejorando la iluminación (ventaneo) y controla el microclima y sanidad del árbol (Ureña, 2009).



Figura. 45. Uno de los principales productores de aguacate en Costa Rica, explicando en campo el sistema de poda en plantaciones jóvenes, (José A. Fallas, 2025).

## Poda de Renovación

Esta poda se realiza en árboles envejecidos con claro agotamiento foliar o en plantaciones con una arquitectura de difícil manejo y cosecha. La poda consiste en la eliminación total de las ramas que se ubican por encima de los 2.5 a 3.5 mts de altura, y se dejan las ramas bajas.

Cuando se considere que la poda es muy agresiva para el árbol es oportuno realizar la actividad durante el cuarto menguante y colocar pasta fúngica en los cortes para evitar problemas fitosanitarios. Asimismo, es conveniente pasarles a los troncos pintura blanca de agua para evitar la quema del tronco. Estos cortes se deben realizar con herramientas bien afiladas para evitar rajaduras, en diagonal y sin dejar restos de tejido. (Retana, 2022). También se debe mencionar que no todos los árboles se recuperan, ya que, en algunos casos podrían estar afectados por hongos y no por agotamiento (Ureña, 2009).

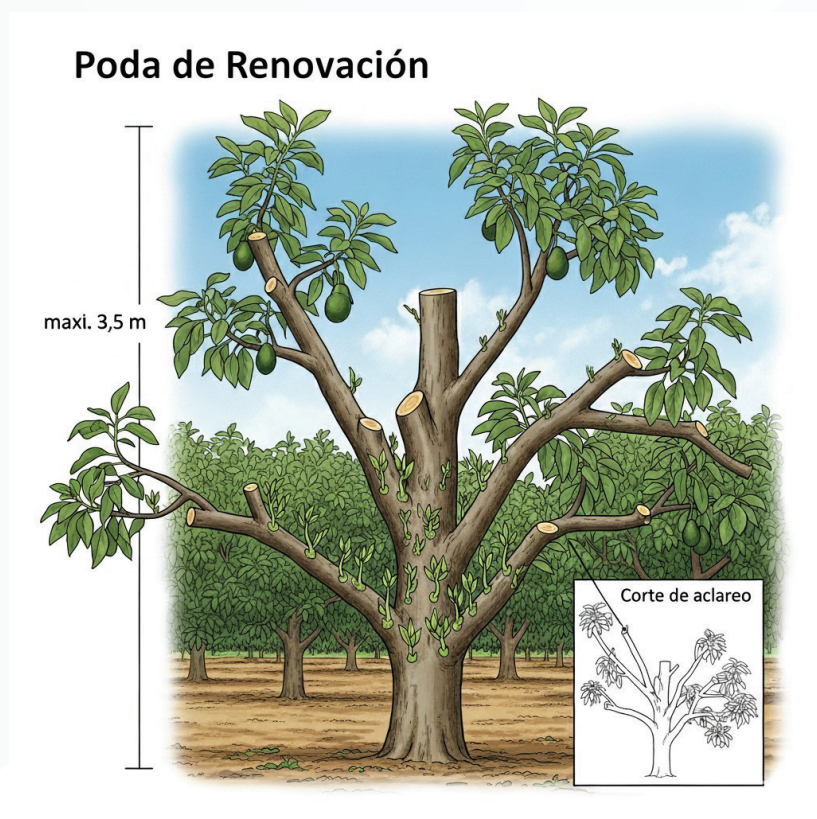


Figura. 46. Árboles con poda de renovación (imagen generada con la IA, 2025).

## Manejo de ejes y altura

El manejo de los ejes y la altura del árbol es de suma importancia, ya que, facilita las labores agronómicas, permite mayor número de plantas por área y potencialmente aumenta la producción por hectárea (Viteri et al., 2021).

En su hábitat natural, el aguacate puede alcanzar hasta 20 metros de altura. Sin embargo, en un contexto de cultivo comercial, el objetivo es limitar su crecimiento a no más de 5 metros, o idealmente mantener una altura máxima de 1 metro e incluso 2 metros en sistemas de alta intensidad. Existe una relación proporcional entre la distancia de siembra y la altura del árbol a un 70% de la distancia, de esta forma se mejora la ventilación y la luz dentro de la plantación, según experiencias de agricultores en la zona de los santos. Las siembras de alta densidad en Costa Rica no son recomendadas debido a la formación de microclimas y cultura de podas.

## Manejo de ramas luz dentro del árbol

El cultivo del aguacate es altamente fotosintético, por lo cual, dentro de la poda se debe implementar el concepto del manejo de la luz. Este consiste en eliminar tejido de tal manera que se permita una adecuada aireación y luminosidad dentro de la copa, tomando en cuenta la dirección del sol.

Esto permite mejorar la producción del árbol y mitigar la aparición de enfermedades fúngicas en el árbol.



Figura. 47. Árbol con poca luz a la izquierda, y árbol con adecuada entrada de luz a la derecha, mediante poda de aclaramiento, foto tomada en finca de José A. Fallas, 2025.

## 4. NUTRICIÓN SEGÚN ESTADO FENOLÓGICO

Es recomendable realizar análisis del suelo contrastándolo con análisis foliares por lo menos una o dos veces al año idealmente en el período de llenado de fruto; ya que en esta etapa la demanda y absorción de nutrientes y agua es alta y es requerido suplir los elementos necesarios para que el árbol dé su mayor rendimiento. También es necesario aportes de materia orgánica de buena calidad para mejorar la composición del suelo y promover los microorganismos benéficos para el suelo (Montero & Chaves, 2015; Ureña, 2009).

### Balance nutricional del suelo

El objetivo principal de un buen balance nutricional en el suelo es obtener los rendimientos que el cultivo pueda brindar a un bajo costo, además de, mejorar la calidad de los frutos y tener las cosechas lo más homogéneas (parejas) posible. En esto radica la importancia de preparar la planta para la cosecha y evitar enfermedades en lo posible. Es necesario restituir (reponer) los minerales que el árbol extrae del suelo con tal de mantener una buena alimentación a la plantación, así como, considerar los factores que pueden afectar la disponibilidad de nutrientes como por ejemplo, la existencia de equilibrios y antagonismos entre los elementos, la humedad del suelo y sequías, el pH del suelo o la microbiología (Montero & Chaves, 2015).

Tabla 9. Estimación de extracción de nutrientes por cada 20 toneladas de fruto por hectárea en aguacate Hass y cálculo de precios según año 2025 (Cultiflor, 2025).

Nutriente	Requerimiento (kg/ha)	Fertilizante Fuente (Ejemplo)	Cantidad de Fertilizante (kg/ha)	Costo Aprox. CRC/kg	Costo Total Aprox. (CRC/ha)
Nitrógeno (N)	56	Nitrato (NO <sub>3</sub> )	121.7	450	54765
Fósforo (P)	21	Superfosfato Triple (46% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	104.6	550	57530
Potasio (K)	134	Sulfato de Potásio (60% K <sub>2</sub> O)	268.0	600	160800
Calcio (Ca)	11	Nitrato de Calcio (19% Ca)	57.9	650	37635
Magnesio (Mg)	23	Sulfato de Magnesio (9.8% Mg)	234.7	500	117350
Azufre (S)	41	Azufre elemental (90% S)	45.6	400	18240
Boro (B)	1.986	Ácido Bórico (17% B)	11.7	1300	15210
Zinc (Zn)	772	Sulfato de Zinc (35% Zn)	2.2	800	1760
Hierro (Fe)	224	Sulfato de Hierro (20% Fe)	1.12	700	784
Cobre (Cu)	28	Sulfato de Cobre (25% Cu)	1.12	1500	168
Manganeso (Mn)	44	Sulfato de Manganeso (31% Mn)	1.42	750	107
<b>COSTO TOTAL ESTIMADO</b>					<b>₡ 464,349</b>

Como se muestra en la tabla anterior para alcanzar una producción alta el cultivo de aguacate “Hass” necesitará cantidades considerables de nutrientes del suelo. Se estiman extracciones de 56 kg de Nitrógeno, 21 kg de Fósforo, 134 kg de Potasio, 11 Kg de Calcio entre otros para alcanzar un estimado de 20 Tn/ha. (Cultiflor, 2025), por lo que es sumamente importante mantener un buen balance nutricional debido a su alta demanda de nutrientes. A continuación, se muestra la zona correcta para la aplicación de fertilizantes:

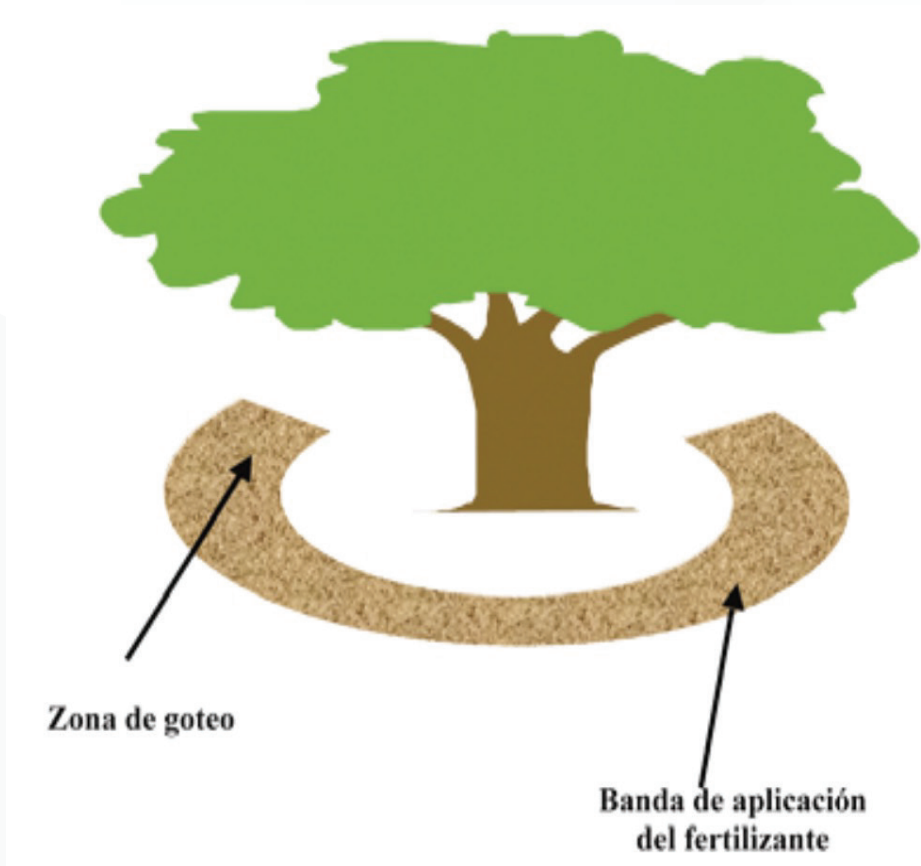


Figura. 48. Zona de aplicación del fertilizante (Cerdas Araya et al, 2014)

Existen algunos antagonismos (contradicciones) entre los elementos del suelo, además de, factores influyentes en la disponibilidad de nutrientes, como sequía, humedad del suelo, pH, temperatura y microbiología del suelo, de ahí la importancia de contar con un análisis correcto del suelo y además tener una guía visual que le ayude al productor interpretar algunos síntomas de deficiencias en su plantación.

Cabe mencionar la importancia de incorporar fertilizantes que aporten carbono y materia orgánica al suelo como práctica sostenible ya que; beneficia la solubilidad de los minerales disponibles, así como, mitigar la pérdida de nutrientes por excesos de lluvia, por lo que mejora de esta forma la salud del suelo (lixiviación) (Retana, 2022).

Según información recopilada de (Garbanzo, 2011; Salinas Vargas et al., 2021), es importante tomar en cuenta que las necesidades de N-P-K (nitrógeno, fósforo y potasio) en árboles menores de 3 años tienen una relación de 1:2:1 en la proporción de nutrientes; en árboles un poco mayores que comienzan a producir, la relación recomendada es de 1:1:1 y para árboles en plena producción, la relación es de 2:1:2 (Bartoli, 2008; Garbanzo, 2011).

### Muestreo de suelos

La principal fortaleza del análisis de suelos es su efectividad en la detección de problemas de acidez. Es posible (i) identificar los suelos que tienen problemas por intoxicación directa de las raíces por Al (Aluminio), Fe (Hierro), Mn (Manganeso) y otros elementos, (ii) estimar la severidad del problema y (iii) calcular dosis y tipo de encalado racionales para enfrentar el problema (Bertsch & Mendez, 2012).



Figura. 49. Ejemplos de recorridos para muestrear suelos en plantaciones (Bertsch & Mendez, 2012)

Existen principios generales que se deben tomar en cuenta antes y a la hora de muestrear un suelo, basándonos en la información de (Garbanzo, 2011), se mencionarán los puntos más importantes:

1. La muestra debe ser representativa de áreas similares entre sí, por ejemplo: una muestra por cada 2-5 Has, y de aproximadamente 0,5 kg con identificación clara
2. La muestra compuesta debe proceder de varias submuestras tomadas al azar, al menos 10-15 submuestras
3. Debe tomarse previo a la fertilización
4. Muestreo debe ser periódico (una o dos veces al año)

### **Pasos para tomar una muestra de suelo:**

**A.** Si la plantación es muy grande y muestra diferentes características en cuanto a pendiente y edad de los árboles, se debe dividir en lotes o parcelas tomando una muestra de cada una.

**B.** Tener a disposición un palín limpio (sin herrumbre) o barreno.

**C.** Contar con un balde plástico o saco limpio. (sin residuos de abono).

**D.** Bolsas plásticas, para depositar la muestra.

**E.** Las submuestras se toman de la zona de goteo del árbol (alrededor de 1-2 metros de la base del tronco, en árboles menores a 3 años y de 2-4 metros en árboles mayores de 3 años; dependiendo del área que cubre la copa).

**F.** La profundidad a la que se debe hacer cada submuestra es de 0-30 cm.

**G.** Se deben sacar las piedras, raíces, palos y hojas. Se mezclan bien todas las submuestras con el objetivo de alcanzar mayor representación.

**H.** Se deposita aproximadamente 1 kg en una bolsa plástica.

**I.** Se anotan los datos del productor, ubicación, número de lote o muestra, edad del cultivo y tipo de análisis solicitado.

**J.** Para el primer año solicitar análisis químico completo que incluya: boro (B), azufre (Zn), materia orgánica (MO) y textura (Arcilla, Limo, arena).

## Interpretación de análisis de suelo:

Para la interpretación del análisis de suelo se recomienda contar con la ayuda de un técnico.

En el siguiente cuadro se comparan los niveles críticos para determinar la calidad de un suelo:

Tabla 10: Niveles críticos generales y condiciones medias, altas y anormales para interpretar los análisis de fertilidad de suelos. (Valores en rojo representan niveles que pueden ser problemáticos según cada variable (Bertsch & Mendez, 2012)

Tabla de Interpretación de Análisis de Suelo

Grupo	Característica	Unidades	Media	Alta	Anormal
Parámetros de acidez	pH en agua		< 5,5	5,6 - 6,5	> 6,5
	Acidez	cmol(+)/L	< 0,5	0,5 - 1,5	> 1,5
	Saturación acidez	%	< 10	10 - 50	> 50
CICE y bases	Suma bases	cmol(+)/L	< 5	5 - 25	> 25
	CICE	cmol(+)/L	< 5	5 - 25	> 25
	Ca	cmol(+)/L	< 4	4 - 20	> 20
	Mg	cmol(+)/L	< 1	1 - 5	> 5
	K	cmol(+)/L	< 0,2	0,2 - 0,6	> 0,6
Relaciones catiónicas	Ca/Mg		< 2	2 - 5	> 5
	Ca/K		< 5	5 - 25	> 25
	Ca+Mg/K		< 10	10 - 40	> 40
	Mg/K		< 2,5	2,5 - 15	> 15
P y micronutrientes	P	mg/L	< 10	10 - 20	> 20
	Zn*	mg/L	< 2	2 - 10	> 10
	Mn	mg/L	< 5	5 - 50	> 50
	Fe	mg/L	< 10	10 - 100	> 100
	Cu	mg/L	< 2	2 - 20	> 20

### 1. Comparación resultados de análisis de suelos 2024 vs 2025

pH (Acidez)	Ca (Calcio)	Mg (Magnesio)	K (Potasio)	P (Fósforo)	Zn (Zinc)	Cu (Cobre)	Fe (Hierro)	Mn (Manganeso)	C/N (Materia Orgánica)
bajó	subió	subió mucho	subió mucho	igual	subió	bajó	bajó	subió	subió

### 2. Resultado de laboratorio 2025:

ANÁLISIS QUÍMICO DE SUELOS																		
Solución Extractora: KCl-Olsen Modificado		cmol(+)/L						%					mg/L		mS/cm	%		Relación
		H <sub>2</sub> O	Acidez	Ca	Mg	K	CICE	SA	P	Zn	Cu	Fe	Mn	CE	C	N	C/N	
ID USUARIO	ID LAB	5,5	0,5	4	1	0,2	5		10	3	1	10	5	1,5				
LOTE UNICO	S-25-06419	6,0	0,10	7,77	1,85	1,04	10,76	0,9	3	3,7	9	75	11	0,4	7,49	0,73	10,3	

### 3. Observaciones sobre nivel de elementos:

- No hay problemas de acidez
- Bases están en rango (Calcio y Magnesio)
- Potasio está muy alto (esto genera desbalances en las bases)
- Fósforo está muy bajo
- Manganeso está bajo (esto afecta las relaciones con el Hierro y puede generar leve amarillamiento foliar)

### 4. Estados de equilibrio (lo que se ocupa vs lo que hay en el suelo):

- Suelo necesita aportes de Fósforo y Nitrógeno
- Suelo no necesita aportes de Potasio, Calcio ni Magnesio

### 5. Necesidad de encalado:

- No hay

Figura. 50. Ejemplo ilustrativo de un análisis de suelo y su interpretación (facilitado por productor William Quesada, 2025)

## Control de erosión del suelo

La erosión es la pérdida del suelo ocasionado por factores climáticos, topográficos y por acción del ser humano. Aunque la pérdida de suelo ocurre de manera natural, las actividades agrícolas y la conversión del uso del suelo por acción humana incrementan notablemente esta tasa.



Figura. 51. Topografía representativa de suelos bajo cultivo de aguacate en zona de los Santos, con pendientes altas susceptibles a erosión, foto tomada en finca de José A. Fallas, 2025.

