Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria

sector AGRO ALIMENTARIO

Producción de:

Aguacate de altura

variedad Hass

GUIA TÉCNICA

Ing. Kenneth Retana Sánchez

2022

Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria

sector AGRO ALIMENTARIO

GUIA TÉCNICA

Producción de aguacate de altura variedad Hass

Ing. Kenneth Retana Sánchez

2022

Autores

Ing. Kenneth Retana Sánchez

Consejo Editorial del INTA

Ing. Kattia Lines Gutiérrez.

Ing. Laura Ramírez Cartín.

Ing. Nevio Bonilla Morales.

Ing. Francisco Arguedas Acuña.

Ing. Roberto Camacho Montero.

Ing. Kenneth Retana Sánchez.

Editora

Ing. Kattia Lines Gutiérrez, MGA. klines@inta.go.cr

Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA)

Diseño y diagramación

Handerson Bolívar Restrepo www.altdigital.co

San José, Costa Rica. 2022.

Tabla de Contenido

Presentación 5

Introducción 6

Origen y botánica 7

Condiciones agroecológicas y su manejo 8

Primera etapa: Vivero 10

- Selección del terreno 10
- Selección de semilla 10
- Germinación 11
- Bancales 12
- Sustrato 13
- Trasplante 13
- Sistema de riego 14
- Fertilización 15
- Manejo fitosanitario 15
- Injertación 16

Segunda etapa: Establecimiento de plantación 18

- Selección del terreno 18
- Manejo de suelo 18
- Trasplante 19
- Distancia de siembra 20
- Riego 20
- Fertilización 21
- Poda 27
- Principales enfermedades y su manejo 29
- Principales plagas y su manejo 35
- Control de malezas 41
- Cosecha 42
- Poscosecha 42

Literatura consultada 43

Presentación

Este documento está elaborado con el propósito de sintetizar las buenas prácticas agrícolas que se deben llevar a cabo para el desarrollo del cultivo de aguacate en cada una de las etapas del proceso productivo. Asimismo, el presente responde a la necesidad de actualizar la información disponible sobre las medidas que se implementan en este frutal para el alcance de sistemas agrícolas más eficientes y resilientes.

Cabe recalcar que uno de los objetivos fundamentales de este texto es enrutar las acciones que se ejecutan en el cultivo hacia la sustentabilidad, con el fin de reducir el impacto de la actividad en el ambiente y la sociedad; así como mitigar las consecuencias de prácticas convencionales inadecuadas. Esto permitirá que el rendimiento de aguacate en el país mejore y sea más estable, de tal forma que se pueda afrontar los retos que impone el Cambio Climático y las exigencias de los diferentes mercados.

Es importante dejar claro que la mención de las moléculas químicas para el control de problemas fitosanitarios no son recomendaciones del autor sino una descripción de lo que actualmente se usa en viveros y plantaciones comerciales. Esto porque la mayoría de los productos de síntesis que se citan no están registrados para este cultivo en el país.

La información que se presenta en esta guía es el resultado de la compilación del conocimiento y experiencia de varios productores de este cultivo, quienes tienen más de 20 años dedicados al rubro. Por lo tanto, las prácticas que aquí se presentan son un eje de la actividad en general pero están sujetas a ajustes según las condiciones agroedafoclimáticas propias de cada finca en donde se desarrolla el cultivo, así como la disponibilidad del recurso económico de cada agricultor.

Introducción

El cultivo aguacate en la Región Central inició hace más de cuatro décadas con la siembra de diferentes materiales, tales como Both, Nabal, Hall, Fugikagua, Izama y Simpson, entre otros, con poco éxito productivo. Entre los años 1985 – 1986, el Centro Agrícola Cantonal de Tarrazú introdujo la variedad Hass, con lo cual la actividad inicio su desarrollo. En las últimas dos décadas, esta ha tomado relevancia convirtiéndose en la segunda más importante, después de la del café.

El creciente interés en este producto obedece a los beneficios para la salud que se atribuyen a la fruta, los cuales están relacionados con el elevado valor nutricional de la misma. En el país la demanda excede la oferta, la producción interna cubre menos de la mitad del consumo nacional y el restante se abastece de las importaciones.

Esta demanda insatisfecha un factor promotor de la actividad aguacatera en el país. En la actualidad, el área y la cantidad de agricultores dedicados a la producción de este frutal se ha incrementado significativamente. Para el presente año, se reporta un total de 3074 has dedicadas a este cultivo, de las cuales 1638 ha se ubican en la Región Central Oriental lo que corresponde un 53% del territorio con un 47% del total de productores que desarrollan esta actividad.

La variedad Hass se produce en las provincias de San José, Alajuela, Cartago, Heredia y Puntarenas; la mayor cantidad de fincas se encuentra principalmente en la zona de Los Santos. Se reconocen agrupaciones que han contribuido con el desarrollo de aguacate de altura en el país, tales como el Centro Agrícola Cantonal de Tarrazú, APACOOP, el Centro Agrícola Cantonal de Desamparados en Frailes, Frutalcoop R.L y Frutales de Llano Bonito S.A, organizaciones que mantienen un aporte en la expansión del cultivo, por su rol en la producción de plantas de vivero.

A pesar de ser un cultivo de con gran potencial económico se deben atender una serie de aspectos para el adecuado desarrollo del mismo, tales como asistencia técnica oportuna, investigación e innovación (sobre todo en aristas de índole fitosanitario y productivo) y el fortalecimiento de las organizaciones, entre otros. Para alcanzar este propósito es necesario implementar estrategias integrales que mejoren la competitividad y rentabilidad de la actividad. En este sentido, es prioritario la identificación y respuesta de los factores que inciden negativamente en el desarrollo del cultivo.

Origen y botánica

El aguacate (*Persea americana*) es nativo de América y originario de México, Centro América, Colombia, Venezuela, Ecuador y Perú. Esta especie fue domesticada por los primeros pobladores de América Central y del sur, y de la parte central de México.

Debido a la extensa distribución del germoplasma de este frutal hacia regiones distantes de su lugar de origen, ocurrió una alta frecuencia de entrecruzamiento. Los actuales cultivares de mayor importancia económica, tanto en áreas subtropicales como tropicales, son resultado de la hibridación entre las distintas razas.

En lo referente a la botánica de este frutal, este pertenece a la familia Lauraceae, género *Persea* y especie *americana*. Se reconocen tres grupos ecológicos o razas en los que se agrupa el aguacate: Mexicana, adaptada a regiones de altura y caracterizadas por liberar olor a anís romper el follaje, la Antillana a la cual pertenecen los materiales de bajura; y la Guatemalteca, que se compone de materiales que se desarrollan en zonas intermedias y de altura. En el caso del Hass, este se identifica como un híbrido de las razas mexicanas y guatemalteca.

Condiciones agroecológicas y su manejo

Se tiene identificado que las condiciones óptimas para el desarrollo del aguacate Hass son las siguientes:

Altitud

El piso altitudinal va desde los 1500 a 2000 m s.n.m. aunque la altura ideal es 1400 a 1800 m s.n.m. Asimismo, existen algunas experiencias de productores que deben ser evaluadas a 1000 – 1400 y hasta 2250 m s.n.m para verificar el rendimiento y calidad de la fruta. En el país, se cuenta con plantaciones en alturas superiores a los 2000 m s.n.m., con un manejo enfocado en la captación de la luminosidad.

Temperatura

En relación con la temperatura, el rango ideal está entre los 18 - 25 °C. Temperaturas inferiores reducen el metabolismo de las plantas y correspondiente impacto en el desarrollo fenológico y el rendimiento.