## La erosión del suelo está afectada directamente por varios factores:

- 1. Precipitación e intensidad:** definida por la fuerza de la lluvia y su capacidad de generar erosión en el suelo. En zonas de alta pluviosidad y de alta intensidad de lluvias, los suelos se saturan rápido, generando escorrentía con capacidad de lavar el suelo, propias de las zonas tropicales.
- 2. Erodabilidad del suelo:** es la susceptibilidad del suelo a ser erosionado. Suelos arenosos son más erodables que suelos de textura arcillosa.
- 3. Pendiente y su longitud:** el grado de pendiente puede aumentar la velocidad de escorrentía del agua, y su longitud define la energía erosionable acumulada a través de la pendiente. A mayor grado de pendiente y longitud, mayor riesgo de erosión.
- 4. Cobertura vegetal:** la cobertura vegetal por si sola mitiga la escorrentía y amarra el suelo, por lo cual minimiza la erosión del suelo, por ejemplo, trébol, mani forrajero y/o arevences propios de cada plantación.
- 5. Prácticas de Conservación:** cualquier práctica de conservación de suelos tendrá un efecto directo en la mitigación de la erosión.

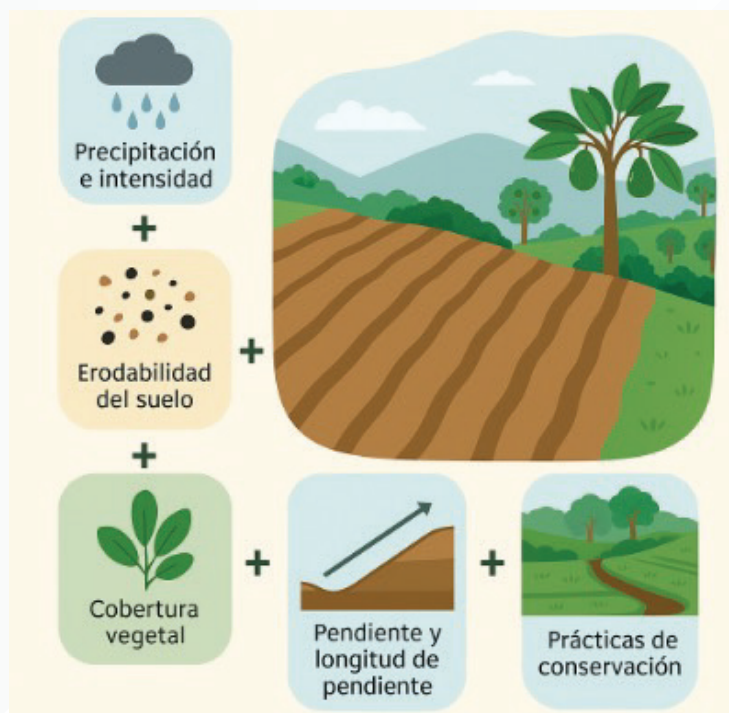


Figura. 52. Factores determinantes de la erosión de suelos, generado con la IA, 2025.

Dadas las características climáticas y de topografía de las zonas aguacateras del país, y principalmente en Los Santos, se hace de suma importancia conocer a profundidad el proceso erosivo e implementar las prácticas necesarias para conservar el suelo. Para el establecimiento de estas prácticas es de suma importancia conocer la pendiente, utilizar el codal y trazar curvas de nivel. Dentro de las prácticas de conservación de suelos que se deben implementar en las fincas de aguacate se encuentran las siguientes:

### 1. Coberturas vivas:

Las coberturas vivas o vegetales consisten en establecer especies vegetales de porte bajo en la plantación. Estas coberturas protegen el suelo de la escorrentía y erosión, mejoran la infiltración del agua y aportan materia orgánica. Idealmente pueden utilizarse especies fijadoras de nitrógeno. Por ejemplo maní forrajero.

### 2. Terrazas y curvas a nivel:

Ayuda a mitigar la velocidad de escorrentía. Los bordes se pueden estabilizar con Vetiver.

### 3. Coberturas muertas o Mulch:

Consiste en la aplicación de residuos orgánicos como rastrojo, maleza cortada, residuos picados de hojas y ramas, idealmente bajo la copa del árbol para evitar el desarrollo de malezas y evitar el suelo desnudo.

### 4. Barreras vivas o rompevientos:

Además de amarrar el suelo, disminuir la velocidad de escorrentía, generan microclimas que pueden favorecer el cultivo.

### 5. Canales de drenaje o desagües:

Se deben diseñar canales que guíen el agua de escorrentía hacia fuera del cultivo, con un buen diseño y revestidos para evitar el socavamiento y generación de cárcavas.

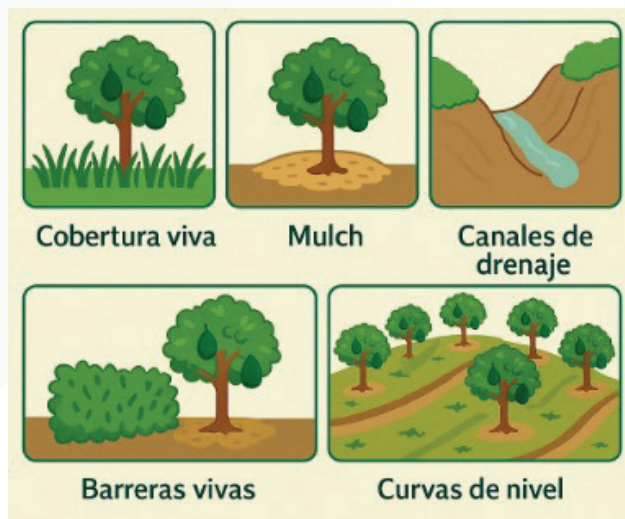


Figura. 53. Principales obras y estrategias de conservación de suelos para plantaciones de aguacate, generado con la IA, 2025.

## Uso de enmiendas

El uso de enmiendas es necesario para mantener los niveles de acidez, pH, contenidos de hierro y relaciones adecuadas de Calcio, Magnesio y Potasio (Ca, Mg, K) dentro de los niveles deseados (Bartoli, 2008; Salinas Vargas et al., 2021).

Entre algunas de las principales enmiendas utilizadas se pueden citar las siguientes:

- Carbonato de calcio
- Óxido de calcio
- Triple Cal
- Cal dolomita
- Silicatadas
- Otros (mezclas de las anteriores y/o utilizar enmiendas líquidas)

## Uso de fertilizantes en las distintas etapas fenológicas

Un programa de fertilización exitoso debe ser dinámico y precisamente sincronizado con los picos de demanda de la planta. En el siguiente cuadro se muestra un resumen de los principales requerimientos nutricionales del cultivo según las diferentes etapas de crecimiento:

Tabla 11. Requerimientos nutricionales por etapa fenológica del aguacate “Hass” (Lovatt, 2015)

Etapa Fenológica	Macronutrientes Clave	Micronutrientes Clave	Función Principal	Momento Óptimo de Aplicación
Yema Hinchada / Floral	P, K	B, Zn, Mg	Desarrollo de brotes y flores vigorosas, energía para procesos metabólicos.	Pre-floración
Floración y Cuajado	P, K, Ca	Zn, B, Mg	Promover amarre de flores y cuajado de frutos, fortalecer paredes celulares.	Inicio de floración, durante cuajado.
Crecimiento Inicial del Fruto (Etapa I: División Celular)	K, Ca, P	B	Formación de células del fruto, desarrollo temprano del fruto.	Primeros estadios de desarrollo del fruto.
Crecimiento Exponencial del Fruto (Etapa II: Llenado)	N, P, K	K, Ca, Mg, B, Zn	Engorde del fruto, acumulación de materia seca, calidad post-cosecha.	Mayo a octubre (para K); durante crecimiento exponencial.
Madurez / Pre-cosecha	K	B, Ca, Zn, Mg	Calidad del fruto (calibre, firmeza, vida útil), acumulación de aceites.	Cerca de la cosecha.
Desarrollo Vegetativo (Brotes)	N	Fe, Zn, Mn	Crecimiento de hojas y brotes, fotosíntesis.	Períodos de brotación.

Así como altos contenidos de materia orgánica favorecerá el equilibrio biótico y permitirá reducir la cantidad de nitrógeno que se aplicará debido a la descomposición de la materia orgánica que brindan los microorganismos benéficos. Esto se puede tomar como una práctica sostenible para el cultivo de aguacate en Costa Rica (Retana, 2022).

Cuando los árboles entran en producción (4to-5to año) se requiere aumentar el aporte de fertilizantes ricos en potasio, como por ejemplo K-Mag, en la etapa de prefloración, a una dosis de 170-200 g/árbol (Retana, 2022).

Otra práctica recomendada según (Retana, 2022), es la aplicación de un balanceador de nitratos vía follaje como por ejemplo (Boro-Molibdeno) y citoquininas, esta información coincide con (Díaz, 2021; Ureña, 2009), los cuales por su parte indican que esta práctica corrige deficiencias de zinc y boro por la limitada absorción que tiene el árbol debido a la competencia del calcio en el suelo.

### Aplicaciones foliares de microelementos y macroelementos

La fertilización foliar es una práctica que no reemplaza la nutrición al suelo la cual es fundamental, sin embargo, es un complemento estratégico vital para optimizar el estado nutricional del cultivo.

Es importante destacar el concepto de “hambre oculta”, un estado en el que la producción del cultivo se ve limitada por la falta de un elemento, pero la planta aún no muestra síntomas visuales de carencia. En estos casos, solo un análisis foliar puede identificar la deficiencia (González, 2021).

Tabla 12. Rangos óptimos de nutrientes en hojas de aguacate Hass (Lovatt, 2015)

Nutriente	Nivel bajo	Suficiente	Nivel alto	Unidad
Nitrógeno	<2.20	2.20-2.60	>2.60	%
Fósforo	<0.03	0.08-0.25	>0.26	%
Potasio	<0.35	0.71-2.00	>2.10	%
Calcio	<0.50	1.00-3.00	>3.00	%
Magnesio	<0.15	0.25-0.80	>0.80	%
Azufre	<0.0	0.20-0.60	>0.40	%
Boro	20-49	50-100	>100	ppm
Cobre	<3	5-15	>15	ppm
Zinc	<10	30-150	>150	ppm
Hierro	<40	50-200	>200	ppm
Manganeso	15-20	30-500	>500	ppm
Molibdeno	0.01-0.04	0.05-1.60	>1.60	ppm

Cabe mencionar que la aplicación foliar de nutrientes como el boro (B) en la etapa de “coliflor” aumenta la viabilidad del óvulo, calcio (Ca) al inicio de la floración, durante el cuajado y en la fase de crecimiento del fruto mejora la calidad del fruto, potasio (K) y fósforo (P) como fosfato de potasio incrementa significativamente el rendimiento acumulado de frutos de tamaño comercial, además se recomienda aplicaciones ricas en magnesio (Mg), hierro (Fe), zinc (Zn) como sulfato de zinc (ZnSO<sub>4</sub>) (Lovatt, 2015). Existen algunas ventajas y otras limitaciones de la fertilización foliar, las cuales serán detalladas a continuación:

Tabla 13. Resumen de ventajas y limitaciones de las aplicaciones foliares (Lovatt, 2015).

Ventajas	Limitaciones
<p><b>Beneficios ambientales:</b> Ayuda a reducir la acumulación de nutrientes en el suelo, aguas superficiales y aguas subterráneas</p> <p><b>Corrección rápida de deficiencias:</b> Es útil para corregir deficiencias nutricionales especialmente cuando los síntomas son visibles</p> <p><b>Rapidez y eficiencia:</b> Permite superar limitaciones como inmovilización del suelo</p>	<p><b>Eficiencia de absorción:</b> La eficacia de la absorción foliar puede variar significativamente según el ambiente y etapa de desarrollo de la hoja</p> <p><b>Movilidad en la planta:</b> No todos los nutrientes se mueven en el floema</p>

La fertilización foliar debe ser vista como un “rescate” estratégico, más que un reemplazo completo de la fertilización. Su mérito principal es el de corregir rápidamente deficiencias agudas o para proporcionar un aporte dirigido de nutrientes en momentos de alta demanda fisiológica (Lovatt, 2015).

### Toma de análisis foliares e interpretación

Según (Ureña, 2009), las muestras de hojas para el análisis foliar deben ser tomadas de la banda media productiva del árbol, tal como se muestra en la imagen. Hojas de unos 4-5 meses de edad.

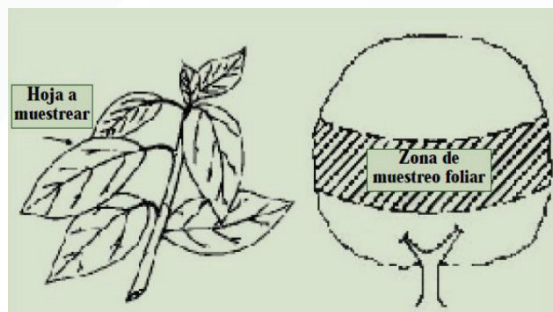


Figura 54. Ilustración de zona de muestreo (Ureña, 2009).

## Pasos para tomar la muestra foliar:

- Tomar las muestras de hojas sanas y libres de plagas y enfermedades
- No tomar hojas jóvenes. Generalmente se utilizan hojas del crecimiento anterior
- La muestra debe ser de 30-40 hojas en total, de árboles distribuidos en la plantación
- Las hojas se envuelven en papel húmedo y se depositan en una bolsa plástica. Luego se guardan en refrigeración hasta ser enviadas a laboratorio
- Las muestras deben tomarse post-floración después de la cosecha

Para interpretar un análisis foliar los resultados obtenidos se pueden comparar con los parámetros del siguiente cuadro:

Tabla 14. Parámetros de referencia para la interpretación de un análisis foliar (Garbanzo, 2011)

Rangos de Referencia para Análisis Foliar en Aguacate

Elemento	Unidad	Deficiencia (Menos de)	Adecuado	Exceso (Más de)
Nitrógeno (N)	%	1,6	1,6-2,0	2
Fósforo (P)	%	0,05	0,08-0,25	0,3
Potasio (K)	%	0,35	0,75-2,0	3
Calcio (Ca)	%	0,5	1,0-3,0	4
Magnesio (Mg)	%	0,15	0,25-0,80	1
Azufre (S)	%	0,5	0,20-0,60	1
Boro (B) *	ppm	10-20	20-100	100-250
Hierro (Fe)	ppm	20-40	50-200	200
Manganeso (Mn)	ppm	10-15	30-500	1000
Zinc (Zn)	ppm	10-20	30-150	300
Cobre (Cu)	ppm	2-3	5-15	25
Molibdeno (Mo)	ppm	0,01	0,05-1,0	1
Litio (Li)	ppm	-	-	50-75

## Biorreguladores y sus usos

Los biorreguladores son hormonas vegetales que se producen dentro de las plantas en concentraciones muy bajas y actúan como promotores y/o inhibidores de varios procesos de crecimiento y desarrollo en la planta. Su aplicación busca beneficiar aspectos como la floración, cuajado, calidad de los frutos así como la tolerancia a factores de estrés (Corella et al., 2025; García et al., 2023).

En el cultivo de aguacate Hass, el uso de bio-reguladores se ha vuelto una práctica común, ya que; en bajas concentraciones promueven, inhiben o modifican los procesos fisiológicos de los árboles. Su uso se ha vuelto una herramienta clave para mejorar la calidad de la fruta y superar algunos desafíos agronómicos como estrés abiótico y factores climáticos adversos.

Dentro del grupo de los biorreguladores se encuentran las fitohormonas las cuales son producidas de forma endógena (dentro de la planta). Actúan como moléculas de señalización química que, en concentraciones muy bajas, coordinan el desarrollo y cambian los patrones de crecimiento a nivel celular. Son los mensajeros internos que regulan todos los aspectos del ciclo de vida de la planta, desde la germinación de la semilla hasta la senescencia (Alcantara Cortes et al., 2019).

Los principales biorreguladores y sus mecanismos de acción son los siguientes:

- **Auxinas:** Son capaces de dirigir procesos fundamentales de desarrollo a nivel celular y de órganos. Promueve la división, elongación y diferenciación celular. Por ejemplo, interfiere en el desarrollo de raíces (rizogénesis), desarrollo de flores y frutos y respuestas del crecimiento.
- **Citoquininas:** La función principal es de promoción de la división celular. Es vital para el crecimiento de órganos como frutos y semillas. Trabajan en sinergia con las auxinas, favorecen la floración y el amarre de los frutos, disminuyendo la caída de los mismos.

A nivel comercial se dispone de bioestimulantes, los cuales son formulaciones de productos agronómicos con base a los bioreguladores mencionados. Se refiere a sustancias o microorganismos cuya función principal al ser aplicados a las plantas o a la rizosfera es estimular procesos naturales para beneficiar la absorción de nutrientes, la eficiencia nutricional, la tolerancia al estrés abiótico y la calidad del cultivo, independientemente de su contenido de nutrientes (Borjas et al., 2020).

## Estrés por efectos climáticos y su mitigación:

El aguacate es un cultivo tropical que prospera en condiciones muy específicas. Las desviaciones de su rango ideal pueden producir respuestas de estrés severas que comprometen directamente el rendimiento.

### Impacto Investigado:

**Estrés Hídrico (Déficit y Exceso):** Fisiológicamente, el aguacate no tiene un control eficiente de sus estomas (las estructuras que regulan la transpiración). Ante la falta de agua, la planta no puede evitar la deshidratación, lo que lleva a la caída de flores/frutos y quemaduras solares. Por el contrario, el exceso de agua satura el suelo, desplazando el oxígeno y provocando la asfixia radicular. Esto crea un ambiente anaeróbico ideal para el patógeno *Phytophthora cinnamomi* el principal enemigo del aguacate, que pudre las raíces e impide la absorción de agua y nutrientes.

### Estrés Térmico (Calor y Heladas):

Las altas temperaturas (superiores a 33-35°C), especialmente cuando la humedad es baja, provocan el aborto masivo de flores y frutos recién cuajados. El polen pierde viabilidad y la fecundación falla. Temperaturas por debajo de los 12°C, por su parte, causan rompimiento dentro de las células, dañando sus membranas y provocando la muerte de tejidos jóvenes, flores y frutos.