El cambio de fenología de etapa vegetativa a reproductiva está determinado por la diferencias térmicas (temperaturas bajas) y por el estrés hídrico. Sin embargo, las bajas temperaturas pueden afectar la polinización al inhibir la fase femenina y la sincronía de fases.

Por las condiciones actuales, asociadas al cambio climático, las plantaciones se encuentran bajo variabilidad térmica diaria por lo que es latente el riesgo de estrés en el cultivo. El manejo de esta situación debe ir enfocado en el uso de patrones que brinden tolerancia a estos cambios y a un adecuado manejo nutricional e hídrico del cultivo, asimismo, en el mercado existen protectores térmicos foliares cuyo uso depende de la funcionalidad y costo.

Precipitación

Este cultivo requiere de 1200 mm anuales e idealmente no debe recibir más de 1500 mm. Sin embargo, en el país hay sitios que durante la época lluviosa, se puede llegar a superar los 2000 mm/año por lo que el factor limitante es el exceso de humedad en suelo, lo cual implica que las prácticas agrícolas deben ir orientadas a favorecer el drenaje. Entre las más frecuentes están la siembra o trasplante en montículos y canales de drenaje.

En épocas donde el recurso hídrico podría ser limitado, se debe proveer riego. La cantidad y la frecuencia depende del estado de desarrollo de los árboles, y del volumen aéreo de los mismos, lo cual varía con las podas.

Humedad relativa

El aguacate requiere de una humedad relativa media. Con altos valores de humedad en el ambiente se pueden dar problemas fitosanitarios, que se acentúan en árboles muy densos. Este factor abiótico se maneja con poda y una adecuada distancia de siembra.

En el caso de presentarse baja humedad relativa por periodos prolongados, ocurre la muerte del polen lo que afecta la fecundación, se forma frutos deformes y reduce el número unidades producidas. Aunque esto no es problema en las zonas de producción de Hass en el país.

Luminosidad

El aguacate es altamente demandante de luz. El establecimiento y manejo de la plantación debe ir enfocado a la mayor captación de la radiación mediante prácticas distancia de siembra y la poda, así como la orientación de la plantación.

Viento

El cultivo es poco tolerante a vientos fuertes ya que se provocan la caída de flores y frutos e incluso puede generar daños en ramas y hojas. En el caso de que se presenten problemas con este factor abiótico, se debe hacer uso de barreras rompevientos.

Las especies que se utilicen para limitar el exceso de viento deben cumplir las siguientes características: no ser hospederas de plagas y patógenos, que brinden algún beneficio ecológico y agronómico, de fácil manejo. Además, deben ser sembradas de tal forma que no genere sombra en los límites del cultivo**.**

Primera etapa: Vivero

Previo a la descripción de las prácticas agronómicas comunes en el desarrollo de viveros de plantas de aguacate es fundamental tener claro que todo área que se destine a esta actividad debe estar registrado ante el Servicio Fitosanitario del Estado en cumplimiento al Decreto 33927-MAG.

SELECCIÓN DEL TERRENO

El establecimiento del vivero se debe realizar en terreno que tenga facilidad de acceso, preferiblemente con calle pavimentada que permita el libre flujo de vehículos de los proveedores de los insumos y de los clientes y para el traslado de materiales.

El sitio debe contar buena luminosidad. El área debe se plana o con una pendiente leve (0,5% a 1%), lo cual debe permitir el drenaje de excesos de precipitación. Con respecto a lo anterior debe realizarse canales de drenaje según sea necesario.

En el área elegida se debe contar con acceso a una fuente de agua, la cual no debe presentar un pH menor a 5,5 ni mayor a 6,5. Debe tenerse garantía que esta no está contaminada ni que exista el riesgo de contaminarse con agroquímicos o con desechos agrícolas, lo que no implica que necesariamente que debe ser potable.

En el perímetro se deben contar con estructuras que garanticen la seguridad y la preservación de la calidad sanitaria del material vegetativo. De establecerse cercas vivas, estas no deben generar sombra sobre las plantas.

SELECCIÓN DE SEMILLA

Ante la problemática de la obtención de patrones provenientes de semilla y la correspondiente variabilidad genética asociada a estos materiales, se debe considerar el porcentaje de aprovechamiento para determinar la cantidad de semilla necesaria para obtener

el volumen de árboles requeridos al momento de la siembra en campo. De acuerdo con investigaciones en desarrollo, se tiene entre un 20% a 45% de pérdida desde el proceso de germinación hasta la etapa de desarrollo del injerto (principalmente por la alta segregación de la progenie), por lo que es recomendable duplicar la cantidad de semilla para obtener la cantidad de plantas de calidad élite al momento de la siembra en campo.

Dentro de las características deseables en un portainjerto se encuentran: tolerantes a altos contenido de arcillas, resistentes patógenos radicales (hongos de la familia Nectriaceae y *Phytophthora* spp.), tolerantes a condiciones hídricas limitantes, con alta afinidad con la copa Hass y con potencial enanizante. Hasta el momento se tienen identificados varios materiales que presentan algunos de los aspectos mencionados tales como el Duke 7, Toro Canyon (presentes en el país) y Dusa (ausente en Costa Rica). Cabe señalar que para mantener dichos factores de interés se deben implementar estrategias de propagación asexual, los cuales tienen alto costo y demandan mayor cantidad de tiempo (técnica de doble injerto) en relación con la multiplicación por semilla.

En la actualidad está en desarrollo líneas de investigación con un número limitado de patrones. Se requiere evaluar otros materiales promisorios para portainjerto.

La semilla se debe obtener de árboles vigorosos y sanos. Asimismo, los frutos deben de estar libre de plagas y enfermedades, y no deben presentar golpes; por lo que la fruta debe ser tomada directamente de los árboles y descartar la que cae al suelo (Figura 1).

Es ideal obtener semilla que provenga de un mismo árbol con el fin de reducir la heterogeneidad de los patrones obtenidos. Hasta el momento no se cuentan con resultados concretos para reconocer la influencia del tamaño de la semilla con el vigor del patrón.

GERMINACIÓN

La semilla previamente desinfectada se le hace corte en el área apical y se coloca en camas de germinación. Por lo general se utilizan cajas plásticas con borucha de madera o aserrín humedecido en donde se colocan las semillas en hileras sin separación, a una profundidad de 10 cm, se cubren con el sustrato y encima se les coloca papel periódico húmedo. Estas cajas se deben de ubicar en cuartos oscuros durante un mes (Figura 1).

Figura 1. Camas de germinación de semillas de patrones criollos de aguacate. INTA, 2021.

BANCALES

Las bolsas deben ser colocadas en bancales de 25 cm de ancho de modo que se puedan colocar dos hileras de bolsas a lo largo del bancal. Se puede colocar piedra quintilla o blocks de cemento acostados para evitar que la raíces lleguen a tocar el suelo. Asimismo, es importante colocar una estructura metálica de varilla (preferiblemente pintada con anticorrosivo) que permita mantener las bolsas posicionadas adecuadamente. La altura de esta estructura es de 30 cm (Figura 2)

Con el fin de aprovechar el espacio disponible, la distancia entre los bancales debe ser de 50-60 cm, separación que permite el paso del personal para la ejecución de las distintas labores de manejo. En estas entrecalles se debe colocar malla ground cover para evitar el crecimiento de malezas y el salpique de la gota de lluvia, así como el acúmulo de agua (Figura 2).

Figura 2. Estructura de los bancales para la colocación de las bolsas para el trasplante de la semilla germinada. (Fuente: Gamboa 2022).

SUSTRATO

La mezcla a utilizar debe tener buenas características físicas que permitan una buena retención de humedad pero drenar los excesos de agua. Asimismo, debe contener algún material orgánico que permita la retención y liberación de nutrientes.

Se pueden usar diferentes mezclas de materiales en diferentes proporciones. Una de las que ha dado buenos resultados es 45% abono orgánico, 30% turba y 25% granza de arroz (Figura 3). Es óptimo evitar del uso de suelo en el sustrato para evitar potenciales problemas fitosanitarios.

Figura 3. Sustrato utilizado para el trasplante de la semilla germinada. (Fuente: Gamboa 2022).

TRASPLANTE

Al momento del trasplante es necesario desinfectar la raíz en una solución de fungicida que sea efectivo contra hongos de suelo, por lo general se utiliza carbendazina (1 g/L) para reducir la incidencia de *Fusarium* spp. aunque hay que valorar otras opciones químicas para el combate de este y otros patógenos radicales (Figura 4). Cada semilla se debe sembrar en la bolsas indicadas a un profundidad de 15 cm aproximadamente (depende del largo de la raíz).

De forma inmediata se debe cubrir con sustrato, asegurándose que el ápice se cubra por completo (previene 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.

Figura 4. Desinfección de la radícula previo al trasplante. INTA, 2021.

SISTEMA DE RIEGO

El sistema riego que permite proveer de manera precisa y eficiente el recurso hídrico y en el momento oportuno es el sistema de goteo. Este consiste de líneas principales de distribución de las cuales se derivan líneas secundarias de riego tipo pajillas o espaguetti (Figura 5).

Por 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.

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

Figura 5. Sistema de riego tipo pajilla utilizado árboles en etapa de vivero. (Fuente: Gamboa 2022).

FERTILIZACIÓN

Los patrones en desarrollo deben fertilizar cada 15 - 22 días con fertilizantes ricos en fósforo como 12-43-12 (10g/L) o 12-60-0 (3 g/L) y de desarrollo como hidrocomplex (18-18-18) (15 g/L), durante los primeros cuatros meses. Al quinto mes aplicar 12-60-0 a la dosis indicada y un fertilizante foliar con elementos menores. Al sexto mes (y séptimo en caso de ser necesario), aplicar quelato de magnesio (5 g/L) y un bioestimulante con giberelinas y citoquininas (la dosis depende del producto a utilizar).

El uso de fertilizantes organominerales, por ejemplo 9-12-10 (8) Ca - (4) Mg - (5,6) S - (0,2) B y (0,5) Zn son una alternativa que se debe considerar en esta etapa productiva. A partir del primer trimestre, se puede aplicar 30 g/planta al tercer y quinto mes, ya que este tipo de productos duran cerca de 30 días liberando los nutrientes, por lo que se recomienda su aplicación cada 45 días.

Fertirrigación

Esta tecnología utiliza el sistema de riego como medio para la fertilización de los árboles jóvenes mediante el uso de sales solubles que son disueltas en el agua de riego. El procedimiento de preparación de las mezclas requeridas es el mismo que se sigue para sistemas de cultivo sin suelo.

En esta etapa la solución aplicar debe ser rica en fósforo y nitrógeno, para lo cual se utiliza fosfato monopotásico y nitrato de calcio; las necesidades de nitrógeno que no son suplidas por el nitrato se pueden complementar con urea.

MANEJO FITOSANITARIO

Al momento del trasplante en bolsa es oportuno aplicar en drench una solución de varias cepas de *Trichoderma* spp. como acción preventiva de pudriciones radicales. Es fundamental utilizar cepas nativas de la zona donde se van aplicar.

El monitoreo constante es pilar para identificar la incidencia de problemas fitosanitarios en etapas tempranas e implementar prácticas de control oportunas. Es conveniente la eliminación de plántulas débiles, con poco crecimiento, o con síntomas evidentes de enfermedad o de la presencia de minadores de la semilla, así como aquellas que presenten poliembrionía (Figura 6).

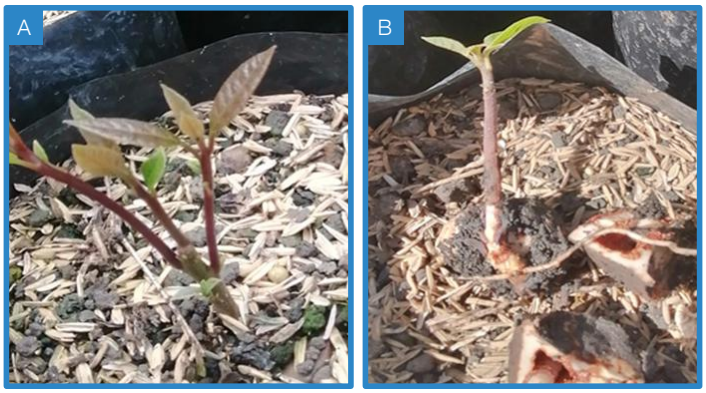

Figura 6. Aspectos de vigilancia durante el desarrollo del plantas en etapa de vivero. A. Poliembronía. B. Daño por minador. INTA, 2021.

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, principalmente.

Al tercer y cuarto mes de crecimiento después del trasplante, se pueden presentar problemas de plagas como trips y ácaros. Por lo cual se deben de 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 respetando las dosis indicadas por el fabricante.

En el área de desarrollo de las plantas el control de arvenses se realiza principalmente con el ground cover y manualmente tanto en las bolsas de las plantas de interés como en aquellas zonas donde se presenten focos de este tipo de plantas. En aquellos sitios donde se presente barbecho se debe llevar a cabo manejo discriminado para el desarrollo de coberturas espontáneas funcionales, como hospederas de microorganismos o entomofauna benéfica.

INJERTACIÓN

Se manejan varios criterios para definir el momento oportuno de injertación, basado en la edad, grosor del tallo y altura del patrón. En el caso del grosor se considera que un tallo de 1,0 a 1,5 cm de diámetro es apto para injertar, lo cual en promedio se alcanza a los siete u ocho meses. Respecto a la altura, plantas con 45 cm han dado resultados aceptables de sobrevivencia del injerto, lo cual se alcanza entre los 5,5 y 6,5 meses después del trasplante.

El método de injertación utilizado en los viveros comerciales es de enchape lateral, en el patrón previamente decapitado. En este se injerta un brote previamente desinfectado con carbendazina (1 g/mL), de 7 - 10 cm con al menos cinco yemas con crecimiento activo, el cual se debe desinfectar con el cual se cubre con una bolsa por un mes para evitar que ingrese agua entre los tejidos en cicatrización (Figura 7).

Figura 7. Injertación de yemas de la variedad Hass sobre patrones del material denominado Cima. INTA, 2021.

Segunda etapa: Establecimiento de plantación

SELECCIÓN DEL TERRENO

El terreno donde se va a establecer la plantación debe tener una profundidad mínima de 1,0 m, en condiciones de pendiente y de 1,20 m en terrenos planos. Es ideal que el terreno tenga una inclinación de al menos un 5% con el objetivo de evitar acumulación de agua.

Es fundamental realizar un análisis químico de suelo previo a la siembra para reconocer el estado nutricional del mismo. Con esta información se ajusta el plan de fertilización.

MANEJO DE SUELO

El eje primordial en el establecimiento y desarrollo de plantaciones de aguacate es un suelo con las condiciones físicas, químicas y biológicas adecuadas. Este frutal requiere de un medio edáfico profundo mayor a 1,0 – 1,5 m según la pendiente, con textura franca (<30% de arcillas) y una alta capacidad de infiltración, pH de 5,5 – 7,0 y con alto contenido de materia orgánica (5 – 10%).

El contenido de nutrientes y la disponibilidad de este es vital para el adecuado desarrollo de este frutal. Estos aspectos están supeditados al componente microbiológico, ya que las múltiples interrelaciones entre microorganismos fomentan procesos implícitos en la eficiencia, disponibilidad y absorción de nutrientes.