## Propuesta Mitigadora de Alto Impacto:

### Manejo Hídrico de Precisión:

Instalar sistemas de riego por goteo y usar sensores de humedad (tensiómetros o sondas FDR) para aplicar agua según la demanda real del cultivo.

### Salud del Suelo:

Incrementar la materia orgánica (>3%) en el suelo con compost o mulch. Esto mejora la retención de agua, el drenaje y la actividad biológica que suprime patógenos.

### Termorregulación:

En zonas calurosas, suele utilizarse mallas sombra (30-40%). Además se pueden utilizar bloqueadores solares a base de caolinitas, silicatos, óxido de zinc, ácidos grasos vegetales entre otros, los cuales dispersan la radiación ultravioleta y permiten la absorción de la luz fotosintéticamente activa.

### Confección de drenajes:

Es una herramienta fundamental en terrenos con topografía plana principalmente, y que ayudan a evitar excesos de humedad en la zona radicular que favorezcan la incidencia de asfixia en raíz.

Existen otras sustancias como las algas marinas, bloqueadores solares y sustancias de formulaciones químicas que modifican las aperturas estomáticas reduciendo el estrés de la planta.

### **Estrés químico/ El enemigo silencioso**

Este tipo de estrés es causado por concentraciones tóxicas de sales o por la aplicación incorrecta de agroquímicos. Particularmente la raíz del aguacate es muy susceptible a problemas de salinidad y acidez en suelo.

### **Impacto Investigado:**

#### **Salinidad (Especialmente Cloruros):**

El aguacate es extremadamente sensible a los iones de cloruro ( $\text{Cl}^-$ ) y sodio ( $\text{Na}^+$ ). A nivel celular, estos iones compiten con la absorción de nutrientes esenciales como el Boro ( $\text{B}^+$ ), potasio ( $\text{K}^+$ ) y el calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ). El síntoma más claro es la necrosis apical y marginal (puntas y bordes de las hojas quemados), que reduce el área fotosintética y debilita al árbol.

#### **Fitotoxicidad:**

Ocurre por sobredosis de fungicidas y/o fertilizantes, uso de herbicidas no selectivos (como el glifosato, que puede ser absorbido por las raíces superficiales del aguacate) o mezclas de pesticidas incompatibles. Esto causa un choque metabólico que se manifiesta como quemaduras, deformaciones o amarillamiento severo.

### **Propuesta Mitigadora de Alto Impacto:**

#### **Diagnóstico Primero:**

Realizar análisis de agua y suelo anualmente para conocer los niveles de sales y la Conductividad Eléctrica (CE). Según Oster y Arpaia (1992), el aguacate merma su rendimiento cuando se presentan valores de conductividad eléctrica mayores a 0,6 dS/m en agua de riego y 2 dS/m en suelo. Niveles superiores a 100 mg/L de cloruros pueden manifestar toxicidad en hojas. Por tanto, se requiere agua con baja salinidad, y debe valorarse la tolerancia del portainjerto a estos valores, reconociendo que en Costa Rica este tema aún está por desarrollar.

#### **Lavado de Sales:**

Si la salinidad es alta, aplicar “riegos de lavado” con agua de buena calidad durante el periodo de lluvias para lixiviar (arrastrar) las sales por debajo de la zona radicular.

## Uso Racional de Agroquímicos:

Calibrar siempre los equipos de aplicación y seguir las dosis recomendadas. Implementar un Manejo Integrado de Plagas (MIP) para reducir la dependencia de pesticidas.

### Estrés floral

La etapa de floración y cuajado es el momento de mayor demanda energética para el árbol, y donde el estrés tiene el impacto más directo en la cosecha. Como se mencionó anteriormente la reserva de fósforo es importante debido a su relación en la producción de energía (ATP).

### Impacto Investigado:

#### Competencia Fisiológica:

El árbol experimenta una competencia intensa por carbohidratos y nutrientes entre el nuevo crecimiento vegetativo (hojas) y el desarrollo reproductivo (flores y frutos). Si el crecimiento vegetativo es demasiado vigoroso, consumirá la energía destinada a las flores, provocando su caída masiva.

#### Polinización Deficiente:

El aguacate tiene un sistema de floración único (dicogamia protógina) con flores de tipo A y tipo B que abren en momentos distintos del día. Sin una polinización cruzada adecuada (facilitada por abejas) y la presencia de ambos tipos de flor, la polinización y la fecundación es muy baja.

#### Nutrientes Clave:

La deficiencia de Calcio (Ca), Boro (B) y Zinc (Zn) es crítica en esta etapa. El Boro es esencial para la germinación del polen y el crecimiento del tubo polínico, mientras que el Zinc participa en la síntesis de hormonas que regulan el cuajado.

### Propuesta Mitigadora de Alto Impacto:

#### Regulación de Crecimiento:

Realizar podas estratégicas para mejorar la entrada de luz y equilibrar el crecimiento vegetativo con el reproductivo. En algunos casos, se usan fitoreguladores de crecimiento o bioestimulantes con base en citoquininas principalmente.

#### Polinización Asistida:

Instalar de 2 a 5 colmenas de abejas por hectárea durante el pico de floración. Asegurarse de tener una distribución adecuada de árboles con flores tipo A (ej. 'Hass') y tipo B (ej. 'Fuerte', etinger y Eranol, Pinkerton).

## Bioestimulación y Nutrición Foliar:

Aplicar calcio, boro y zinc vía foliar justo antes de la floración. Complementar con aminoácidos y extractos de algas durante el cuajado para proporcionar energía extra a la planta y reducir el aborto de frutos. Además es importante considerar el aprovechamiento de fósforo por la planta y su papel en la etapa de floración, por lo cual es necesario valorar la necesidad de aplicar vía foliar en esta etapa crítica, así como la aplicación de bioestimulantes con contenidos altos de citoquininas.

## Anillado del pedúnculo:

El anillamiento del pedúnculo en aguacate es estrés que se manifiesta como una necrosis progresiva en la base del pedúnculo del fruto, generando su debilitamiento y posterior caída prematura. Este fenómeno ha sido reportado en distintas regiones productoras de aguacate Hass, incluyendo Costa Rica, donde representa una causa importante de pérdidas en campo.

Las causas del anillamiento del pedúnculo son multifactoriales. En primer lugar, se han identificado deficiencias de micronutrientes como el calcio, el boro y zinc como desencadenantes frecuentes. La falta de estos elementos afecta la formación de tejidos vasculares sanos en el fruto, lo cual puede inducir necrosis localizada (Montero & Chaves, 2015). Otro causante desde el punto de vista nutricional, es el exceso de nitrógeno en la etapa marcada entre cuaje y hasta dos meses posteriores. También se ha identificado la presencia de hongos fitopatógenos como *Diplodia*, *Dothiorella*, *Alternaria*, *Colletotrichum*, *Helminthosporium* y *Pestalotia*, así como la posible acción de bacterias oportunistas (Cerdas Arroyo et al., 2006; Díaz, 2021; Montero & Chaves, 2015). Estos organismos pueden aprovechar las condiciones de estrés para colonizar el tejido debilitado.

A nivel de finca, este problema se ve exacerbado por el estrés hídrico, tanto por exceso como por déficit de agua, especialmente durante los meses secos o en suelos con mal drenaje. Además, el estrés térmico (altas temperaturas), la descompensación nutricional y la falta de prácticas de manejo agronómico integradas agravan su incidencia. Estudios internacionales también sugieren que el anillamiento podría estar asociado con un agotamiento de reservas de almidón durante etapas críticas del desarrollo del fruto, lo cual impide una adecuada translocación de nutrientes y agua hacia el pedúnculo.

Para el manejo preventivo del anillamiento del pedúnculo se recomienda realizar análisis foliares y de suelo, con el fin de corregir deficiencias de zinc y boro mediante aplicaciones foliares o fertirrigación. El uso de fungicidas sistémicos como benomil, en combinación con bactericidas, puede ayudar a controlar los agentes patógenos secundarios involucrados. Asimismo, es clave mantener un régimen de riego eficiente, especialmente en zonas con estacionalidad marcada, utilizando herramientas de monitoreo como tensiómetros o sensores de humedad. Estas medidas permiten reducir el estrés fisiológico y favorecer un desarrollo más equilibrado del fruto (Bertsch & Mendez, 2012).

Este trastorno fisiológico debe abordarse desde un enfoque integrado, considerando nutrición, manejo del agua, sanidad vegetal y condiciones ambientales, ya que su origen no responde a una sola causa, sino a una interacción compleja de factores que deben ser monitoreados de manera continua para reducir pérdidas y mejorar la calidad del fruto.

Es importante asegurar un buen desarrollo y sanidad de la raíz, ya que es una fuente de hormonas producidas por el mismo árbol, específicamente citoquininas, y que pueden ayudar al cuaje y evitar el aborto de los frutos. Se debe implementar el uso de fitoreguladores y bioestimulantes basados en citoquininas, así como nutrición foliar complementaria de elementos como molibdeno y cobalto. Es importante apoyarse en el técnico de confianza.

## 5. CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES

### Ácaros (rojo y cristalino)

Los principales ácaros que afectan el cultivo de aguacate son el ácaro rojo y el ácaro cristalino. El ácaro cristalino *Oligonychus perseae* fue introducido a Costa Rica en la década de 1970 y desde entonces se ha consolidado como una de las plagas más comunes del follaje en zonas altas y húmedas (Hoddle et al., 2000). El ácaro rojo *Tetranychus* spp, es descrito por González-Herrera (2003) como causante de bronceado foliar, pérdida de área fotosintética y debilitamiento general del árbol. Su incidencia se asocia específicamente a la época seca en especial el ácaro rojo. El ácaro cristalino tolera un poco más la humedad dado que desarrolla la mayor parte de su ciclo de vida en el envés de la hoja.

Para el caso del ácaro cristalino, su ciclo de vida comienza con la oviposición en el envés de las hojas. Las larvas emergen y atraviesan varias fases ninfales antes de convertirse en adultos móviles. En condiciones de temperatura moderada y humedad relativa elevada, el ciclo puede completarse en dos a tres semanas, lo que permite aumentos poblacionales rápidos.

Los daños son característicos: las hojas presentan punteado clorótico en el envés, que progresa hacia un bronceado generalizado. En infestaciones severas ocurre defoliación prematura, lo cual reduce la capacidad fotosintética del árbol. La pérdida de follaje expone a los frutos al sol, incrementando los daños por golpe de sol y disminuyendo su valor comercial.



Figura. 55. Daño y síntomas ocasionado por ácaro cristalino. Fotos tomadas en plantaciones en la zona de los Santos y Heredia, Costa Rica, 2025.



Figura. 56. Nidos de ácaro cristalino en envés de hojas, foto tomada de González, A (2025).

En cuanto al ácaro rojo del aguacate, se asocia a la estación seca y a árboles sometidos a estrés hídrico o nutricional. En zonas altas como Los Santos y Heredia, su presencia se intensifica durante la estación seca, especialmente cuando existen caminos polvorientos o deficiencias en ventilación dentro de la copa. La incidencia al inicio de la época seca puede ser de alto impacto en la plantación.

Su ciclo de vida comprende estados de huevo, larva, ninfas y adulto. En condiciones secas y cálidas del Valle Central y Los Santos, puede completarse en 10 a 15 días, permitiendo explosiones poblacionales. Las hembras ovipositan principalmente en el envés de hojas maduras, y las larvas emergen y comienzan a alimentarse inmediatamente, produciendo clorosis inicial.

Conforme avanzan hacia estados ninfales, el daño se intensifica, apareciendo bronceado generalizado del follaje. Este proceso reduce el área fotosintética activa y provoca defoliación prematura. En huertos de altura, esta defoliación se asocia a calibres menores y aumentos en quemaduras de sol sobre los frutos.



Figura. 57. Daño y síntomas en haz de hoja, ocasionado por ácaro rojo. Fotos tomadas en plantaciones en la zona de los Santos y Heredia, Costa Rica, 2025.

El control se basa en la vigilancia constante mediante revisión de envés de hojas. Para su monitoreo, se recomienda revisar un mínimo de 20 hojas por árbol en diferentes estratos del follaje, especialmente en épocas secas y cálidas. Como umbral de daño, puede considerarse que 500 adultos por hoja causan defoliación parcial o total (González, A, 2025).

Como control convencional, se puede aplicar acaricidas, se recomienda usar productos selectivos que preserven enemigos naturales, y utilizar una estrategia que abarque tanto estados adultos, como juveniles y huevos

El manejo cultural, como la poda para mejorar la ventilación interna de la copa, ayuda a disminuir la humedad y limita la proliferación del ácaro (MAG, 2020).

Cuando es necesario, se emplean extractos botánicos como Azadiractina, azufre, sales potásicas, sulfocal, y acaricidas selectivos, siempre con rotación de modos de acción para evitar resistencia (Solís Calderón, 2016; IICA, 2021; Hoddle & Morse, 2011) González-Herrera (2003); Cerdas et al. (2006); y Ochoa et al (1991) coincide en que las poblaciones de ácaro rojo aumentan cuando existen hospederos alternos como malezas tipo *Conyza* spp. y *Bidens* spp., y cuando la nutrición del árbol se encuentra desbalanceada, especialmente por exceso de nitrógeno.

El manejo integrado recomendado se resume en el monitoreo estratégico, reducción o aplacamiento del polvo principalmente en zonas de tránsito, eliminación de plantas hospederas, podas de ventilación y uso estratégico de acaricidas específicos con rotación de modos de acción.

### Trips

En Costa Rica, los trips asociados al aguacate Hass pertenecen principalmente al género *Frankliniella*, *Scirtothrips* los cuales afectan en su mayoría las hojas y brotes tiernos, y *Liothrips*, que afectan al fruto. Su dinámica poblacional se ve influenciada por la brotación vegetativa y la floración. Retana-Salazar & González-Herrera (2011) documentaron que los niveles más altos de infestación se registran en brotes tiernos y en botones florales, particularmente durante los periodos secos y de transición estacional.



Figura. 58. Adulto de *Scirtothrips* spp. (izquierda) y de *Frankliniella occidentalis* (derecha), (González , 2025).



Figura. 59. Adulto y daño ocasionado por Liothrips, (González, 2025).

El ciclo de vida de los trips comprende huevo, larva I, larva II, pseudopupa y adulto. En condiciones cálidas y secas de zonas como Los Santos, el ciclo puede completarse en 8 a 12 días. Las hembras insertan huevos dentro de tejidos tiernos, lo que dificulta su detección temprana. Las larvas jóvenes son las que causan mayor daño, raspando la cáscara y generando cicatrices y bronceado. Se ha observado que el 95 % de las larvas habitan en frutos cuajados, lo que sugiere que el momento crítico de monitoreo es durante el cuajado del fruto. Además, cerca del 75 % de las pupas se forman en el suelo, bajo la hojarasca, mientras que un 25% se desarrolla en fisuras de la corteza o entre las escamas del fruto y en la lana cuando está presente en tronco.

Las hembras insertan los huevos dentro de los tejidos foliares o florales. De ellos emergen larvas móviles que se alimentan activamente raspando y succionando el contenido celular, lo que ocasiona clorosis localizada y la aparición de manchas plateadas en las hojas o pétalos. Tras esta etapa, los insectos atraviesan fases de pre-pupa y pupa, generalmente en el suelo o en áreas protegidas de la copa, donde permanecen inmóviles. Finalmente, emergen los adultos alados, capaces de colonizar rápidamente nuevos brotes o inflorescencias. En condiciones tropicales de altura, el ciclo completo puede durar entre dos y tres semanas, permitiendo la presencia de varias generaciones al año.

Los síntomas de infestación incluyen hojas jóvenes con aspecto plateado, deformaciones en brotes tiernos, flores con pétalos raspados que derivan en aborto floral, y frutos pequeños con cicatrices o manchas superficiales. En casos de infestaciones severas, los daños en floración reducen significativamente el cuajado, mientras que en frutos pequeños las lesiones pueden predisponerlos a deformaciones o caídas prematuras (Hoddle et al., 2002).



Figura. 60. Daño ocasionado por Trips en frutos y hojas (González, 2025).

Villalobos et al. (2015) documentó la fluctuación poblacional de trips en plantaciones de aguacate en Costa Rica, encontrando picos poblacionales entre marzo y junio, coincidiendo con la transición de estación seca a lluviosa. De manera similar, Solís Calderón (2016) reporta que el control debe iniciarse a partir de abril para reducir daños severos en etapas críticas. Otros autores como Retana-Salazar y González-Herrera (2011) y Rodríguez-Arrieta et al. (2023) han descrito la composición específica de las comunidades de trips en diferentes altitudes del país, confirmando que algunas especies como *Scirtothrips astrictus* pueden ser más relevantes que *S. perseae* en zonas altas.

Respecto a los umbrales de daño, no existe un valor determinado para Costa Rica. En California se utiliza como referencia 3-5 individuos por hoja joven (California Avocado Commission, 2023). El monitoreo es esencial: se recomienda muestrear semanal o quincenalmente, durante la brotación y la floración. González (2025) recomienda muestrear ramilletes con hojas de diferentes estratos del árbol y en especial hojas jóvenes, y golpearlos o sacudirlos sobre una superficie blanca (platos desechables, tablas) para hacer el conteo de individuos.



Figura. 61. Trampeo por golpe de ramilletes (González, 2025).

El manejo de trips debe ser integrado. Como control cultural la utilización de trampas pegajosas azules son una buena herramienta para el monitoreo, además de ayudar en el control, y la poda para aireación reduce la humedad y las poblaciones internas. La eliminación de arvenses hospederas disminuye las fuentes alternas de infestación; se ha observado que malezas como *Ageratum conyzoides* y *Bidens pilosa* actúan como hospederos alternos, facilitando la reinfestación del cultivo. Además se recomienda regular la fertilización nitrogenada para evitar el enternecimiento de los tejidos. Deficiencias de boro también favorecen la incidencia de esta plaga.

Dentro del control químico, el azufre es una buena herramienta para rotación en conjunto con insecticidas específicos para trips.

El control biológico se basa en enemigos naturales como *Orius* spp., y hongos entomopatógenos como *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*.

### Picudos

En Costa Rica y Mesoamérica se han reportado diversas especies de picudos del género *Heilipus* como plagas del fruto, además del barrenador de ramas *Copturus* (Castañeda-Vildózola et al., 2007). González (2025) reporta en Costa Rica como barrenadores del fruto a *Conotrachelus perseae*, *Heilipus elegans*, *Heilipus trifasciatus* y *Heilipus pittieri*; además de barrenadores de ramas y tronco como *Copturomorpha* sp, *Lechriops nr*, *Lebasii* y *Macroptorus constrictus*. El adulto es un escarabajo de cuerpo robusto, de color negro o café oscuro, con manchas anaranjadas o amarillentas en los élitros (caparazón). Posee un rostro pico alargado, típico de los curculiónidos, y mide entre 8 y 12 mm. Su presencia se asocia a daños en frutos jóvenes y brotes tiernos, siendo común encontrarlo durante los meses más cálidos y secos del año, cuando hay mayor brotación vegetativa y floral.

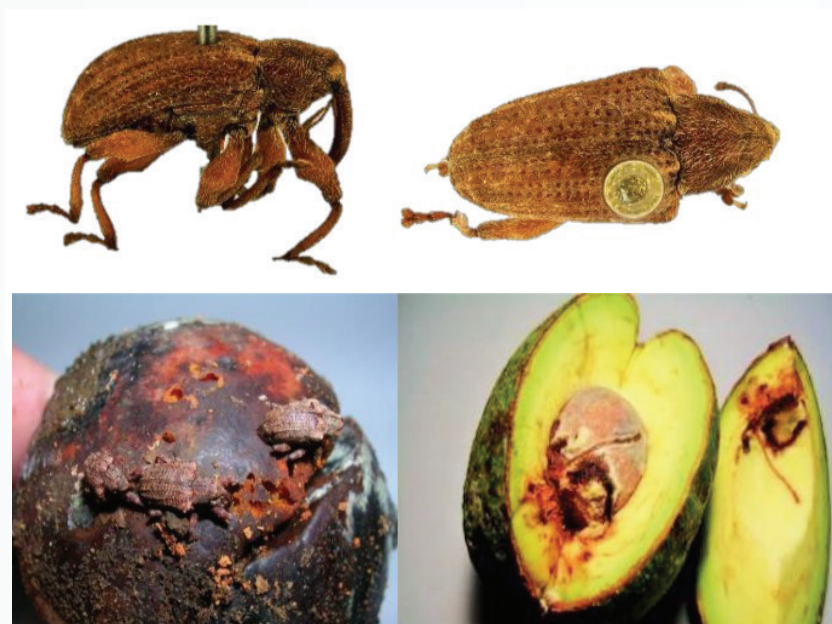


Figura. 62. Adulto y daño de *Conotrachelus perseae* en fruto (González, 2025).

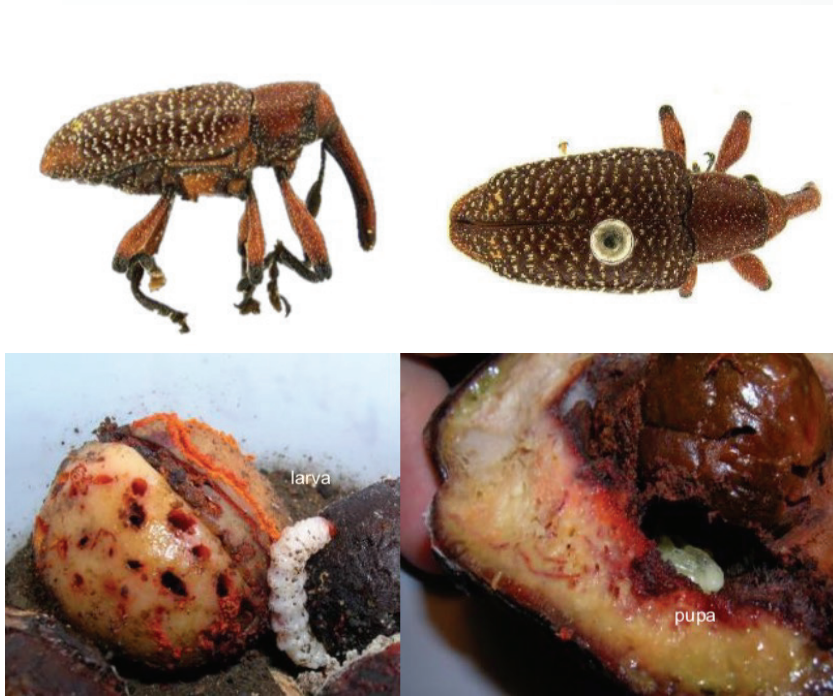


Figura. 63. Adulto y daño de *Heilipus pittieri* en fruto (González, 2025).



Figura. 63. Adulto y daño de *Coptuomorpha* en tronco (González, 2025).

El principal daño económico ocurre cuando las hembras ovipositan en frutos tiernos o ramas nuevas, pues las larvas se desarrollan internamente, provocando necrosis, deformaciones, caída prematura del fruto, e incluso la muerte de brotes enteros. Además, el daño causado puede abrir la puerta a infecciones secundarias por hongos y bacterias. En frutos comerciales, el daño de picudo es motivo de descarte completo, y es una barrera fitosanitaria para mercados de exportación. González-Herrera (2003) destaca el impacto cuarentenario de *Conotrachelus* spp. y *Heilipus lauri*.



Figura. 64. Daño en fruto ocasionado por picudo, foto tomada del productor Miguel Badilla, 2025.

El ciclo biológico comprende cuatro etapas: huevo, larva, pupa y adulto. Las hembras colocan los huevos en pequeñas perforaciones que hacen en frutos o brotes jóvenes. Cada hembra puede ovipositar entre 50 y 100 huevos durante su vida. Las larvas son de cuerpo blando y blanco-amarillento, con mandíbulas fuertes. Se alimentan del tejido interno del fruto o brote, lo que provoca pudrición y caída prematura. Una vez completado el desarrollo larval, pupan dentro del mismo fruto o en el suelo cerca del árbol huésped. Finalmente, el adulto emerge del fruto o del suelo. Los adultos son longevos y pueden vivir varias semanas. Son activos al atardecer o durante días nublados.

El ciclo completo puede durar entre 30 y 45 días, dependiendo de la temperatura y humedad ambiental. En zonas intermedias de altitud puede completarse en menos de dos meses, permitiendo varias generaciones al año.

El monitoreo del picudo debe iniciar al comienzo de la floración y mantenerse durante el cuajado de frutos, que es el periodo más crítico para el ataque. El monitoreo debe ser mucho más estricto en plantaciones asociadas a café. Se recomienda:

- Revisión visual de brotes tiernos, frutos pequeños y puntos de inserción de ramas.
- Búsqueda de exudados gomosos, perforaciones, frutos caídos y brotes muertos.
- Colocación de trampas cebadas con feromonas o atrayentes alimenticios (frutas maduras fermentadas o melaza).
- Inspección de frutos en el suelo y cortes de brotes para detectar galerías y larvas.

El manejo del picudo debe basarse en un enfoque integrado que combine acciones preventivas, culturales, biológicas y químicas, con énfasis en el monitoreo temprano (INTA, 2022). Como control cultural se debe eliminar y destruir frutos caídos o dañados, realizar podas sanitarias para eliminar brotes infestados, y hacer manejo del dosel para mejorar aireación y reducir microclimas favorables.

Es importante eliminar restos vegetales en rondas y alrededores.

El control biológico se basa en la aplicación foliar de hongos entomopatógenos como *Beauveria bassiana* o *Metarhizium*, especialmente en brotes jóvenes y zonas sombrías del árbol.

En cuanto a control químico se puede hacer aplicaciones localizadas de insecticidas autorizados durante los picos de oviposición, bajo recomendación técnica. Se recomienda no aplicar control químico durante floración para proteger polinizadores.

### **Jobotos o gallina ciega**

En Costa Rica, especialmente en suelos agrícolas de altura, se encuentran diversas especies de escarabajos conocidos como jobotos o gallina ciega. Sus larvas, de cuerpo blanquecino y cabeza café, viven en el suelo y se alimentan de raíces. El ciclo de vida incluye la oviposición de huevos en el suelo, el desarrollo de tres estadios larvales (L1, L2, L3), la fase de pupa en celdas de tierra y la emergencia de adultos al inicio de la época lluviosa. En altitudes como Heredia y Cartago, el ciclo puede tardar de uno a dos años (Villalobos et al., 2010).

Los síntomas en aguacate incluyen marchitez en plántulas, amarillamiento del follaje, reducción del crecimiento y necrosis de raíces finas. En casos severos, las larvas destruyen gran parte del sistema radical y ocasionan la muerte de plantas jóvenes.

El manejo de jobotos se basa en el monitoreo mediante excavaciones alrededor de las plantas jóvenes, evitando establecer viveros en suelos infestados, y el uso de prácticas culturales como la eliminación de malezas que sirven de refugio. Es importante colocar trampas con luces led para hacer captura masiva de adultos en la época de entrada de las lluvias.



Figura. 65. Trampas de luz para captura de coleópteros, por Ing. Agr. Daniel Ureña, zona de los Santos, San José, Costa Rica,

Los hongos entomopatógenos (*Metarhizium anisopliae*) y los nematodos entomopatógenos (*Heterorhabditis*, *Steinernema*) han mostrado eficacia en ensayos locales (Bustillo et al., 2002; INTA, 2021). Cuando es necesario, pueden usarse insecticidas granulados en el suelo, aunque se recomienda priorizar el control biológico y preventivo para reducir impactos ambientales, así como consultar al técnico de confianza por parte del productor para diferentes alternativas de control.



Figura 66. Individuo juvenil de joboto en zona alta de Costa Rica, 2025.

### Otras plagas de importancia

Es importante considerar otras plagas de menor importancia económica actualmente en Costa Rica, y que debe prestarse atención a su monitoreo, tal es el caso de la polilla barrenadora de la semilla *Stenoma catenifer* la cual hace un daño directo al cultivo, escarabajos defoliadores, además de chicharritas (cicadélidos) que pueden ser vectores de la enfermedad *Xylella fastidiosa* (González, 2025).



Figura 67. Adulto y daño de *Stenoma catenifer*, tomado de González (2025).

## Hongos

La productividad del aguacate puede verse afectada significativamente por la incidencia de diversas enfermedades de origen fúngico. Entre las más importantes se encuentran la antracnosis, la pudrición de raíz por *Phytophthora cinnamomi*, la roña del aguacate, la marchitez vascular causada por *Fusarium* spp, *Cylindrocarpon* y *Lasiodiplodia*. Además es importante señalar el Complejo de Marchitez del Aguacate. A continuación, se presentan sus características generales, ciclo de vida y recomendaciones para su monitoreo y control.

### Complejo de Marchitez del Aguacate

El complejo de marchitez del aguacate es una enfermedad o trastorno del árbol de aguacate causado por diferentes agentes causales, bióticos o abióticos, los cuales producen síntomas similares, ocasionando marchitez generalizada del árbol, necrosis y pérdida de tejidos vegetales (Granados et al, 2025).

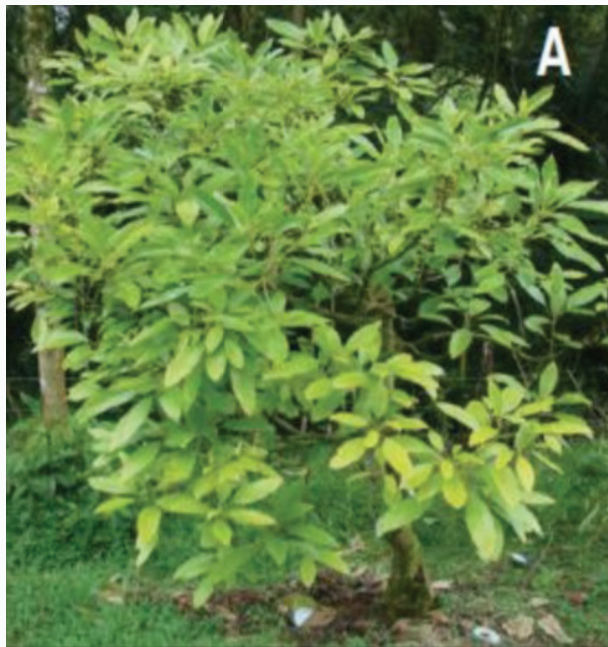


Figura 68. Marchitez del aguacate

A nivel biótico (agentes causales como microorganismos), la baja diversidad microbiana en el suelo puede acentuar la incidencia y severidad del complejo. Se pueden manifestar hongos como *Phytophthora cinnamomi* en raíces, *Phytophthora citricola* y *Phytophthora heavea* en tallo, y *Verticillium sp* y *Fusarium sp* a nivel vascular (Granados et al, 2025).

Como agentes abióticos, se encuentra la falta de oxigenación del suelo (hipoxia) y el exceso de agua (anoxia). Dado esto es importante conocer las características del suelo para un adecuado manejo. Altos contenidos de arcilla favorecen la retención de humedad, poca infiltración y movimiento del agua en el suelo, en especial en zonas con poca pendiente. Es importante considerar factores de altas precipitaciones asociadas a un buen drenaje para mitigar la incidencia de este trastorno (Granados et al, 2025).

El manejo de este complejo es muy integrado, tomando en cuenta las siguientes acciones:

- Uso de variedades resistentes.
- Siembra de árboles sanos.
- Manejo adecuado del suelo y agua (oxigenación y drenaje).
- Aplicación de fungicidas químicos y biológicos.
- Monitoreo frecuente.
- Identificación a nivel de laboratorio para orientar controles específicos del agente causal.

### **Pudrición de la raíz por *Phytophthora cinnamomi***

La pudrición de raíz, causada por el oomiceto *Phytophthora cinnamomi*, es una de las enfermedades más devastadoras para el cultivo del aguacate. Este patógeno afecta principalmente el sistema radical, provocando la destrucción de raíces finas, lo cual reduce significativamente la absorción de agua y nutrientes. Los síntomas externos incluyen marchitez progresiva, clorosis, disminución del crecimiento vegetativo, muerte regresiva, en casos severos, la muerte total del árbol.

El ciclo del patógeno incluye la producción de esporas móviles (zoosporas) que se desplazan en agua libre hacia las raíces, donde penetran el tejido radicular, especialmente en suelos con mal drenaje o alta compactación. El oomiceto también forma estructuras de resistencia llamadas clamidosporas, que pueden sobrevivir en el suelo por varios años, complicando su erradicación.

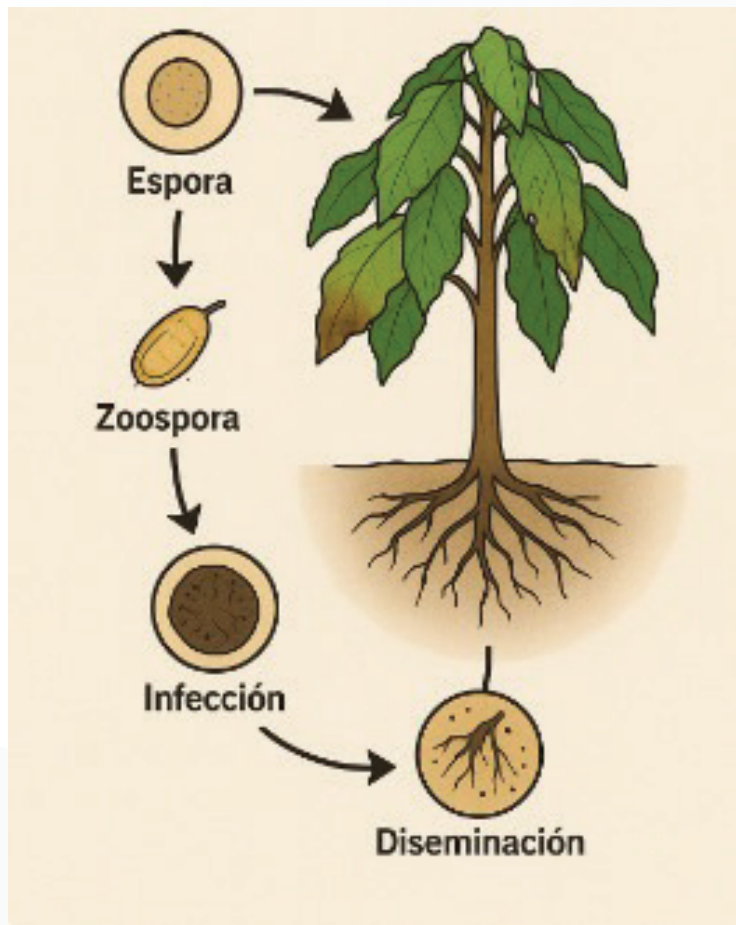


Figura. 70. Ciclo de vida de *Phytophthora cinamomi*, ilustración generada con la IA, 2025.

El monitoreo se basa en la observación visual de los síntomas aéreos, especialmente en condiciones de alta humedad o lluvias intensas. Es recomendable revisar periódicamente el sistema radical, en particular las raíces finas, para detectar presencia de pudrición o necrosis.

El manejo integrado incluye la selección de portainjertos tolerantes, la implementación de drenaje adecuado en el terreno, la aplicación de fungicidas sistémicos, y el uso de materia orgánica de buena calidad. La incorporación de microorganismos benéficos como *Trichoderma harzianum* y *Streptomyces* y prácticas de biofumigación también puede reducir significativamente la presión del patógeno (INTA, 2021).

## Antracnosis

La antracnosis es una de las enfermedades más comunes y destructivas en el cultivo del aguacate en condiciones de alta humedad relativa (Vega y Granados, 2025). Está causada principalmente por *Colletotrichum*, un hongo que afecta tanto hojas como flores, ramas jóvenes y frutos. En el fruto, los síntomas suelen aparecer en etapa de postcosecha, como manchas negras hundidas con bordes bien definidos, acompañadas de esporulación rosada en condiciones de almacenamiento húmedas, ya que el hongo queda latente y se desarrolla con la producción de etileno al desencadenarse la maduración.



Figura. 70. Tejido con necrosis causado por Antracnosis, foto tomada de Vega y Granados, 2021.

El ciclo de vida del hongo inicia con la producción de esporas (conidios) que se diseminan a través de gotas de lluvia, viento, insectos y del personal laboral. Estas esporas germinan sobre tejidos jóvenes, principalmente durante floración y cuajado. Aunque puede infectar desde etapas tempranas a hojas, ramas y flores, así como el fruto, muchas veces la enfermedad permanece latente en el mismo hasta después de la cosecha. Es importante asegurar una adecuada nutrición de la planta, en especial en Calcio, Potasio y Boro.