El uso e incremento de la materia orgánica es una herramienta para mejorar las tres propiedades descritas. Agregar esta en el punto de siembra al momento del trasplante y durante el desarrollo del cultivo es importante para mantener e incrementar poblaciones de organismos benéficos y contribuye a la conservación de la humedad, lo que favorece la absorción hídrica y nutricional.

La cantidad utilizar depende de la economía del productor, sin embargo, una cantidad mínima que se puede utilizar es de dos kilos por árbol al momento del trasplante y 50 kg/árbol distribuidos en diferentes épocas del año en plantaciones en desarrollo. Lo óptimo es que dicho abono esté lo más próximo y/o en la periferia del sistema radical.

Un manera de aportar materia orgánica al suelo es mantener la hojarasca y resto de material vegetativo del árbol en el área debajo del dosel. Lo cual brinda los beneficios mencionados y estimula el sistema radical (Figura 8).

Figura 8. Presencia de raíces en la superficie edáfica por la adición de hojarasca en el suelo. INTA, 2021.

TRASPLANTE

En terrenos con pendiente se deben realizar montículos de 1,5 – 2,0 m de diámetro para el trasplante 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 (Figura 9).

Figura 9. Trasplante de árboles de aguacate en montículos anchos. (Fuente: Ureña 2021).

DISTANCIA DE SIEMBRA

Se pueden usar diferentes distancias de siembra. La distancia que se utilice debe considerar que los árboles de aguacate son altamente demandantes de luz, en donde no reciba luz no habrá producción.

Otro factor determinante es la frecuencia de poda y costo económico asociado a esta práctica. En sistemas donde se maximiza el uso del espacio se puede implementar distancia de 5x5 m o 5x6 m, con un manejo de podas intensivas.

Las distancias más comunes son 6x6 m y 7x8 m, ya que distancias mayores son menos rentables por unidad de área. En otras latitudes se conocen casos exitosos con arreglos con alta densidad de 4x4 m, 4x3 m y 3x3 m, con portainjertos enanizantes.

RIEGO

Es importante tener claro que el sistema radical del aguacate es imperfecto en cuanto a la absorción del agua. Aunque este puede extenderse hasta 120 - 150 cm, el mayor volumen de raíces se encuentran entre los 0 a 60 cm de profundidad, mayormente con crecimiento lateral primario y secundario.

El conjunto de raíces superficiales es suberizado y es relativamente ineficiente para la absorción de agua. Las etapas sobre las cuales esta situación tiene mayor impacto son en la floración (aumenta el consumo de agua hasta un 13%), y en el cuaje y crecimiento temprano de fruto, por lo cual el riego es fundamental para reducir el riesgo de caída de flores y frutos.

La cantidad de agua y la frecuencia de riego varía con la edad del árbol y las condiciones climáticas de la región donde se desarrolla el cultivo. Con miras a reducir el estrés diario que sufre el árbol se considera que varios riegos cortos al día permiten mantener los primeros estratos del suelo húmedos. En medio de estos se puede hacer un riego más largo para mojar más profundo en el perfil del suelo.

Según la disponibilidad del recurso hídrico, el riego se puede realizar cada dos días, siempre que procurando cubrir más del 70% del área que cubre el dosel. Dentro de sistemas de riego más utilizados en este cultivo se encuentran:

- **Goteo:** Se utiliza durante el primer año de la plantación. Este sistema permite utilizar un volumen de agua reducido, un menor costo eléctrico y facilita aplicar fertilizantes

al cultivo. Asimismo, controla arvenses al localizar el bulbo de mojado en la raíz del árbol, lo que le da ventaja competitiva.

Si el sitio de cultivo es relativamente uniforme y profundo, en los siguientes años desarrollo se puede continuar con este sistema de riego con varias líneas de goteo de bajo caudal que cubran más del porcentaje del área debajo del dosel indicado.

Se recomienda tres goteros por cada metro de la distancia de siembra. El inconveniente es que no se ajusta fácilmente a sistemas de cultivo de ladera y el costo de establecimiento puede ser elevado.

- **Riego por microaspersión:** Sistema adaptado a condiciones edáficas irregulares. Debido a que el aspersor gira puede abarcar más radio de mojado, se puede utilizar una unidad del primer al cuarto año. Del quinto en adelante o según el crecimiento de los árboles, se pueden usar dos unidades.

FERTILIZACIÓN

Para un correcto aporte de nutrientes se debe contar con un análisis de suelo previo a la siembra de los árboles de tal forma que se hagan las correcciones de acidez y aporte de nutrientes que demanda el cultivo de forma oportuna. Además, se deben realizar análisis foliares por lo menos dos veces al año para verificar el estado nutricional de la plantación en general.

Se debe tener una visión integral para extraer la información correcta de los resultados de estos análisis, de tal forma que se identifiquen problemas que limitan la absorción de nutrientes oportunamente. En el cultivo de aguacate se presenta una comunidad de patógenos radicales que afectan en diferentes momentos del ciclo del cultivo y que pueden aumentar su severidad bajo un evento de estrés en el árbol, lo que se manifiesta en síntomas de deficiencias que solo podrán ser corregidas hasta que se controle el problema fitosanitario.

Cabe recalcar que existe un efecto del portainjerto sobre el contenido nutricional de la copa, lo cual se debe considerar para interpretar los resultados de los análisis foliares. En el cuadro 1 se presenta un resumen del efecto de los portainjertos en el contenido de los nutrientes en diferentes copas (A: Alto, M: Medio, B: Bajo), lo cual sirve de ejemplo de lo que se puede esperar en los injertos de Hass.

Cuadro 1. Efecto relativo del patrón sobre la concentración de nutrientes sobre la copa.

	Mexicano	Antillano	Guatemalteco
N	A	B	B
P	M	A	B
K	A	M	B
Ca	B	B	A
Mg	B	A	A
Na	A	B	B
Cl	A	B	B
Mn	B	A	--
Fe	M	A	B
Zn	B	A	--
B	B	--	A

Fuente: Gardiazabal (2004).

Muestreo foliar

Lo primero que se debe realizar es separar la plantación en áreas con condiciones de suelo homogéneas y en cada una de estas establecer subparcelas con árboles que presenten uniformidad de material, edad, manejo, entre otros. La cantidad de árboles a muestrear es de 10 a 20 árboles/ha, número que varía según el tamaño de las parcelas.

Las hojas a muestrear deben tomarse de las ramillas únicamente con crecimiento vegetativo, de la parte media de la copa, en los cuatro puntos cardinales. Se recomienda tomar una hoja completa y madura (aproximadamente cinco meses de edad) de cada punto indicado, sin embargo, se debe considerar tomar más material foliar para lograr alcanzar más de un gramo de materia seca para los respectivos análisis.

Es importante realizar los muestreos sucesivos en los mismos árboles para un adecuado seguimiento del estado nutricional de la plantación en el tiempo. Aunque el contenido de nutrimentos en las hojas puede variar por factores como el patrón utilizado y la región, se han planteado algunos rangos de nutrientes que se pueden obtener en plantas sanas de aguacate Hass que pueden servir de referencia para la interpretación de resultados (Cuadro 2).

Cuadro 2. Intervalos de concentración de nutrientes en tejido foliar de aguacate con rendimientos mayores a 20 ton/ha.