El monitoreo debe realizarse desde la floración, prestando atención a la aparición de manchas en pétalos, ramillas y frutos pequeños. Durante las semanas de alta humedad, se recomienda revisar las zonas internas del dosel donde la ventilación es reducida.

El control de la antracnosis se basa en un manejo integrado. Dentro del control cultural se incluye podas sanitarias para mejorar la aireación del dosel, limpieza y desinfección de herramientas y una adecuada nutrición. El control químico se basa en aplicaciones preventivas de fungicidas cúpricos o estrobilurinas durante floración y cuajado, benomyl, carbendazina, tiabendazol, captan. Dentro del control biológico se usa biofungicidas como *Trichoderma* spp, *Bacillus* spp y *Pseudomonas* spp. también ha demostrado eficacia en etapas iniciales del cultivo (Cerdas et al, 2006).

## Roña

La roña del aguacate es una enfermedad foliar causada por el hongo *Elsinoe perseae*, que afecta principalmente frutos. Se caracteriza por la aparición de manchas pequeñas, de color marrón a negrozco, con bordes rojizos o cloróticos, y un centro grisáceo o acorchado. En frutos, las lesiones superficiales afectan la apariencia externa, disminuyendo su valor comercial (AGROSAVIA, 2020).



Figura. 71. Daño por roña en fruto, foto tomada por Ing. Agr. Daniel Ureña (2025).

El ciclo de vida del patógeno involucra la producción de esporas que germinan sobre superficies húmedas, especialmente en presencia de lluvia, rocío o sombra excesiva. Las esporas se dispersan fácilmente por salpicadura de agua o herramientas contaminadas. Para el monitoreo, se recomienda revisar los frutos durante su desarrollo, especialmente si se observan deformaciones o manchas rugosas.

El manejo debe incluir prácticas culturales como podas de formación para mejorar la ventilación del dosel y reducir la humedad interna. Se recomienda evitar el exceso de fertilización nitrogenada, que favorece el crecimiento de tejido tierno susceptible. El uso de fungicidas protectantes como el cobre o el mancozeb puede aplicarse de manera preventiva en periodos críticos, especialmente si hay antecedentes del problema en el lote, o de factores que favorezcan su diseminación tal como el viento (INTA, 2022).



Figura. 72. Escala de daño de roña en fruto, foto tomada en finca José A. Fallas, 2025.

### Fusarium

En viveros y plantaciones jóvenes de aguacate Hass en Costa Rica se ha observado la presencia de pudriciones radiculares asociadas a hongos del género *Fusarium*, un complejo de especies que afecta raíces finas y el cuello de la planta, predisponiendo al decaimiento general. Estas pudriciones suelen confundirse con las ocasionadas por *Phytophthora cinnamomi* o *Cylindrocarpon/llyonectria*, pero tienen características particulares en su epidemiología y manejo (INTA, 2021). *Fusarium* spp. son hongos habitantes naturales del suelo, capaces de sobrevivir como clamidosporas en restos vegetales o como saprófitos. Bajo condiciones de alta humedad y temperaturas moderadas (18–25 °C), producen abundante micelio y esporas que colonizan raíces jóvenes o heridas. La infección se da principalmente a través del corte de raíces o lesiones en vivero.

En campo, el mal uso del glifosato puede predisponer al árbol a la incidencia de esta enfermedad, ya que las raíces del aguacate son relativamente superficiales. Una vez establecido, el hongo progresa por los vasos conductores, limitando la absorción de agua y nutrientes y causando síntomas de marchitez.

Dentro de los síntomas en vivero, las plantas infectadas muestran marchitez y amarillamiento de hojas jóvenes, lesiones marrones oscuro en la base del tallo y raíces finas, y necrosis vascular, visible al cortar transversalmente el tallo. En campo, los árboles jóvenes presentan crecimiento reducido, muerte regresiva, en casos avanzados, colapso total de la planta.

El diagnóstico diferencial es clave: a diferencia de *Phytophthora*, que produce pudriciones blandas, *Fusarium* suele generar tejidos lignificados, secos y de color marrón rojizo.

Dentro de las estrategias de manejo de la enfermedad, se deben considerar medidas preventivas como uso de sustratos estériles, bandejas limpias y riego con agua libre de contaminación; uso de material de propagación sano, con selección de semillas y portainjertos libres de patógenos, evitando trasplante de plantas debilitadas.

Dentro del control biológico, se pueden hacer aplicaciones en drench de antagonistas como *Trichoderma harzianum* y *Bacillus subtilis* han mostrado eficacia en ensayos del INTA en Costa Rica (INTA, 2021). En cuanto al manejo cultural se debe eliminar plantas infectadas y residuos radicales, mejorar el drenaje y evitar exceso de humedad.

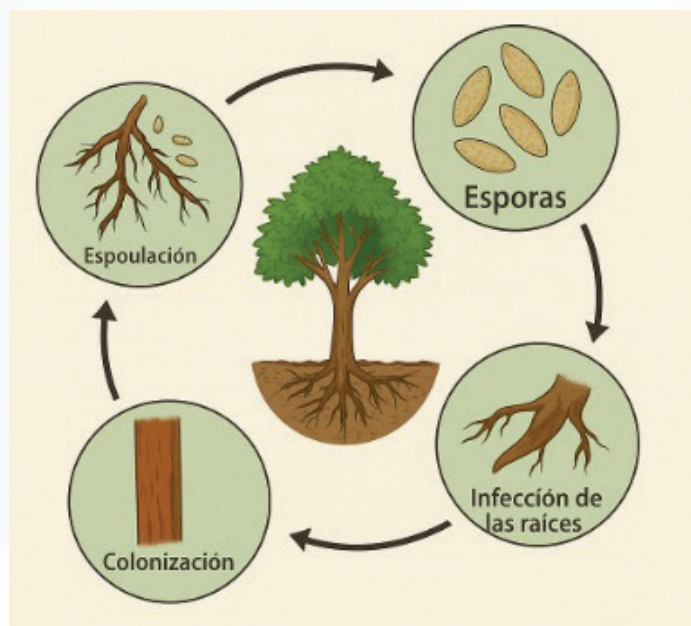


Figura. 73. Ciclo de vida de *Fusarium* sp, Gemini, 2025.

## Cercospora

La mancha negra del aguacate, también conocida como peca o mancha angular, es una enfermedad de precosecha que afecta hojas y frutos del cultivar Hass, generando pérdidas por la depreciación comercial de la fruta. En Costa Rica, ha sido descrita como un problema recurrente en zonas húmedas, especialmente en regiones de altura como Los Santos y Cartago, donde la alta humedad favorece el desarrollo del patógeno (Cerdas Araya et al., 2006).

El agente causal es *Pseudocercospora purpurea* (Cooke) Deighton, previamente descrito como *Cercospora purpurea*, cuyo cambio de género responde a revisiones taxonómicas recientes. En documentos técnicos de Costa Rica, México, Colombia y Guatemala se le sigue mencionando bajo ambas denominaciones (Campos et al., 2017; Rodríguez-Polanco et al., 2020; Porres Arreaga & Arévalo Rodríguez, 2007).

Los síntomas se manifiestan en hojas jóvenes como pequeñas manchas angulares, de color café a púrpuro, con bordes relativamente definidos; en ataques severos puede haber defoliación. En frutos, se presentan puntos o placas oscuras de 2-10 mm que, aunque superficiales, reducen la calidad y predisponen a la entrada de patógenos secundarios, especialmente *Colletotrichum* spp. (Cerdas Araya et al., 2006; Rodríguez-Polanco et al., 2020).

La epidemiología está asociada a la humedad relativa elevada, lluvias frecuentes y períodos prolongados de hoja mojada. Las esporas se dispersan principalmente por salpique de lluvia y viento. Estudios en Colombia y Costa Rica destacan la susceptibilidad de tejidos tiernos (hojas en brotación y frutos jóvenes) y la necesidad de prácticas culturales para reducir la humedad en el dosel (Reina-Noreña et al., 2020).

El manejo integrado en la región incluye medidas culturales como podas de aclareo para favorecer la ventilación, reducción de malezas y manejo de drenajes. En campo, el control químico se basa en aplicaciones preventivas con fungicidas protectantes (cúpricos, mancozeb) en tejidos jóvenes, complementados con fungicidas sistémicos (Campos et al., 2017; Rodríguez-Polanco et al., 2020).

Aunque no existen umbrales económicos establecidos, en la práctica se recomienda intensificar las aplicaciones cuando más del 5-10 % de frutos jóvenes presentan síntomas iniciales, debido al impacto comercial. En postcosecha, la clasificación rigurosa y las buenas prácticas de manufactura reducen la incidencia de pudriciones asociadas a lesiones de cercospora (Porres Arreaga & Arévalo Rodríguez, 2007; MinAgricultura, 2012).

### **Pudrición negra de raíces (Cylindrocarpon/Ilyonectria spp.)**

En viveros y plantaciones jóvenes de aguacate en Costa Rica se ha identificado la pudrición negra de raíces, causada por hongos del género *Cylindrocarpon* (actualmente clasificados en *Ilyonectria* spp.), reportada como un problema emergente en suelos húmedos de altura (Vega & Granados, 2021). Esta enfermedad suele confundirse con la pudrición radical por *Phytophthora cinnamomi*, aunque difiere en su etiología y en la respuesta al control químico.

Los hongos tipo *Cylindrocarpon* sobreviven en el suelo y en restos vegetales como micelio y clamidosporas, estructuras de resistencia capaces de persistir largos periodos en ausencia del hospedero. Infectan principalmente las raíces jóvenes a través de heridas o zonas debilitadas. Una vez dentro del tejido, colonizan el córtex radical y generan necrosis progresiva. En viveros, la infección se facilita cuando se usan sustratos contaminados o no esterilizado.

Los síntomas se presentan sobre todo en viveros y en etapas tempranas del trasplante, aunque también se han observado en árboles en producción: en la parte aérea: hojas con flacidez, amarillamiento y marchitez, reducción del crecimiento, defoliación, en casos avanzados, muerte descendente de ramas. En el sistema radical: necrosis generalizada, descortezamiento y disminución del volumen de raíces absorbentes. Las plantas afectadas muestran menor vigor y susceptibilidad a la sequía.

Debido a la similitud con *Phytophthora*, se recomienda realizar análisis fitopatológicos de suelo y raíces para confirmar el agente causal (Vega & Granados, 2021).

El control debe basarse en la prevención y en el manejo integrado: **Prevención en vivero:** uso de sustratos estériles o solarización previa.

**Monitoreo:** extraer plantas con síntomas iniciales y revisar raíces en busca de necrosis; confirmar mediante análisis de laboratorio.

**Control biológico:** aplicaciones en drench de antagonistas como *Trichoderma* spp. y *Bacillus* spp. han mostrado eficacia en la reducción de la incidencia.

**Manejo cultural:** establecimiento de sitios específicos y alejados para depositar y quemar residuos de árboles enfermos. Rotación de cultivos con especies no hospederas.

**En cuanto a control químico,** puede utilizarse fungicidas como benomyl, carbendazina, procloraz, mancozeb.(Vega & Granados, 2021).

## Lenticilosis

La lenticilosis en aguacate es uno de los defectos de calidad externa más frecuentes y relevantes en fruta para mercado en fresco, especialmente para exportación. Desde el punto de vista fisiológico, el problema se origina en las lenticelas, poros ligeramente elevados presentes en la epidermis del fruto que permiten el intercambio gaseoso entre los tejidos internos y la atmósfera; en frutos sanos se observan como puntos blanquecinos o grisáceos, levemente sobresalientes y sin ruptura de la cáscara o cutícula (Jaramillo Laverde et al., 2023).

Los estudios recientes de identificación y manejo de enfermedades que afectan la calidad comercial del fruto de aguacate han descrito con detalle cómo estas lenticelas pueden dañarse por una combinación de factores de precosecha y cosecha: humedad elevada en el momento de la recolección, estrés hídrico previo, desbalances nutricionales (en particular deficiencia de calcio), roce entre frutos y ramas, golpes durante la cosecha y manipulación postcosecha. Se destaca que la cosecha bajo lluvia es especialmente crítica, ya que las células adyacentes a la lenticela se tornan túrgidas y se vuelven muy susceptibles a la ruptura mecánica durante el corte y el traslado del fruto (Jaramillo Laverde et al., 2023).

En este contexto, la lenticilosis se describe como un conjunto de manchas negras o pardo-oscursas de pequeño diámetro (< 3 mm) localizadas sobre lenticelas afectadas, consideradas defectos superficiales pero con importante impacto comercial en fruta de exportación, dado que alteran la apariencia y homogeneidad del lote. Normas de calidad para aguacate Hass establecen umbrales estrictos de tolerancia a estos defectos, por lo que una alta incidencia de lenticilosis puede traducirse rápidamente en rechazos de embarques completos (Agrosavia, 2023).

La lenticilosis no es solo un problema estético. Ensayos de evaluación de daños externos e internos han evidenciado una fuerte asociación entre la lenticilosis (especialmente el tipo L2) y la pudrición del pedúnculo, con incidencias superiores al 80 % cuando ambos daños coexisten en un mismo fruto. En condiciones de campo, estas lesiones se comportan como infecciones quiescentes: durante el desarrollo del fruto no siempre se observan pudriciones internas, pero en postcosecha –durante transporte o almacenamiento– la actividad de los microorganismos asociados se incrementa, dando lugar a necrosis de pulpa y semilla que solo se manifiestan en destino (Agrosavia, 2023).

Según Jaramillo Laverde et al., 2023, se ha demostrado que el daño de lenticelas reduce de forma significativa la vida útil y la aceptabilidad del fruto, al facilitar la entrada y colonización de patógenos como *Colletotrichum* spp. y otros hongos oportunistas, especialmente bajo condiciones de alta humedad relativa y temperaturas de almacenamiento subóptimas. En conjunto, la evidencia sugiere que la lenticilosis debe abordarse de manera integral como un punto crítico de control dentro del manejo de precosecha, cosecha y postcosecha, tanto por su efecto directo en la apariencia como por su papel en la predisposición a enfermedades postcosecha y pudriciones internas del aguacate Hass.



Figura. 74. Fruto afectado con lenticilosis (Ureña, 2025).

## Pudrición del pedúnculo

La pudrición peduncular, asociada a *Lasiodiplodia theobromae*, se introduce por heridas en el pedúnculo durante la cosecha. El micelio avanza hacia el interior del fruto, generando necrosis y pudrición interna (Ramírez-Gil et al., 2021). Los síntomas incluyen oscurecimiento del pedúnculo, pudrición progresiva desde la base y colapso del fruto en almacenamiento. El manejo consiste en realizar una cosecha cuidadosa para evitar heridas, desinfectar herramientas, aplicar control con extracto de cítricos o yodo al 2% (5ml/lit de agua), poscosecha cuando sea viable y asegurar un enfriamiento rápido.

## Implementación de Programas Fitosanitarios

**1. Prevención:** Consiste en la implementación de estrategias de manejo de la plantación orientadas a evitar la manifestación de plagas y enfermedades, tales como:

- a. Uso de materiales genéticos resistentes,
- b. Selección de zonas con condiciones ambientales y de suelo aptas para el cultivo.
- c. Mitigación de factores de que propicien la incidencia de plagas y enfermedades, como eliminación de tejidos vegetales muertos, desechos de cosecha, distancias de siembra adecuadas entre otros.

**2. Monitoreo:** Se refiere a las actividades de revisión periódica de los árboles para descartar la presencia de plagas y enfermedades, y con base a esto determinar labores de control de ser necesario tomando en cuenta umbrales de acción según la presión de plaga y/o enfermedad. La frecuencia de monitoreo debe ser al menos quincenalmente, tomando en cuenta los umbrales para cada plaga señalados anteriormente.

**3. Control:** son las actividades mediante las cuales se aplican estrategias de control para mitigar las poblaciones de plagas y enfermedades mediante labores culturales, aplicación de agroquímicos y controladores biológicos.

**4. Inspección:** las actividades de inspección se refieren a las revisiones posteriores a la aplicación de controles, para verificar la eficacia de estos, y tomar las acciones respectivas para asegurar la mitigación de las poblaciones de plagas o enfermedades.

## Aplicación de insumos

Para la aplicación de los insumos del programa fitosanitario y de nutrición foliar, en su mayoría se aplica con la utilización de aspersores dorsales de motor. A continuación se detallan algunos aspectos relevantes a tomar en cuenta para las aplicaciones:

- Según el tamaño y edad del árbol, la descarga de agua de mezcla va desde 1 litro por árbol en unidades jóvenes hasta 3 litros en árboles grandes.
- Es importante calibrar el operador según tiempo y boquillas de descarga.
- El operador debe utilizar equipo de protección desde capa, kimono, mascarilla, guantes, anteojos y botas.
- Es importante adecuar el tamaño de la lanza de aplicación según el tamaño del árbol.



Figura. 75. Aplicación terrestre con aspersor dorsal de motor, foto tomada en finca Miguel Badilla, 2025.

Otra de las técnicas utilizadas para la aplicación de fitosanitarios es mediante inyección con sonda al tronco. Se utiliza para tratar enfermedades específicas como Fusarium o Phytophthora y que requieren la aplicación de fungicidas sistémicos. Esto permite depositar el fitosanitario directamente en el tejido vascular para su movimiento interno en el árbol.

Para la instalación de la sonda se utiliza una broca del tamaño de la manguera, y se perfora el tronco en un solo punto hacia el centro del mismo. Se inserta la sonda o manguera de un extremo, y el otro extremo debe colgarse en un punto superior de tal manera que el líquido fitosanitario baje por gravedad e ingrese al tejido deseado.

Otra de las técnicas que ha tomado relevancia en los últimos años es la aplicación con drones.

Esta técnica permite disminuir la cantidad de mano de obra y el tiempo necesario para las aplicaciones foliares nutricionales y fitosanitarias.

## Insumos de Control Biológico

Existe disponibilidad en el país de diferentes controladores biológicos tanto antagonistas (hongos) como entomopatógenos (control de insectos). El siguiente cuadro detalla algunos de los principales agentes biológicos y su plaga o enfermedad a controlar.