Elemento	Expresión	Deficiente	Bajo	Óptimo	Alto	Excesivo
Nitrógeno	%	< 1,72	1,73 -1,93	1,94 -2,31	2,32 - 2,50	> 2,51
Fósforo	%	<0,10	0,11 -0,14	0,15 - 0,18	0,19 - 0,21	>0,22
Potasio	%	<0.64	0.65-0.80	0.81-1.09	1.10-1.22	>1.23
Calcio	%	<0.59	0.60-1.27	1.28-2.59	2.60-3.25	>3.26
Magnesio	%	<0.51	0.52-0.61	0.62-0.77	0.78-0.85	>0.86
Hierro	ppm	<67	68-84	85-114	115-129	>130
Manganeso	ppm	<37	38-86	87-182	183-230	>231
Zinc	ppm	<4	5-19	20-51	52-66	>67
Cobre	ppm	<2	2-7	8 – 32	33-45	>46
Boro	ppm	<12	13-125	126-352	353-465	>466

Maldonado *et al.* (2007).

En el cuadro 3 se presentan los principales síntomas que se pueden observar en los árboles cuando ocurren deficiencias o exceso de nutrientes. Asimismo, en la figura 10 se presentan algunos de los síntomas de deficiencias que se pueden encontrar en aguacate Hass y otras copas.

Cuadro 3. Síntomas por carencia o exceso de nutrientes en el follaje y fruto de aguacate variedad Hass.

Elemento	Efecto sobre el fruto
Nitrógeno	**Exceso:** disminuye el transporte de Ca al fruto, aumenta el tamaño de fruto con epidermis color verde oscuro, pero la pulpa es menos firme y con menor contenido de aceite e incrementa la intensidad de caída precosecha del fruto.
Fósforo	**Deficiencia:** fruto es pequeño con epidermis verde claro.
Potasio	**Exceso:** incrementa susceptibilidad a desordenes fisiológicos (principalmente de la pulpa) debido a su relación con Ca y Mg. **Deficiencia:** fruto pequeño y susceptible a la deshidratación, desordenes fisiológicos.
Calcio	**Exceso:** mantiene la estructura de la pared celular y la integridad de la membrana, baja la tasa respiratoria y retrasa la senescencia e incrementa resistencia a pudriciones fungosas y ablandamiento. **Deficiencia:** incrementa el oscurecimiento de haces vasculares y pulpa gris.
Magnesio	**Exceso:** en condiciones deficientes de Ca, el Mg puede reemplazarlo en los sitios de intercambio en la membrana incrementando los desórdenes fisiológicos.
Zinc	**Exceso:** altera la forma (esféricos) y maduración del fruto. **Deficiencia**: moteado intervenal en las hojas jóvenes, clorosis en algunas ramas, con un ligero moteado en el resto del follaje. En deficiencias severas ocurren manchas marrón-anaranjadas en las áreas cloróticas, con acortamiento de entrenudos en los brotes y el fruto se torna redondeado.
Boro	**Exceso:** acelera la maduración del fruto, aumenta la presencia de desórdenes fisiológico, incrementa la incidencia de pudriciones. **Deficiencia:** interacciona con deficiencia de Ca y causa tejidos corchosos y deformaciones en el interior (pulpa) y exterior (epidermis) del fruto. Floración más temprana y los brotes tienden a ser grandes sobre ramas débiles, además, se da deformación de un lado del cuello del fruto.
Hierro	**Deficiencia:** se manifiesta como una clorosis en las hojas (amarillamiento) intervenal muy marcado, principalmente en hojas jóvenes.
Manganeso	**Deficiencia:** Áreas intervenales pálidas y amarillentas (deficiencias severa) pero con la zonas contiguas a los nervios de color verde, tanto en hojas jóvenes como maduras.

Fuente: Salazar (2002) y Gardiazabal (2004).

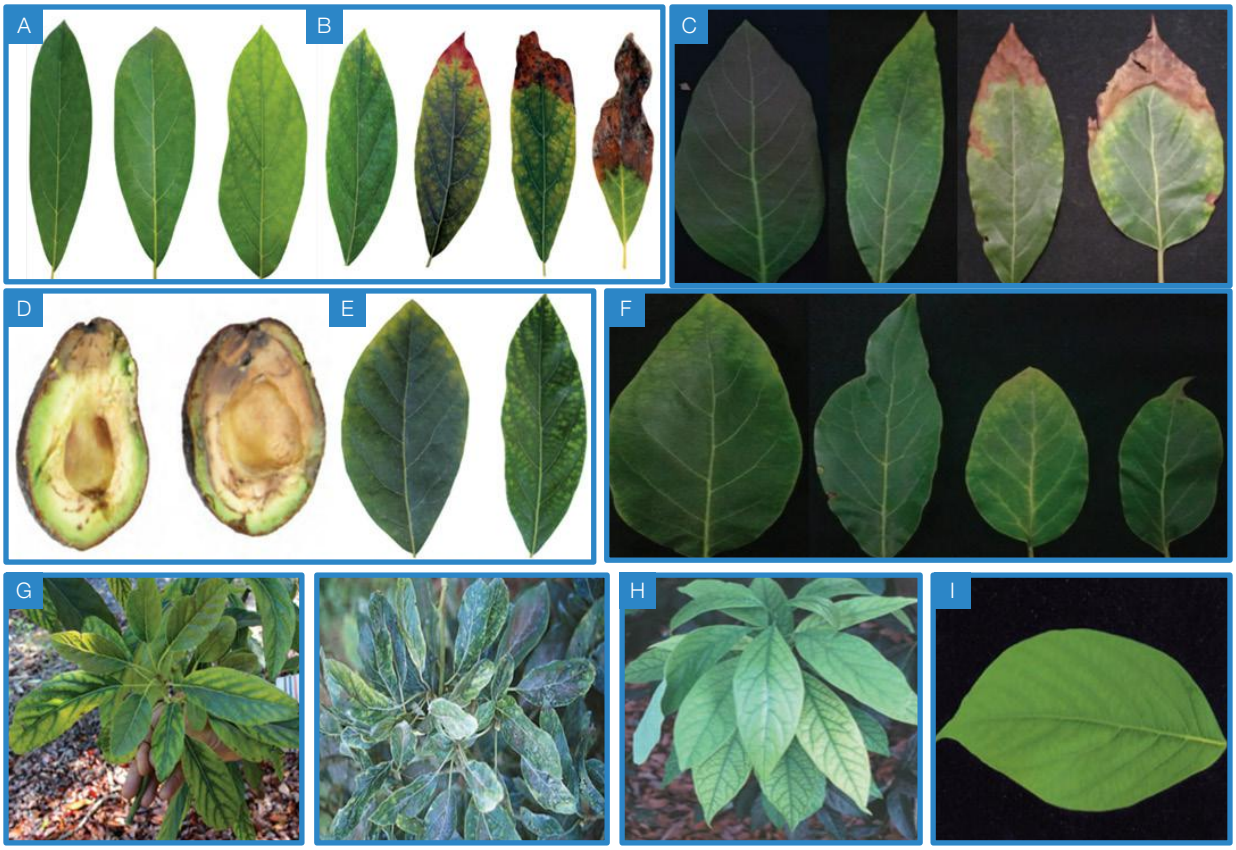

Figura 10. Síntomas de deficiencia de nutrientes árboles de aguacate Hass y otros materiales. A. Nitrógeno. B. Fósforo. C. Potasio. D. Calcio. E. Magnesio. F. Boro. G. Zinc. H. Hierro. I. Manganeso. (Fuente: Queensland 2001, Martínez *et al*. 2014, Novoa *et al*. 2018).