Tabla 15: Insumos para control biológico (Solís, 2016)  
Insumos para Control Biológico en Aguacate

Insumos para Control Biológico en Aguacate		
Tipo de Insumo	Agente biológico	Plaga/Enfermedad Objetivo
Bio-insecticida	Beauveria bassiana	Trips, Ácaros, Broca del tallo
Bio-fungicida	Trichoderma harzianum	Phytophthora cinnamomi, Mal del talluelo (Pythium, Rhizoctonia)
Bio-fungicida / Bactericida	Bacillus subtilis	Antracnosis, Cenicilla
Bio-nematicida	Paecilomyces lilacinus	Nematodos fitoparásitos
Insecto benéfico	Chrysoperla carnea (Crisopa)	Áfidos (pulgones), Ácaros

Es importante tomar en cuenta la compatibilidad entre ellos y con agentes de control químico al momento de realizar las mezclas en tanque, así como condiciones ambientales necesarias al momento de su aplicación. Normalmente las aplicaciones deben hacerse en condiciones ambientales frescas, de baja temperatura y sin lluvia.

## Químicos

Según los productos autorizados en Costa Rica por la autoridad fitosanitaria, se resumen en el siguiente cuadro las principales moléculas químicas con permiso de uso para el cultivo de aguacate. De igual manera es importante considerar el orden de mezcla, compatibilidades y condiciones químicas del agua para su aplicación.

Tabla 16: Insumos químicos permitidos en el uso del cultivo de aguacate en Costa Rica, SFE (2025).

Ingrediente activo	Clasificación
Paraquat	Herbicida
Diquat	Herbicida
Glifosato	Herbicida
Oxyfluorfen	Herbicida
Benomyl	Fungicida
Captan	Fungicida
Carbendazina	Fungicida
Mancozeb	Fungicida
Fenbuconazol	Fungicida
Extractos de semillas de cítricos	Fungicida
Hidróxido de cobre	Fungicida
Oxicloruro de cobre	Fungicida
Fosfitos de potasio	Fungicida
Tiabendazol	Fungicida
Diazinon	Insecticida

Es de suma importancia verificar con el profesional proveedor de insumos biológicos, la compatibilidad entre los microorganismos y los ingredientes activos de los agroquímicos, para no comprometer la viabilidad biológica de los insumos naturales. El siguiente cuadro muestra algunas de las compatibilidades de ciertos microorganismos de utilidad en el cultivo de aguacate.

Tabla 17: Compatibilidad entre insumos químicos permitidos y microorganismos de control biológico en el uso del cultivo de aguacate en Costa Rica, Masís (2025).

Ingrediente activo	Clasificación	Trichoderma	Streptomyces	Beauveria	Metharrizium
Paraquat	Herbicida	No	-	Si	Si
Diquat	Herbicida	No	-	-	-
Glifosato	Herbicida	Si	-	-	Si
Oxyfluorfen	Herbicida	Si	-	-	Si
Benomyl	Fungicida	No	Si	-	-
Captan	Fungicida	No	No	-	-
Carbendazina	Fungicida	No	No	-	-
Mancozeb	Fungicida	No	No	-	-
Fenbuconazol	Fungicida	-	No	-	-
Extractos de semillas de cítricos	Fungicida	-	-	-	-
Hidróxido de cobre	Fungicida	-	-	-	-
Oxicloruro de cobre	Fungicida	No	-	-	-
Fosfitos de potasio	Fungicida	No	-	Si	Si
Tiabendazol	Fungicida	-	-	-	-
Diazinon	Insecticida	Si	-	Si	Si

## 6. MANEJO DE ARVENSES

Las plantas arvenses o comúnmente llamadas malezas, son plantas presentes en las plantaciones las cuales son diferentes al cultivo, y no son de interés comercial. Son plantas por lo general silvestres o introducidas y que pueden generar competencia por luz y nutrientes frente al cultivo, en este caso al aguacate. Además, pueden ser hospederas de plagas.

Es de suma importancia considerar que las arvenses se clasifican en tres tipos:

- Anuales o Gramíneas
- Hojas anchas
- Cyperáceas

Esta clasificación es importante considerarla para definir que estrategias de control pueden ser efectivas. Es importante considerar también a nivel individual la presencia de plantas trepadoras conocidas como bejucos o matapalos, y las cuales se ubican dentro del grupo de hojas anchas.

Dentro de estas estrategias se pueden implementar controles de tipo mecánico y/o químico.

### Control mecánico

El control mecánico es la eliminación o chapea de las arvenses de manera manual o con la ayuda de alguna herramienta como machetes, asadas, o con máquinas como moto guadañas o cortadoras.

Este tipo de control permite dejar los residuos de arvenses como mulch o acolchados verdes sobre la plantación, para su posterior descomposición e incorporación al suelo como materia orgánica. El mulch es una capa de residuos de materia vegetal, ya sea malezas cortadas o tejidos eliminados del árbol como ramas y hojas, y que se dejan sobre el suelo.



Figura. 76. Mulch alrededor del árbol, foto tomada en finca de José A. Fallas, 2025.

Es importante considerar que el manejo adecuado de las arvenses como cobertura vegetal, puede ser una buena estrategia de control de erosión, así como la utilización de especies de cobertura como maní forrajero.

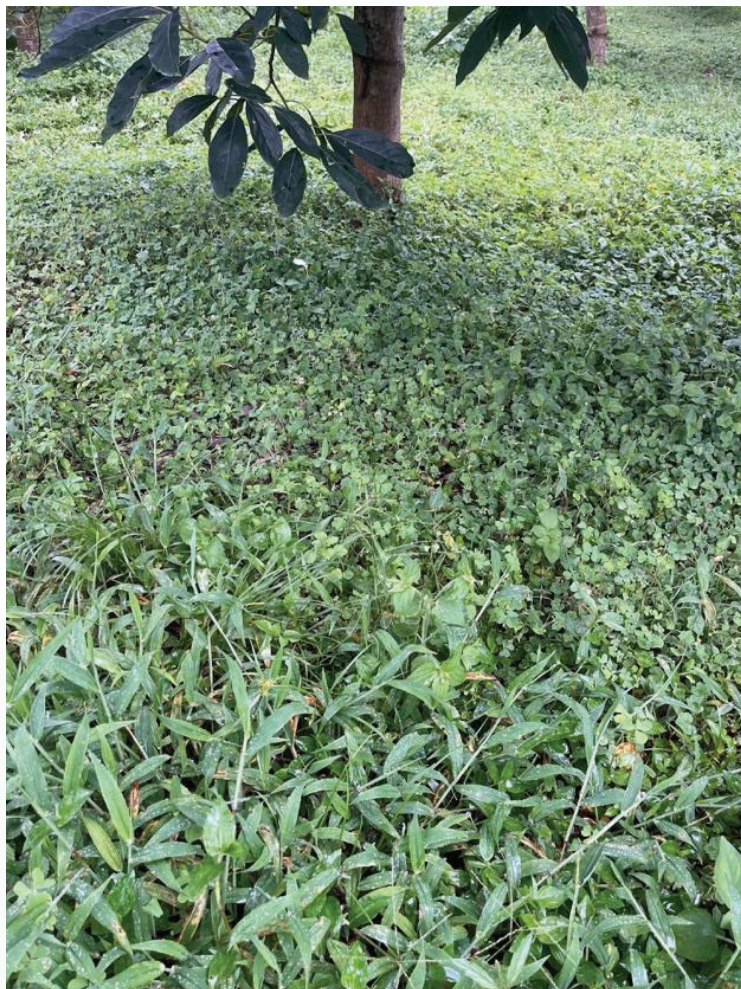


Figura. 77. Manejo de cobertura baja de malezas alrededor del árbol, foto tomada en finca de Oscar Bonilla, 2025.

## Control químico

El control químico consiste en la aplicación de herbicidas con el fin de eliminar las arvenses o malezas.

Según su mecanismo de control y las malezas que afectan, los herbicidas se clasifican de diferentes formas:

Según su mecanismo de acción:

### 1. Sistémicos:

Ingresa a la planta y afectan algún proceso vital, ocasionando su muerte. Se sugiere el uso de graminicida como fluazifop o quizalafop.

### 2. Contacto:

Hacen contacto con la planta y por lo general efectúan un efecto de desecación. Se sugiere el uso del desecante de contacto como el paraquat, diquat y glufosinato de amonio.

Según el tipo de maleza que afecta, para lo cual es importante considerar la identificación del tipo de maleza presente en la plantación.

### 1. Amplio espectro:

Controlan cualquier tipo de maleza, como por ejemplo el paraquat, el diquat y el glufosinato de amonio.

### 2. Graminicida:

Controlan malezas de hoja angosta o tipo pastos, como por ejemplo el fluazifop.

### 3. Hojas anchas:

Solo controlan malezas de hoja ancha. Para este caso no es recomendable el uso de los herbicidas hormonales, ya que pueden afectar al árbol de aguacate.



Figura. 78. Entrecalles tratadas con herbicidas desecantes, foto tomada en finca de José A. Fallas, (División), 2025.



Figura. 79. Rodajeado o control de malezas alrededor del árbol de aguacate, foto tomada en finca de José A. Fallas, 2025.

A manera de un manejo integrado de malezas en aguacate, debe considerarse lo siguiente:

1. Hacer un plateo o rodaja debajo de la copa del árbol de forma mecánica o manual, y establecer un mulch o sobre esta área. Esto favorece además el mantenimiento de la humedad durante la época seca, y permite aprovechar al máximo el fertilizante.
2. Hacer una ronda o perímetro inmediato a esta rodaja y aplicar control químico. No se recomienda el uso de glifosato.
3. Mantener con cobertura viva las zonas aledañas al perímetro con control químico, es decir centros y pasillos de la plantación. En esta zona debe manejarse adecuadamente el tamaño de la maleza, por lo cual el control manual o mecánico es fundamental.

# MANEJO INTEGRADO DE MALEZAS EN AGUACATE



Figura. 80. Estrategias de manejo de arvenses en el cultivo de aguacate, ilustración generada con la IA, 2025.

# 7. COSECHA Y POST

## COSECHA DEL AGUACATE

Para la zona de Los Santos, hay dos ventanas de cosecha por año, siendo la más importante entre junio y agosto, y una segunda cosecha entre noviembre y enero. Según la zona geográfica, normalmente el aguacate está listo para cosechar entre 8 y 12 meses posteriores a la floración.

El aguacate es una fruta climatérica, es decir, su proceso de maduración inicia una vez que es cosechada. La maduración se rige además por una serie de cambios bioquímicos y físicos, que para el caso del aguacate no son tan marcados en el tiempo y permite flexibilidad en el manejo posterior a la cosecha.

El manejo postcosecha eficiente implica la recolección en su punto de madurez fisiológica óptima, el momento de cosecha con un porcentaje de materia seca adecuado (generalmente entre 21% y 24%, dependiendo de la zona de cultivo, es fundamental, esto debido a que una cosecha prematura resulta en frutos con un sabor pobre y una textura deficiente, mientras que una cosecha tardía puede llevar a un rápido ablandamiento y una menor vida útil en anaquel. Un manejo cuidadoso para evitar daños al fruto, desinfección adecuada, preenfriamiento rápido tomando en cuenta que el aguacate es una fruta climatérica y su respiración y producción de etileno aumentan drásticamente después de la cosecha y conservación en ambientes bajo cadena de frío (generalmente entre 5.5°C y 13°C) para extender la vida útil y preservar las características del fruto.

### Indicadores de cosecha

Los indicadores cosecha son una serie de parámetros que determinan el momento adecuado en que el fruto está listo para ser cosechado y someterse al período de almacenamiento, transporte y anaquel previo a ser adquirido por el consumidor final.

La medición de indicadores de cosecha es de suma importancia para brindar un producto de alta calidad al mercado. Según Aguilar (2023) y Cerdas et al (2006), dentro los principales indicadores de cosecha utilizados, se detallan los siguientes:

## Indicadores Físicos y fisiológicos

- **Edad fenológica:** Cosechar entre 8 y 10 meses posterior a floración.
- **Color externo:** El color de cosecha debe ser 3 según la tabla de color adjunta. El fruto pierde el brillo y se torna color verde oscuro.
- **Condición interna:** La semilla debe separarse de la pulpa. La pulpa debe ser color verde amarillenta y con textura cremosa.

## Indicadores de Composición

- **Materia Seca:** Debe ser mayor a 21%, ideal 24%.
- **Contenido de aceite:** Debe ser mayor a 8%.

Tabla de color











Grado de madurez (GM)	GM1	GM2	GM3	GM4	GM5
Detalle	Fruto de color verde claro brillante	Fruto con tonalidades verde oscuro, brillante	Fruto verde oscuro con notables lenticelas	Fruto verde oscuro con tono morado intenso	Fruto color vinotinto
Color del fruto					
Color de referencia					

Figura. 81. Tabla de madurez externa para fruta fresca de aguacate, Aguilar (2023).

## Métodos de cosecha

El método de cosecha depende de la altura del fruto en el árbol. Los frutos de las partes bajas se cortan con la ayuda de tijeras, y para los frutos ubicados en las partes altas se utiliza un cosechador conformado por una varilla o palo con canasta de tela o cuero, con una lámina afilada o cuchilla ubicada en un extremo de la canasta que permita corta el pedúnculo cuando el cosechador jala la herramienta. Es importante considerar que al momento de la cosecha se deja una sección larga de pedúnculo de aproximadamente 5 cm o más.



Figura. 82. Cajas y cosechador utilizados para la recolección de aguacate en campo, foto tomada en finca José A. Fallas, 2025.

El método de cosecha depende de la altura del fruto en el árbol. La manipulación de la fruta en campo debe ser sumamente cuidadosa, algunas recomendaciones son las siguientes:

- No lanzar el fruto entre cosechadores.
- Utilizar cajas limpias y en buen estado.
- Utilizar cajas de 20 kg de capacidad máxima.
- Estibar las cajas con mucho cuidado tanto en campo como en el carguío en el medio de transporte que se utilice a la planta empacadora.
- Ubicar las cajas a la sombra y que no toquen el suelo para evitar contaminación.

## Inocuidad en la Cosecha



Higiene y lavado de manos



Equipo de protección personal (EPP)



Manejo de cosecheros



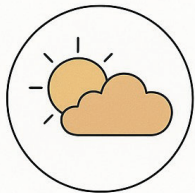
Eliminación de fruta caída



Exclusión de animales



Agua limpia para lavado de herramientas



Cosecha en horas frescas



Cosecha sin daños ni golpes

Es importante tomar en cuenta la disponibilidad de servicios sanitarios para los trabajadores, así como la disponibilidad de agua y jabón para que puedan lavarse las manos y manipular la fruta con inocuidad.

# CONSIDERACIONES PARA LA POSCOSECHA DEL AGUACATE



## MANEJO DEL PEDÚNCULO

Cortar el pedunculo de forma adecuada para prevenir las enfermedades del tallo.



## TEMPERATURA Y HUMEDAD

Mantener condiciones de temperatura y humedad controladas durante el almacenamiento



## DESECACIÓN

Evitar la deshidratación de la piel del fruto manteniendo una ventilación adecuada



## MADURACIÓN

Controlar el proceso de maduración y enviar al mercado en el momento óptimo

## ENFERMEDADES POSCOSECHA

Inspeccionar los frutos y retirar los que presenten síntomas de enfermedades



## TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

Proteger los frutos de danos durante el transporte y almacenar en condiciones adecuadas



## CONTAMINACIÓN CRUZADA

Minimizar el riesgo de contaminación con otros productos u objetos



## HIGIENE DEL PERSONAL

Practicar una adecuada higiene personal con los manipuladores de la fruta

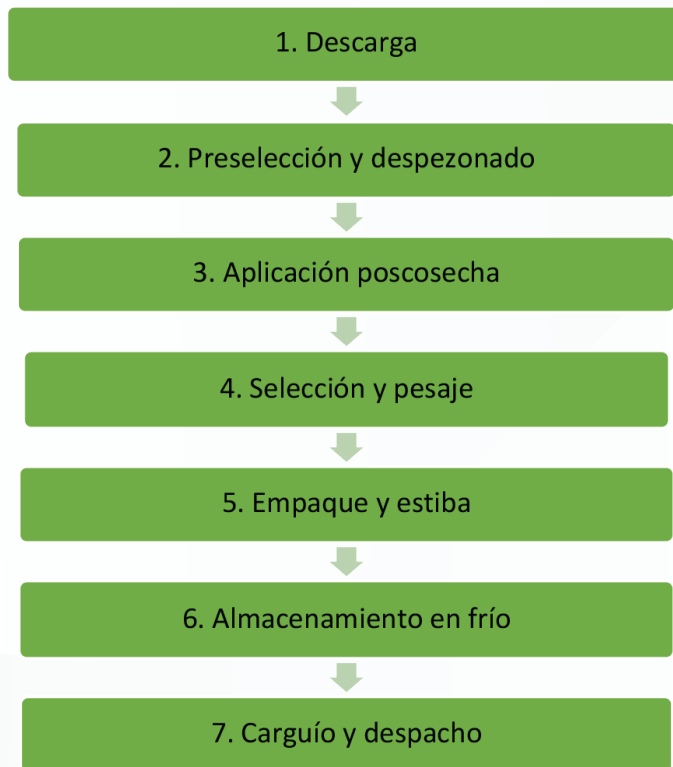


Figura 84. Consideraciones para la poscosecha del aguacate

## Flujo de Procesos en planta empacadora

El proceso en planta empacadora marca la etapa final del sistema de producción de aguacate antes de su llegada al consumidor final. Al igual que en campo, los procesos asociados a postcosecha y empaque deben asegurar la inocuidad y calidad del producto final. La inocuidad es la garantía de que el fruto se encuentra libre de riesgos químicos, físicos y biológicos, y por calidad, que el producto cumple con los requerimientos mínimos deseados por el mercado y el consumidor en cuanto a condiciones de forma, color, olor, peso, sabor entre otras.

El proceso de postcosecha de aguacate puede dividirse de la siguiente forma:



### Descarga

La fruta se debe descargar con mucho cuidado evitando golpear las cajas y los frutos. Se estiba en un área de la planta destinada para tal fin.



Figura 85. Descarga de aguacates

## Preselección y despezonado

Se realiza una selección inicial rápida de frutos que, a simple vista por defectos, tamaño o condiciones fitosanitarias, no aplican para el mercado. Además, la fruta se despezona, lo cual consiste en eliminar con una tijera una sección de pedúnculo sobrante de manera tal que se deja un segmento entre 3 y 5 mm, con el fin de proteger el fruto y la formación entrada de patógenos como moho al interior del aguacate.



Figura. 86. Despezonado del fruto en planta empaçadora, foto tomada de finca de José A. Fallas, 2025.

## Aplicación postcosecha

Una vez que se despezona, se realiza una aplicación con ayuda de un equipo de aspersión a presión, con fungicidas o productos que ayuden a proteger la fruta del ataque de hongos postcosecha como mohos y prevenir la incidencia de antracnosis en fruto. Se puede utilizar fungicidas como Prochloraz, o extractos botánicos como cítricos. Una vez realizada la aspersión, se deja secar la fruta. También existen equipos de desinfección alternativos como la aplicación de ozono ( $O_3$ ) como agente antimicrobiano que elimina eficazmente bacterias, hongos y levaduras presentes en la superficie del aguacate y en el ambiente de las cámaras de almacenamiento, esto es crucial para reducir la incidencia de enfermedades postcosecha como la antracnosis y la pudrición del pedúnculo.



Figura. 87. Productor Álvaro Torres demostrando equipo de aplicación de ozono utilizado para la desinfección de frutales (foto tomada en finca de Álvaro Torres, 2025)

## Selección y pesado

Posterior a la aplicación postcosecha, se procede a pesar y clasificar por peso los frutos tratados, además de seleccionar o descartar los frutos con algún daño de hongo o insectos.

Tabla 18: La siguiente tabla detalla la calificación del fruto por calibre o peso para mercado, finca José A. Fallas, 2025

Clasificación	Peso Mínimo (gramos)	Peso Máximo (gramos)
Premium	285	
Supremo	240	284
Súper extra	220	239
Extra	180	219
Extra 1	140	179
Extra 2	120	139
Canica	100	119
Bolilla		99



Figura. 88. Selección de frutos por peso y condición, finca José A. Fallas, 2025.

## 8. ALMACENAMIENTO

### **Empaque para el mercado**

Para el mercado, la fruta se empaca en canastas plásticas de 10 kg. No debe ser de mayor peso para evitar daños en la fruta por golpes o compresión.

### **Almacenamiento**

Los puntos más importantes para almacenar el aguacate Hass antes de su distribución al mercado mayorista incluyen control de temperatura, humedad, ventilación, empaque adecuado y manejo cuidadoso para evitar daños físicos y pérdida de calidad.

### **Temperatura y humedad**

La refrigeración es esencial; la temperatura óptima antes de maduración es entre los 13°C y los 15°C con una humedad relativa del 85-90%. Para aguacates ya maduros, la temperatura debe ser entre 8°C y 10°C con igual humedad relativa.

### **Manejo de empaque y ventilación**

Los aguacates deben estar en empaques que permitan libre circulación del aire, y deben estar protegidos contra golpes y rozamientos. El empaque debe ser por capas con frutas del mismo tamaño y es fundamental mantener una buena ventilación para evitar la acumulación de gases que pueden acelerar el deterioro. Es ideal mantener un flujo continuo y controlado del aire fresco que ingresa por una entrada estratégicamente ubicada y expulsa el aire caliente por una o más salidas. En sistemas cerrados, como cámaras de almacenamiento es importante tomar en consideración los siguientes puntos:

- Entrada de aire fresco por la parte frontal o inferior
- Salida de aire caliente por la parte trasera y/o superior, aprovechando que el aire caliente tiende a subir
- Ventiladores para generar un flujo constante que impulse el aire frío hacia dentro y expulse el aire caliente hacia Afuera, asegurando renovación constante del aire dentro del espacio.
- La circulación del aire debe ser uniforme para evitar zonas calientes o con aire estancado, maximizando la eficiencia del enfriamiento
- Es importante mantener libre paso del aire, para evitar obstrucciones, y ordenar cables o elementos que dificulten la circulación del aire.

## Tecnologías:

En la actualidad existe una técnica avanzada de Atmósferas Modificadas (AM) en donde la composición de gases dentro del empaque es modificada reduciendo los niveles de oxígeno (O<sub>2</sub>) y aumentando los niveles de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), disminuyendo así la tasa de respiración de la fruta y por consiguiente la tasa de producción de etileno, retrasando así la maduración y aumentando vida útil en anaquel.

Paralelamente existe en el mercado inhibidores de etileno que bloquean los receptores hormonales en el fruto, impidiendo que la fruta responda a su propia producción. Un ejemplo claro es el 1-Metilciclopropeno (1-MCP), que al ser aplicado en las etapas iniciales de postcosecha, puede prolongar la vida en anaquel por 30 días, manteniendo la firmeza y el color del aguacate.

## Manejo y Transporte:

Es vital comenzar la cadena de frío desde la cosecha hasta la entrega al mercado mayorista, manteniendo temperaturas y humedad adecuadas en todo momento. Es de suma importancia evitar demoras entre la cosecha y el almacenamiento refrigerado, ideal menor a 24 horas y no exceder las 48 horas, además de, realizar el transporte en vehículos refrigerados con control y monitoreo continuo de temperatura, sin embargo, no se debe de descuidar el patrón de carga que permita una distribución uniforme de la temperatura y minimice daños físicos por movimientos o vibraciones durante el transporte. Además, se debe proteger la carga de la radiación solar directa y de variaciones térmicas por ambientes externos, con cubierta y que no se exponga a contaminación por excretas de animales, entre otros agentes biológicos.

## Problemas poscosecha del aguacate

En la etapa de postcosecha del aguacate Hass se pueden expresar daños y problemas iniciados desde el manejo del cultivo en campo hasta la forma en que el fruto es enfriado, transportado y madurado. Diversos estudios (Ceballos et al., 2023; Agrosavia, 2020; Everett, 2008) coinciden en que la mayoría de los problemas observados durante almacenamiento y transporte no se originan en postcosecha, sino que son consecuencia de **infecciones latentes por hongos, fisiopatías inducidas por estrés, desbalances nutricionales y daños mecánicos** acumulados desde el árbol. La postcosecha, por lo tanto, funciona como un revelador de fallas fisiológicas o sanitarias previas, cuya manifestación depende de factores como la maduración, la temperatura, las fluctuaciones del ambiente, el manejo del pedúnculo y la integridad epidérmica.

## Enfermedades postcosecha causadas por hongos Antracnosis (Colletotrichum spp.)

La antracnosis es la enfermedad más importante en postcosecha del aguacate Hass alrededor del mundo. De acuerdo con Everett (2008), *Colletotrichum gloeosporioides* y especies afines infectan flores, brotes tiernos y frutos pequeños, persistiendo en estado quiescente durante el desarrollo del fruto. Las esporas germinan durante la maduración, cuando el fruto experimenta cambios fisiológicos como ablandamiento, incremento de la actividad enzimática y liberación de etileno (Agrosavia, 2023).



a. y b. Síntomas de antracnosis en la pulpa de aguacate Hass;  
c. y d. Crecimiento del hongo en la zona peduncular del fruto; e. Hongo esporulado en frutos con desarrollo avanzado de la enfermedad

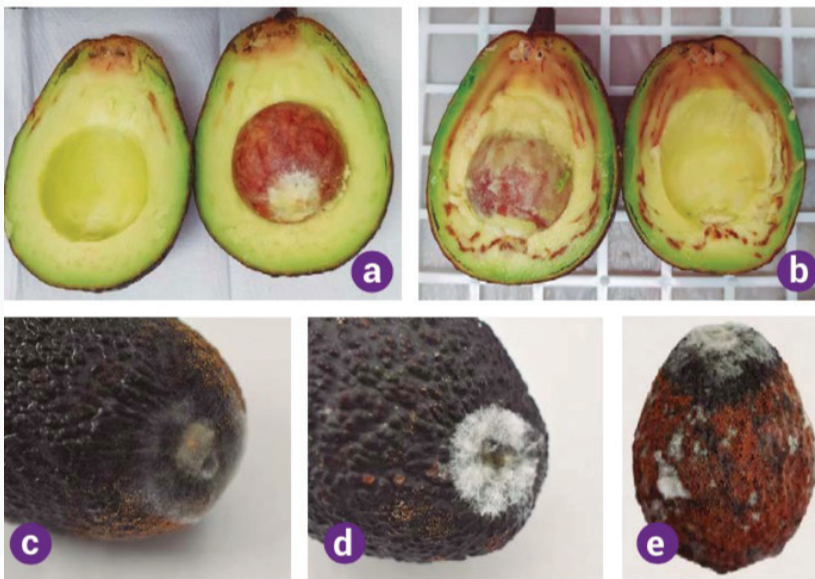


Figura 89. Enfermedades poscosecha causadas por hongos Antracnosis

La enfermedad se manifiesta como lesiones deprimidas, oscuras y húmedas, a menudo con esporulación rosada o salmón, especialmente cuando la humedad es elevada. Factores como cosecha bajo lluvia, falta de secado, golpes, cortes irregulares, lenticelosis y fluctuaciones de temperatura aumentan dramáticamente la severidad (Ceballos et al., 2023). Además el exceso de nitrógeno en precosecha incrementa la susceptibilidad debido a la formación de tejidos más tiernos y alta respiración postcosecha (Bower & Cutting, 2002).

### **Pudriciones internas y pedunculares (Botryosphaeriaceae)**

Las pudriciones internas son consideradas uno de los problemas más severos en cadenas de exportación porque muchas veces no presentan síntomas externos visibles. Ceballos et al. (2023) detalla tres tipos de daño interno en aguacate, generalmente asociados a miembros de la familia Botryosphaeriaceae, particularmente *Lasiodiplodia theobromae*, *Neofusicoccum parvum* y *Diplodia* spp.



Figura 90. Pudriciones en el cultivo de aguacate

### **Lasiodiplodia y Neofusicoccum**

#### **Neofusicoccum**

- **Daño Tipo 1:** Pulpa corchosa, necrosis oscura, generalmente atribuida a *Lasiodiplodia*.



Figura 91. Daño por *Neofusicoccum* tipo 1

- **Daño Tipo 2:** Necrosis café clara con presencia de micelio algodonoso cerca del pedúnculo, relacionada con infecciones activas postcosecha.

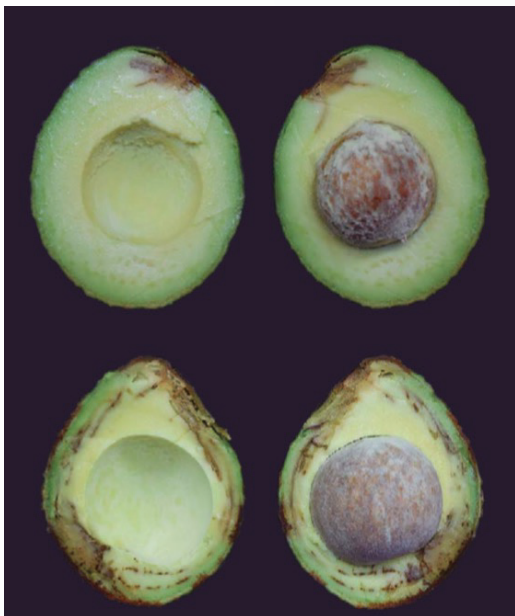


Figura 92. Daño por *Neofusicoccum* tipo 2

- **Daño Tipo 3:** Necrosis pálida, irregular, sin afectación vascular, que puede confundirse con fisiopatías por frío o golpes.

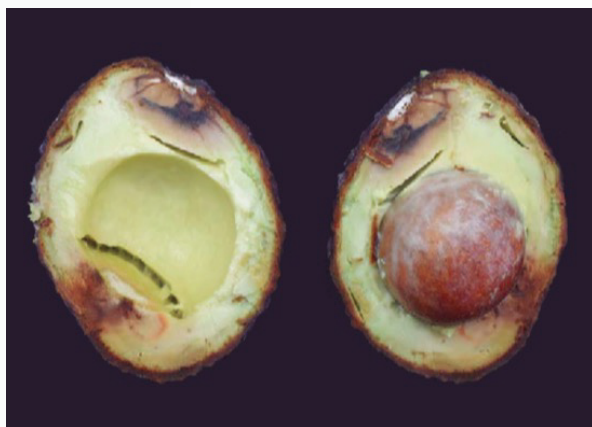


Figura 93. Daño por *Neofusicoccum* tipo 3

Estos hongos colonizan tejidos previamente debilitados, ingresan por pedúnculos mal cortados o por heridas, y avanzan rápidamente en condiciones de transporte prolongado. Se ha documentado que *Lasiodiplodia* puede destruir internamente un fruto en 5-10 días a temperatura ambiente (Serna et al., 2019).

El riesgo aumenta cuando el fruto proviene de árboles con deficiencia crónica de calcio o con estrés hídrico durante el llenado del fruto, ya que esto debilita los tejidos vasculares y predispone a necrosis internas (Woolf & Ferguson, 2000).

### **Infecciones oportunistas: Pestalotiopsis y Diaporthe**

Las infecciones por Pestalotiopsis / Pseudopestalotiopsis, son caracterizadas por colonias blancas algodonosas y acérvulos tardíos. Estos hongos son oportunistas y avanzan principalmente en frutos con lenticelas colapsadas o con abrasiones superficiales (Agrosavia, 2023).

Por su parte, Diaporthe spp. (y su estadio asexual Phomopsis) provoca lesiones secas y de progresión lenta, pero puede ser importante en rutas largas de exportación. En mercados de exportación se han reportado pérdidas significativas cuando se combina con fluctuaciones térmicas en contenedores .

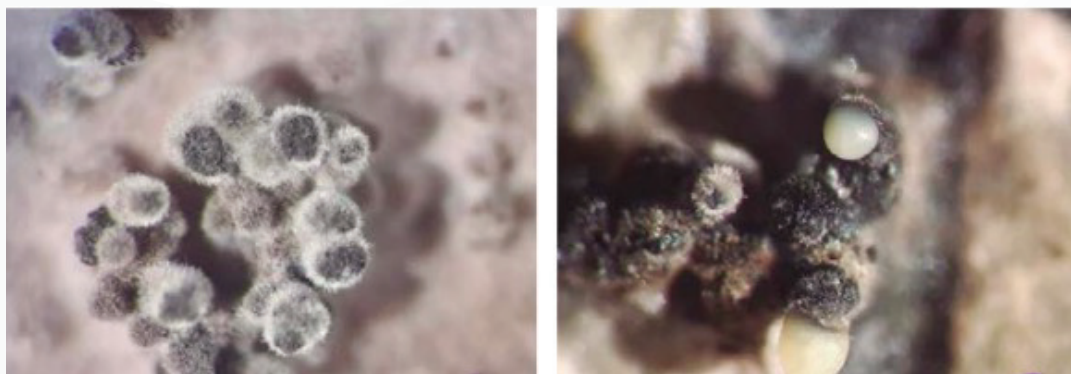


Figura 94. Estructuras reproductivas de Diaporthe y Phomopsis

Estructuras reproductivas de Diaporthe y Phomopsis.

### **Fisiopatías postcosecha Lenticilosis**

La lenticilosis es una de las fisiopatías más importantes del aguacate Hass. Ocurre cuando las lenticelas, las cuales son las rugosidades naturales de la cáscara y que sirven para facilitar el intercambio gaseoso, se colapsan por humedad superficial al cosechar, por fricción entre frutos, o por baja concentración de calcio en la epidermis. Everett (2008) y Ceballos et al. (2023) documentan que las lenticelas dañadas aumentan la penetración de hongos y reducen la vida útil del fruto. Tal como se detalló anteriormente, se manifiesta como manchas necróticas oscuras en las lenticelas de la cáscara, y sobre las cuales posteriormente pueden ingresar hongos oportunistas.

## Daños por frío

El enfriamiento tardío puede duplicar la incidencia de pudrición interna (Ceballos et al., 2023). La fisiología del aguacate exige un retiro rápido del calor de campo, ya que la tasa respiratoria aumenta drásticamente a temperaturas superiores a 20°C, activando infecciones latentes. Por otra parte, las fluctuaciones en la cadena de frío (cambios drásticos) también puede generar condensación que, activa hongos, favorece el crecimiento de mohos, y altera la respiración controlada del fruto bajo condiciones normales de almacenamiento.

## Daños por deshidratación

Durante el almacenamiento prolongado o transporte con ventilación insuficiente, el fruto pierde humedad, provocando arrugas superficiales, colapso de lenticelas, aceleración de la respiración y mayor progresión de hongos. La deshidratación es uno de los factores menos atendidos, pero más documentados en rechazo de contenedores en casos de exportación.

## Desbalances nutricionales: factor determinante en la calidad postcosecha

El comportamiento poscosecha del aguacate Hass depende de manera estrecha del equilibrio nutricional del árbol. Es de conocimiento que los desórdenes internos, la firmeza, la vida de anaquel y la susceptibilidad a pudriciones responden no solo a la disponibilidad individual de nutrientes, sino, sobre todo, a las relaciones entre ellos, particularmente N/Ca, K/Ca y (Ca+Mg)/K (Ramírez-Gil, 2017; Silva & Castaño, 2019).

La nutrición influye en la estructura de la pared celular, el transporte de fotoasimilados, el contenido de aceite y la arquitectura interna del fruto. Por ello, incluso cuando las prácticas de cosecha y empaque son adecuadas, una fruta proveniente de árboles con desbalances nutricionales tiende a deteriorarse más rápidamente durante almacenamiento y transporte.

El exceso de Nitrógeno aparece como un factor de riesgo para la poscosecha. Niveles altos de Nitrógeno generan tejidos más succulentos y menos firmes, lo cual incrementa la prevalencia de pudriciones (Arpaia et al., 2018 y Bower, 2002). Además, una alta relación N/Ca se asocia con mayor degradación de la pulpa y pardeamientos internos durante el almacenamiento en frío (Guzmán-Padilla & Cossio, 2016).

En cuanto al Potasio (K), es fundamental para el llenado del fruto y la síntesis lipídica, pero en exceso puede provocar antagonismos con Calcio y Magnesio, lo que afecta la estabilidad interna del fruto. Estudios latinoamericanos muestran que relaciones altas K/Ca se vinculan con mayor incidencia de desórdenes internos y maduración irregular (Bernal-Estrada & Sierra, 2018; Silva & Castaño, 2019).