Al momento del trasplante del árbol en campo se deben utilizar fertilizantes con fórmulas altas en fósforo tales, como 10-30-10 o 12-24-12 con dosis cercanas a los 100 g/planta, lo cual se podría repetir trimestralmente. También, en el marco de una agricultura más sostenible y funcional, estos abonos se pueden sustituir con fertilizante organomineral 9-12-10 (8) Ca - (4) Mg - (5,6) S - (0,2) B y (0,5) Zn con una dosis de 150 g/planta, la cual se debe aplicar a tres niveles de altura del hueco de siembra. Este abono se puede aplicar cada dos meses, además, se puede alternar con la fórmula organomineral 10-5-15-10 (Ca)-3 (Mg)-4,8 (S), a la misma dosis antes indicada.

Los primeros tres años de crecimiento se debe hacer uso de fórmulas ricas en nitrógeno y potasio. La frecuencia es de dos o tres aplicaciones por año, sin embargo, la cantidad y los periodos de aplicación se deben ajustar con base en la precocidad del material, lo cual está influenciado por el patrón y la afinidad del injerto. Entre los fertilizantes convencionales que se pueden utilizar está el 12-11-18-3-0-8, y el 13-5-20-8.

Es importante el uso de fertilizantes que aporten carbono al suelo para favorecer o aumentar la solubilidad y por tanto disponibilidad de nutrientes, reducir las pérdidas por lixiviación e incrementar la salud del suelo, tal como el organomineral 10-5-15-10 (Ca)-3 (Mg)-4,8 (S). Asimismo, contribuyen a un aporte nutricional más regulado y frecuente para el árbol, lo cual es relevante ante los efectos de variabilidad de la plantación por la heterogeneidad de los patrones obtenidos por semilla.

Altos contenidos de materia orgánica y un equilibrio poblacional biótico permiten reducir la cantidad de nitrógeno que se debe aplicar ya que los microrganismos pueden aportar este nutriente a través de la descomposición de la materia orgánica. La cantidad de aportada depende de la densidad poblacional y la tasa de descomposición la cual tiende a ser lenta en ambientes con bajas temperaturas, sin embargo, se considera que la fijación de nitrógeno aumenta en estos ambientes, por lo que se debe ser comedido en estas áreas en la aplicaciones de este elemento para evitar desbalances y problemas fisiológicos.

A partir cuarto y quinto año (o cuando lo árboles entran en producción), se deben contemplar realizar tres aplicaciones de fertilizantes indicados, y entre agosto y setiembre reforzar con K-MAG. La dosis recomendada es de 170-200 g/árbol.

Al inicio de la formación de fruto cerillo, es importante aplicar al follaje balanceador de nitratos (boro-molibdeno) y citoquininas. Lo anterior, corrige deficiencias de zinc y boro por la limitada absorción que tiene el árbol por la competencia que tiene con el calcio en suelo, además, de regular el contenido del nitrógeno durante el desarrollo del fruto, lo que se relaciona con un menor aborto o caída de fruto.

Es importante tener en cuenta que todo el calcio que contiene el fruto se acumula en los primeros cinco meses de desarrollo, por lo cual es importante aplicar tener disponible este nutriente durante esta etapa. Es importante considerar que los brotes en crecimiento compiten por este elemento, lo que puede conllevar a deficiencias en la fruta.

Es fundamental mantener un monitoreo del pH (>5,8) y la saturación de acidez (<25%) del suelo con el fin de aplicar las medidas correctivas ante valores que se alejen de los valores óptimos. Asimismo, se deben prevenir y corregir los desbalances de bases (comunes en suelo aguacateros que antes fueron cafetales). La práctica más común es el encalado ya sea con CaCO3 o cal dolomita, con dosis acordes a las necesidades de corrección progresiva.

PODA

Esta práctica es uno de los ejes del correcto desarrollo agronómico del cultivo, ya que permite mejorar la arquitectura del árbol y a aumentar la producción y la distribución de la fruta. Asimismo, contribuye a reducir el desarrollo de problemas fitosanitarios.

Esta labor se recomienda realizarla desde el primer año de desarrollo del árbol después del trasplante. Se tienen identificados tres tipos de poda requeridos en este frutal.

Poda de formación

Este tipo de poda debe realizarse durante los primeros tres años de la plantación y se implementa para mejorar la distribución de las ramas. Esta se ejecuta cuando el árbol alcanza los 80 cm de altura, en la cual se corta el meristemo apical y se dejan tres o cuatro ramas orientadas hacia los puntos cardinales (Figura 11).

Cuando las ramas laterales alcanzan una longitud de 60 a 90 cm, se realiza el despunte del extremo distal central. Esto favorece la distribución de fotosintatos en los tejidos anteriores, lo que se traduce en mayor vigor.

La frecuencia de esta poda depende de la velocidad de crecimiento de la copa. El monitoreo es fundamental para eliminar los brotes que puedan alterar la arquitectura buscada.

Figura 11. Árbol en desarrollo con poda de formación (Fuente: Gamboa 2021).

Poda sanitaria

En esta poda se realiza a partir del tercer año de la plantación, en la cual se eliminan las ramas bajeras, ramas y ramillas secas o muy densas a lo interno de la copa (aclareo). Esto permite una mejor aireación y favorece la entrada de más luminosidad en el árbol y reduce la incidencia de enfermedades foliares (Figura 12).

Es importante no eliminar todas las ramillas internas. Aquellas que reciben luz tienen potencial productivo por lo cual se deben conservar, y se podan aquellas que se traslapen o tienen poco vigor.

En casos de que se presente traslape entre ramas de distintos árboles, se debe realizar poda de estas, ya que estas áreas, al no recibir luz no habrá producción. En este caso la eliminación de la rama es parcial.

Figura 12. Poda sanitaria de un árbol de aguacate. A. Árbol sin poda. B. Árbol con poda sanitaria. C. Árbol con poda de aclareo. (Fuente: Garbanzo 2021).

Poda de renovación

Esta práctica se realiza en árboles envejecidos con claro agotamiento foliar o en unidades 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 m de altura, y se dejan las ramas bajeras (Figura 13).

Cuando la poda puede ser agresiva para el árbol, como en este caso, es oportuno realizar la actividad durante el cuarto menguante y colocar pasta fúngica en los cortes para evitar problemas fitosanitarios. Asimismo, es conveniente pasarle a los troncos pintura blanca de agua para evitar la quema de estos, sobre todo en época seca cuando

el riesgo es mayor. Estos cortes se deben realizar con herramientas bien afiladas para evitar las rajaduras, en diagonal y sin dejar restos de tejido.

Cuando los nuevos brotes alcancen un metro de longitud, se seleccionan y se podan para la formación de una nueva copa en formación. El corte del eje central aumenta el vigor de las ramas anteriores para el desarrollo mas robusto de la copa.

Figura 13. Árboles con poda de renovación. (Fuente: Garbanzo 2021).

PRINCIPALES ENFERMEDADES Y SU MANEJO

Enfermedades abióticas

Anillamiento del pedúnculo (Ring neck)

El factor causal de este problema no está identificado como tal pero se le asocia al estrés hídrico (déficit o exceso), a la deficiencia de nutrientes como boro y fósforo, a la alta demanda de estos elementos en la etapa de fructificación, aunque, se han encontrado hongos y bacterias relacionados a esta enfermedad (Figura 14). El riego oportuno y nutrición foliar con balanceador de nitratos en mezcla con citoquininas y zinc durante el crecimiento del fruto favorece el amarre de la cosecha y reduce la incidencia de organismos patogénicos.

Figura 14. Síntoma del anillamiento del pedúnculo en aguacate Hass. (Fuente: Faber 2017).

Enfermedades bióticas

Enfermedades en vivero

Pudrición de semilla

En esta es frecuente la ocurrencia de pudriciones radicales que se traducen en síntomas de amarillamiento, marchitez y posterior muerte de la planta en desarrollo. Estas pueden ser provocadas por *Fusarium* spp., *Pythium* sp*., y Rhizoctonia* sp. *Cylindrocladium* sp*., Phytophthora* spp. y varios hongos de la familia de Nectriaceae. En general, se puede considerar que los síntomas son provocados por un complejo de los organismos mencionados y no por uno solo (Figura 15).

Figura 15. Pudrición de la semilla caudada por *Fusarium* spp. INTA, 2021.

El control de este problema se puede realizar de manera preventiva con un sustrato desinfectado pero enriquecido por biota benéfica para la colonización de nichos. Por general se usa drench de trichodermas, sin embargo, es importante la mezcla de esta con bacterias del género *Bacillus* para ampliar los mecanismos de control.

La desinfección de la semilla previo a la siembra, eliminación de semilla contaminada y la aplicación de fungicidas en la raíz al momento de trasplantar son estrategias de evitación de problemas de esta índole durante el desarrollo. A nivel químico se utiliza extracto de semilla de cítricos y carbendazina.

Enfermedades en campo

Antracnosis

Es una enfermedad fúngica causada por el agente *Colletotrichum gloeosporioides*. El desarrollo de la enfermedad es favorecido por condiciones de alta humedad. Esta enfermedad, puede ocasionar daños en los brotes, ramas, follaje y frutos.

La sintomatología se caracteriza por manchas oscuras y hundidas que aumentan de tamaño e incluso pueden llegar a coalescer. A medida que avanza la enfermedad, *C. gloeosporioides* ocasiona la pudrición del fruto, tanto en las etapas de desarrollo, como post-cosecha. De esta forma, afecta negativamente la calidad y la vida en anaquel. En estados avanzados, produce daños severos como la pudrición de la pulpa. En el caso del tallo, el hongo no genera daños siempre no se presenten heridas en el tejido, cuando hay daño mecánico, el hongo genera necrosis que avanza principalmente hacia abajo del árbol (Figura 16).

Figura 16. Daños en aguacate Hass provocado por *Colletotrichum gloesporioides*. (Fuente: Fischer *et al.* 2019, Herrera *et al.* 2020).

- **Control cultural:** el manejo preventivo de la enfermedad consiste en una adecuada planificación y ejecución de las podas, de manera tal que promueva la entrada de luz solar, la aireación y la disminución de la humedad. Además, se debe mantener una buena nutrición para favorecer la expresión de las defensas de la planta.
- **Control biológico:** Aplicaciones de mezclas de varias de especies de *Trichoderma*, contribuyen a reducir la incidencia del hongo en el tronco y ramas. Es importante utilizar cepas que estén adaptadas a las condiciones ecológicas del sitio de aplicación y es necesario utilizar algún carbohidrato como fuente de energía para el organismo benéfico y como adherente.
- **Control químico:** el manejo pre-cosecha para el control de la antracnosis, se basa en productos a base de cobre (hidróxido cúprico, oxicloruro de cobre, sulfato de cobre), con una rotación de 28 días, desde la formación del fruto hasta cosecha (según periodo de retiro).

Roña o sarna

Es una enfermedad que produce deformaciones, elevadas color café, similares al corcho, sobre la superficie de brotes hojas, frutos en desarrollo y frutos formados. Los síntomas iniciales empiezan como pequeñas manchas color café que se unen y dan el aspecto corchoso (Figura 17). Es ocasionada por el hongo necrotrófico *Sphaceloma perseae*, cuya diseminación es favorecida por el viento, alta humedad relativa e insectos que transportan las conidias.

Los daños físicos y los ocasionados por los insectos abren heridas que funcionan como puntos de entrada del inóculo de la enfermedad. Las frutas afectadas pueden presentar tamaños variables, pero no altera la firmeza ni la integridad de la pulpa, motivo por el cual, son consideradas defectos de calidad.

- **Control cultural:** se basa en el manejo de insectos que puedan causar heridas. Y la prevención de daños mecánicos.
- **Control químico:** aplicaciones de captan de forma preventiva.

Figura 17. Lesiones en el fruto de aguacate Hass provocadas por el hongo *Sphaceloma perseae*. Fuente: Everett *et al.* 2011.

Mancha angular

Es una enfermedad fungosa ocasionada por el hongo biotrófico *Cercospora purpurea.* Los síntomas inician como pequeñas pecas oscuras que avanzan a manchas color pardo-negro, de borde definido (Figura 18). Esta enfermedad no afecta la pulpa de la fruta, pero conduce a la pérdida de vida en anaquel.

Figura 18. Lesiones foliares en aguacate Hass provocado por *Cercospora purpurea.* INTA, 2021.

- **Control cultural:** control de la humedad mediante el manejo de la poda y la eliminación de fuentes de inóculo.
- **Control biológico:** las aplicaciones de *Trichoderma* spp. para el control de otras enfermedades foliares son eficientes en el control de este hongo.
- **Control químico:** uso de hidróxido cúprico y carbendazina.

Pudriciones radicales

Se considera que as pudriciones que se presentan en el aguacate se asocian diferentes hongos de la familia Nectriaceae, los cuales a pesar de ser reconocidos como malos competidores son persistentes en el suelo debido a su comportamiento saprófito y a la formación de clamidiosporas. Algunos de estos hongos son *Fusarium* sp., *Cylindrocladium* sp., *Cylindrocarpon* sp.; otros hongos que tienen importancia son *Phytophthora* sp. y *Rosellinia* sp. (Figura 19).

Figura 19. Síntomas de marchitamiento y defoliación característicos de pudriciones de la raíz de árboles de aguacate. INTA, 2021.

- **Control cultural y biológico:** adecuado manejo de la humedad (mediante la prevención del encharcamiento), el uso de consorcios de organismos benéficos tales como *Trichoderma* spp., *Glomus intraradicens* y bacterias como *Bacillus subtilis* y *Pseudomonas fluorescens*. Estos organismos deben ser aplicados en drench y con dosis inundativas (> 40 mL o g/L).

- **Control químico:** los productos registrados para el control de estos patógenos son reducidos, se reporta el uso de yodo al inicio al momento del trasplante y carbendazina de forma preventiva.

Cabe destacar que estos síntomas también se pueden generar por asfixia radical producto de alto contenido de arcillas en combinación con capas compactadas en el perfil de suelo. La siembra en montículos y realizar drenajes reducen la incidencia este problema.

PRINCIPALES PLAGAS Y SU MANEJO

Dentro del enfoque de manejo sustentable de plagas es imprescindible considerar cambio del paisaje agrícola de este cultivo. En este se debe incorporar líneas de vegetación para la formación de corredores biológicos, los cuales cumplen la función de ser hospederos y fuente de alimento de parasitoides y depredadores de plagas de este cultivo.

Entre las especies que se deben valorar conservar o incorporar al agroecosistema del aguacate están: *Urena lobata*, *Cassia tora*, *Melanthera nivea, Ageratum conyzoides, Spermacoce* spp. y *Amaranthus spinosus.* Cabe destacar que estas plantas no son abundantes en climas con bajas temperaturas pero se debe valorar su uso dentro de las estrategias de manejo integrado de plagas en este cultivo.

Trips

Los trips problemáticos en este cultivo son: *Frankliniella occidentalis, Scirtothrips perseae* y *Heliothrips haemorrhoidalis*, los cuales poseen hábito cosmopolito y existe gran diversidad de especies. Sus estadios dañinos son las ninfas y los adultos. Estos últimos causan daños en el follaje y en los frutos en desarrollo. Las hembras deforman las flores y ovipositan sobre ellas (Figura 20).

Las lesiones por estos insectos pueden observarse como protuberancias en la fruta, así como raspados que se convierten en manchas necróticas. En los brotes, dañan el ápice, lo que impide el crecimiento, mientras que en hojas puede observarse como un bronceado, clorosis y deformaciones que pueden confundirse con síntomas de virosis (Figura 20).