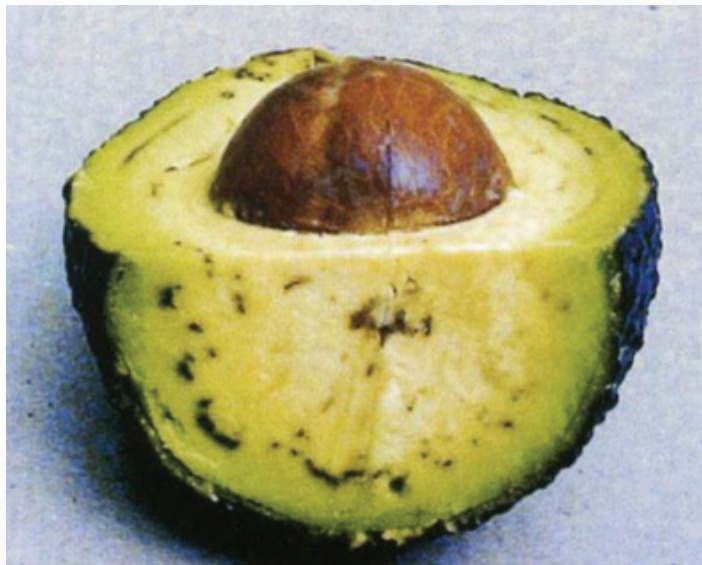


Figura 95. Aguacate con nivel bajo de calcio

El calcio es el nutriente con mayor respaldo científico en su relación directa con la calidad poscosecha. Niveles adecuados de Ca en la cáscara y la pulpa del fruto se asocian con mayor firmeza, menor incidencia de hongos oportunistas y reducción de pardeamientos internos (Cossio-Vargas et al., 2015). La fruta deficiente en Ca puede presentar un ablandamiento rápido, y colapso de pulpa. El calcio determina la firmeza, cohesión y resistencia de las paredes celulares. Su baja movilidad obliga a un manejo agronómico preciso. La mayoría de frutos con daños internos severos provienen de árboles con niveles bajos de Ca (Everett, 2008; Woolf & Ferguson, 2000), y se puede asociar a síntomas de lenticelosis, manchas debajo de la cáscara, micro fisuras, y activación de infecciones internas por hongos.

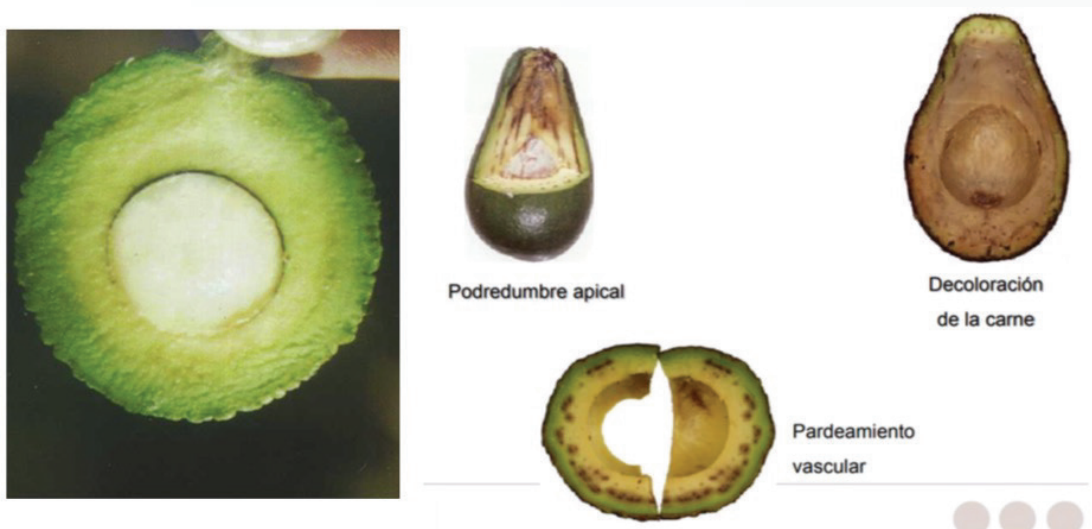


Figura 96. Pardeamiento vascular

El Magnesio participa en la fotosíntesis y en el equilibrio de cargas en el árbol. Aunque su relación directa con la poscosecha es menor, juega un papel crucial en la relación  $(Ca+Mg)/K$ , cuya reducción se ha asociado con un incremento de los desórdenes internos en el fruto (Silva & Castaño, 2019).

El Boro cumple funciones clave en la integridad de las paredes celulares y el transporte de azúcares. Las deficiencias de B se relacionan con frutos deformes, dislocación del pedúnculo piel áspera y mayor susceptibilidad a daños mecánicos y pudriciones (Ramírez-Gil et al., 2017). Además genera cutículas débiles y lenticelas expandidas, favoreciendo infecciones oportunistas.

El zinc interviene en la síntesis de reguladores de crecimiento y enzimática. Su deficiencia genera frutos pequeños y piel irregular. Un adecuado suministro de Zn contribuye a mejorar la calidad general del fruto y su tolerancia a estrés poscosecha (Ramírez-Gil, 2017).



Figura 97. Aguacate con bajos niveles de zinc

En general, los principales patrones observados indican que una alta relación N/Ca y K/Ca se asocia con mayor incidencia de pudriciones y desórdenes internos, mientras que concentraciones adecuadas de calcio son determinantes para asegurar firmeza, integridad fisiológica y vida de anaquel. Los excesos de K y Mg pueden antagonizar la absorción de Ca, amplificando los riesgos de deterioro.

## 9. BIBLIOGRAFÍA:

1. Aguilar Castillo, E. R. (2023). Manual de manejo postcosecha de aguacate. Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), Guatemala.
2. AGROSAVIA. (2020). Cartilla técnica: la peca del aguacate. Bogotá, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria.
3. Agrosavia. (2023). Identificación y manejo de enfermedades que afectan la calidad comercial del fruto de aguacate. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia).
4. Agrosavia. (2025). Manejo de semillas, sustrato y riego en vivero para aguacate Persea americana. <https://www.agrosavia.co/productos-y-servicios/oferta-tecnológica/línea-agrícola/frutales/recomendaciones-protocolos-y-metodologías/607-recomendaciones-de-manejo-de-semillas-sustrato-y-riego-para-la-producción-de-material-de-siembra-de-aguacate-en-vivero>
5. Alcantara Cortes, J. S., Acero Godoy, J., Alcántara Cortés, J. D., & Sánchez Mora, R. M. (2019). Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal. Nova, 17(32), 109-129. <https://doi.org/10.22490/24629448.3639>
6. Asociación de productores de aguacate. (2009). Manual técnico Cultivo de aguacate. <https://sioc.minagricultura.gov.co/Aguacate/Normatividad/Paquete%20Tecnologico%20Aguacate.pdf>
7. AVOCADOS. (2025). THE HASS AVOCADO. AVOCADOS FROM MEXICO. <https://avocadosfrommexico.com/education/about-avo/hass-avocado/>
8. Arpaia, M. L., et al. (2018). Influence of nitrogen on postharvest quality of avocado. Journal of Horticultural Science.
9. Bartoli, J. Á. (2008, junio). MANUAL TECNICO DEL CULTIVO DEL AGUACATE HASS (Persea americana L.). <https://www.avocadosource.com/books/AlfonsoJose2008.pdf>

10. Bertsch, F., & Mendez, J. C. (2012). Guía para la interpretación de la fertilidad de los suelos de Costa Rica (I edición). Asociación Costarricense de la Ciencia del suelo. [https://www.researchgate.net/publication/279172745\\_Guia\\_para\\_la\\_interpretacion\\_de\\_la\\_fertilidad\\_de\\_los\\_suelos\\_de\\_Costa\\_Rica](https://www.researchgate.net/publication/279172745_Guia_para_la_interpretacion_de_la_fertilidad_de_los_suelos_de_Costa_Rica)
11. Bernal-Estrada, M., & Sierra, J. (2018). Función del potasio en el desarrollo del aguacate. *Revista Agronomía Tropical*.
12. Borjas, R., Julca, A., & Alvarado, L. (2020). Las fitohormonas una pieza clave en el desarrollo de la agricultura The plant hormones, an important component of the agriculture development. 8(2), 15p.
13. Bower, J. P., & Cutting, J. G. M. (2002). Avocado postharvest physiology.
14. Ceballos Aguirre, G. et al. (2023). Calidad del fruto de aguacate.
15. CENTA. (2025, junio 19). Parcela Demostrativa de Siembra de Alta Densidad en Cultivo de Aguacate. <https://www.centa.gob.sv>
16. Cerdas Araya, Ma. del M., Montero Calderón, M., & Somarribas Jones, O. (2014). VERIFICACIÓN DEL CONTENIDO DE MATERIA SECA COMO INDICADOR DE COSECHA PARA AGUACATE (persea americana) CULTIVAR HASS EN ZONA INTERMEDIA DE PRODUCCIÓN DE LOS SANTOS, COSTA RICA. *Agronomía Costarricense*, 38(1), 207-214. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/ac/v38n1/a14v38n1.pdf>
17. Cerdas Arroyo, M. del M., Montero Calderón, M., & Díaz Cordero, E. (2006). MANUAL DE MANEJO PRE Y POSCOSECHA DE AGUACATE (PRIMERA EDICIÓN). Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG).
18. Corella, R., Littig, D., Gálvez, F., & Sánchez-Galán, E. (2025). APORTES DE LOS BIORREGULADORES EN EL MANEJO DE CULTIVOS CONTRIBUTIONS OF BIOREGULATORS IN CROP MANAGEMENT. 7 (2), 87-108. <https://doi.org/10.48204/j.ia.v7n2.a7495>
19. Cossio-Vargas, L., et al. (2015). Relación del calcio con la firmeza del aguacate Hass. *Ciencia Hortícola Latinoamericana*.

20. Cultiflor. (2025). Aguacate: Tratamientos preventivos frente a la caída de frutos. <https://www.cultifort.com/aguacate-tratamientos-preventivos-caida-frutos/>
21. DECCO. (2016). GLOBAL AVOCADO MARKET. GLOBAL AVOCADO MARKET. <https://www.deccopostharvest.com/insight-details/global-avocado-market-test>
22. Díaz, C. A. (2021). Protocolo para la implementación de viveros de aguacate. [https://www.engormix.com/agricultura/miscellaneous/protocolo-implementacion-viveros-aguacate\\_a48280/](https://www.engormix.com/agricultura/miscellaneous/protocolo-implementacion-viveros-aguacate_a48280/)
23. Everett, K. R., Bowen, J. H., & Hruschka, H. (2008). Lenticel damage as a cause of quality loss in 'Hass' avocado. New Zealand Avocado Growers' Association Annual Research Report, 8, 1-8.
24. FrutyGreen. (2025). What is the Yield per Hectare of Hass Avocado? <https://frutygreen.com/en/hass-avocado-yield-per-hectare-2/>
25. Garbanzo, M. (2011). Manual de Aguacate. <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/f01-4259.pdf>
26. García, I., Calderón, G., & Arévalo, Ma. D. L. (2023). BIORREGULADORES Y BIOESTIMULANTES EN EL DESARROLLO, CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE FRUTO DE ARÁNDANO BILOXI. Revista Fitotecnia Mexicana, 46(4), 383. <https://doi.org/10.35196/rfm.2023.4.383>
27. Gardiazabal, F. (2025, julio 19). Palto Hass de altísima densidad con bioreguladores al suelo. Redagícola. <https://redagricola.com/palto-hass-de-altisima-densidad-bioreguladores-al-suelo/>
28. González, R. (2021). DIAGNÓSTICO NUTRIMENTAL DEL AGUACATERO EN TEJUPILCO, ESTADO DE MÉXICO. 55. [http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/4677/Gonzalez\\_Vences\\_R\\_MC\\_Edafologia\\_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/4677/Gonzalez_Vences_R_MC_Edafologia_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
29. Guzmán-Padilla, E., & Cossio, L. (2016). Efecto de la nutrición nitrogenada en la calidad poscosecha de aguacate Hass. Revista Mexicana de Fruticultura.
30. Haifa Negev technologies. (2025). Nutrición del Aguacate. <https://www.haifa-group.com/es/nutrición-del-aguacate>

31. Hammami, M., Ming Huang, K., & Guan, Z. (2025). An Overview of the Avocado Market in the United States. UNIVERSITY OF FLORIDA. <https://edis.ifas.ufl.edu/publication/FE1150>
32. Howden, M., Newett, S. D. E., & Deuter, P. (2005). Climate Change—Risks and Opportunities for the Avocado Industry. 19p. <https://www.avocado.org.au/wp-content/uploads/2017/02/Climate-Change-Risks-Opportunities-for-the-Avocado-Industry-M-Howden-S-Newett-P-Deuter-DPI.pdf>
33. IICA. (2019). Plan Nacional de Fortalecimiento del Sector Aguacatero. IICA. <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/E14-11087.pdf>
34. Jiménez, R. (2025). VIVEROS DE AGUACATE una planta sana y productiva (p. 77).
35. Lovatt, C. (2015). Optimizing ‘Hass’ avocado tree nutrient status to increase grower profit—An overview. PONENCIAS MAGISTRALES • PLENARY TALKS, University of California. [https://lovattresearch.ucr.edu/sites/default/files/2019-12/tech\\_lovatt\\_2015.pdf](https://lovattresearch.ucr.edu/sites/default/files/2019-12/tech_lovatt_2015.pdf)
36. MAG. (2018). Determinación del mejor sustrato, y su manejo, para la propagación de las paltas (aguacates). <https://www.portalfruticola.com/noticias/2018/08/04/determinacion-del-mejor-sustrato-y-su-manejo-para-la-propagacion-de-las-paltas-aguacates/>
37. MAG\_Guatemala. (2017). FICHA TECNICA AGROCLIMATICA AGUACATE HASS [Boletín informativo]. 14-07-2025. <https://guatemalanosedetiene.gt/wp-content/uploads/2024/06/FICHA-TECNICA-AGROCLIMATICA-AGUACATE-HASS.pdf>
38. Marakas, G. (2017). Requisitos climáticos y del suelo del aguacatero Plantar árboles de aguacate. <https://wikifarmer.com/library/es/article/requisitos-climaticos-y-del-suelo-del-aguacatero-plantar-arboles-de-aguacate>
39. Montero, J., & Chaves, J. (2015). MEMORIA Curso Producción de Aguacate de Bajura. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria. <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/f01-10790.pdf>

40. Morera, J. (2004). CARACTERIZACIÓN AGRONÓMICA DE UNA COLECCIÓN DE VARIETADES DE AGUACATE (Persea americana Miller) EN LA SUBESTACIÓN FRAIJANES, ALAJUELA, COSTA RICA. 34, 19-25.
41. PRODUCEPAY. (2021). AVOCADO ANALISIS 2021. 51p. <https://unindexed-files.s3.us-west-2.amazonaws.com/whitepaper-avocado.pdf>
42. Ramírez-Gil, H. (2017). Enfermedades y desórdenes fisiológicos del aguacate en Colombia. Editorial Universidad Nacional.
43. Ramírez-Gil, H., et al. (2017). Influencia del manejo nutricional en la calidad del aguacate. Agronomía Colombiana.
44. Retana, K. (2022). Producción de aguacate de altura variedad Hass. 43. <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-9844.pdf>
45. Rojas, E. C., Arreola, J. A., & Agustín, J. A. (2012). Propagación de aguacate (p. 50). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/232194/Propagacion\\_de\\_aguacate.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/232194/Propagacion_de_aguacate.pdf)
46. Salazar, S., Cossio, L. E., González, I. J. L., & Lovatt, C. J. (2007). DESARROLLO FLORAL DEL AGUACATE 'HASS' EN CLIMA SEMICÁLIDO. PARTE I. INFLUENCIA DE LA CARGA DE FRUTO Y EDAD DE LOS BROTES. Revista Chapingo Serie Horticultura, XIII(1), 87-92. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2007.03.013>
47. Salinas Vargas, D., Abraham Cruz Mendivil, Ayesha Yolitzin Peraza Magallanes, Bladimir Valenzuela Leal, Carlos Ligne Calderón Vázquez, Eduardo Sandoval Castro, Juan Carlos Martínez Alvarez, Jesús Eduardo Cuadras Camacho, Jesús Lucina Romero Romero, María Lizbeth Castro López, & Marco Antonio Magallanes Tapia. (2021). Manual del Aguacate (Primera edición). Téhwa, Agencia de comunicación y relaciones públicas. [https://codesin.mx/file/4/128\\_Manual%20del%20Aguacate%20-%2017%2011%202021%20.pdf\\_1637099646.pdf](https://codesin.mx/file/4/128_Manual%20del%20Aguacate%20-%2017%2011%202021%20.pdf_1637099646.pdf)
48. Servicio Fitosanitario del Estado (MAG). (2025). REPORTE DE LA CONSULTA DE PLAGUICIDAS. <https://app.sfe.go.cr/SFEInsumos/asp/Reportes/ReportViewer.aspx>

49. Silva, J., & Castaño, A. (2019). Relación nutricional y desórdenes internos en aguacate. *Revista Fitotecnia Latinoamericana*.
50. Jaramillo Laverde, L. N., Martínez Caballero, L. N., Ceballos Aguirre, G., Ciro Velásquez, H. J., & Castañeda Sánchez, D. A. (2023). Identificación y manejo de enfermedades que afectan la calidad comercial del fruto de aguacate. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agros)
51. Solís, P. (2016). PLAN DE MANEJO DE TRIPS EN EL CULTIVO DEL AGUACATE HASS. INTA. <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/H10-6409.pdf>
52. Sotomayor, A., Viteri, P., Posso, M., Racines, M., González, A., Cho, K. J., Villavicencio, A., & Viera, W. (2019). Manual Técnico para la producción de plantas injertadas de aguacate (*Persea americana* Mill.) (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP)). Imprenta Grupo CORREA. avocado storage.
53. Ureña, J. D. (2009). Manual de Buenas Prácticas Agrícolas en el Cultivo de Aguacate. 38. <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-9896.pdf>
54. Valenciano, A. (2009). La Zona de Los Santos y el café. 2, 47. <https://repositorio.una.ac.cr/server/api/core/bitstreams/337cd0bc-64b7-4769-afb9-8251a37d35bb/content>
55. Viteri, P., Viera, W., Gaona, P., Hinojosa, M., Sotomayor, A., Park, C. H., & Villavicencio, A. (2021). MANUAL PARA EL MANEJO DE LA PODA EN AGUACATE. 45.
56. Yara CR. (2025). Efecto del Calcio en la calidad del aguacate. Nutrición vegetal del Aguacate. <https://www.yara.cr/nutricion-vegetal/granavocadobyara/calcio-y-calidad/>
57. Woolf, A., & Ferguson, I. (2000). Calcium physiology and disorders in avocado storage.