Figura 20. Trips asociados al cultivo de aguacate y el daño que generan en el árbol de aguacate. A. *Scirtothrips perseae*. B. *Frankliniella occidentalis*. C. *Heliothrips haemorrhoidalis*. (Fuente: Ripa *et al.* 2007, Larral *et al*. 2008, UC-IPM 2022a, Garbanzo 2022).

- **Control cultural:** Las poblaciones de este insecto incrementan de marzo a junio, periodo en el cual hay flores y frutos pequeños en los árboles de aguacate, además, la plaga puede utilizar las arvenses como hospederos alternos. Entre las especies que albergan a este organismo se encuentran: *Bidens pilosa, Galisonga quadriradiata, Hypochoris radicata, Oxalis* sp. *Portulaca oleracea, Solanum nigrescens, Sonchus* sp., *Taraxacum officinale* e individuos de diferentes géneros de la familia poaceae, entre otros; por lo cual se debe dar control de estas mediante el manejo discriminado y erradicación de focos.

  Otro método de control es el encalado. Este afecta los estadios que se desarrollan en el suelo.

Por último, existe un relación inversa entre la precipitación y las temperaturas frescas con respecto a las poblaciones de este insecto. Ante esto, el manejo enfocado en mantener una condición de limite un ambiente seco y caluroso favorece una reducción de las poblaciones de la plaga.

- **Control biológico:** El uso de *Beauveria bassiana, Metarhizium anisopliae Paecelomyces fumerosus* han tenido resultados promisorios en el control de trips. Sin embargo, es necesaria más investigación a nivel de campo para determinar las concentraciones y volúmenes óptimos de aplicación, así como las aplicaciones en consorcios de microorganismos, aplicaciones alternadas con potencializadores como el caldo sulfocálcico, entre otros.

  Estos organismos pueden ser usados en aplicaciones al suelo con el fin atacar los estadios pupales de estos insectos. Además, estos entomopatógenos pueden contribuir al control de otras plagas presentes en el suelo.

  En relación con depredadores de esta plaga se reportan trips de los géneros *Aeolothrips*, *Franklinotrips* y *Leptothrips*, chinches de los géneros *Orius* y *Anthocoris,* un neuróptero del género *Chrisoperla* y ácaros del género *Amblyseius.* En el caso de parasitoides, se reportan himenópteros de los géneros *Thripobius* y *Ceranisus*.

- **Control químico:** No se encuentran registrados insecticidas para el control de esta plaga en este cultivo, sin embargo, existen otros productos como el caldo sulfocálcico, las sales potásicas y algunos extractos vegetales, cuyo uso se ha difundido para el control de esta plaga en diferentes cultivos.

  Las aplicaciones de agroquímicos deben realizarse a inicios de los meses de las épocas de floración y formación de brotes foliares tiernos, los ocurren en agosto - setiembre y diciembre – enero, además, en octubre se debe realizar un aplicación para reducir poblaciones que puedan afectar los frutos pequeños.

Ácaros

Estos arácnidos succionan la sabia de los brotes y hojas de los árboles, lo que detiene el crecimiento y afecta negativamente la capacidad fotosintética. Los síntomas de daño por ácaros se muestran como un bronceado rojizo hasta incluso la defoliación en ataques severos de esta plaga. Algunas especies de ácaros que afectan el cultivo de aguacate son: *Olygonychus perseae, O. punicae* y *O. yothersi*, y *Tetranychus urticae.* (Figura 21).

Figura 21. Daño provocado por A. *Oligonychus perseae* B. *O. yothersi y C. O. punicae* en follaje en plantas de aguacate. (Fuente: Boyero *et al.* 2014, Carrillo *et al.* 2018, UC-IPM 2022b).

- **Control cultural:** las poblaciones de ácaros se ven favorecidas por las condiciones de alta temperatura y baja humedad relativa, los vientos y el polvo son agentes diseminadores de los individuos. Debido a esto el control cultural estos organismos se basa en la alteración del nicho para evitar su establecimiento y desarrollo.
- **Control biológico:** Se reportan varios géneros de ácaros depredadores de la familia Phytoseiidae, y algunas especies del género *Euseius* para el control de fitófagos, sin embargo, no se cuenta con información sobre su presencia en el país, por lo que se debe realizar investigación al respecto y sobre su potencial uso. También se reporta el uso de *Bacillus thuringiensis* como estrategia en el control de esta plaga.
- **Control mecánico:** aplicaciones de tierra diatomea tiene buen control sobre poblaciones en todas las etapas del ciclo de vida de este organismo. La dosis es de 5g/L.
- **Control químico:** las estrategias de control de las poblaciones de ácaros se basan en la aplicación de azufre. Es recomendable un segundo ciclo de aplicación siete días después de realizado el primero, para controlar las poblaciones de ácaros provenientes de la eclosión de los huevos remanentes.

Barrenadores de la semilla

Existen dos tipos barrenadores de la semilla, los barrenadores grandes y los pequeños, en el primer grupo están *Heilipus pittieri y H. lauri*, y en el segundo están *Conotrachelus aguacateae* y *C. perseae.* En todos los casos., las hembras adultas ovipositan en el fruto y las larvas que salen de los huevos se introducen en el fruto, atraviesan la pulpa y perforan la semilla, en donde completan su ciclo larvario. El ataque de estos picudos ocasiona la caída de los frutos (Figura 22).

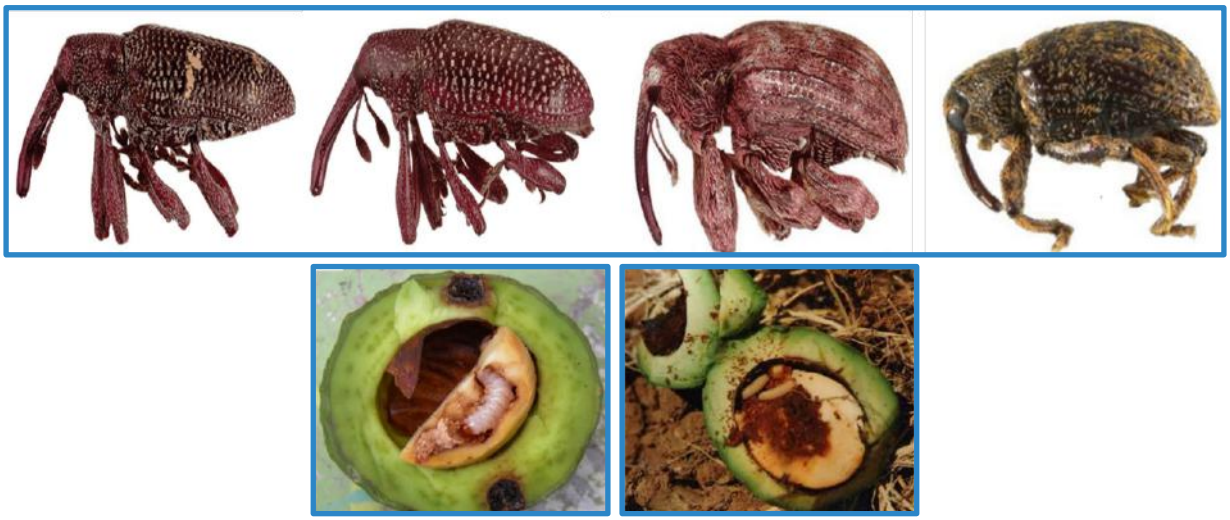

Figura 22. Barrenadores de la semilla del fruto de aguacate. A. *Heilipus lauri*. B. *Heilipus pittieri*. C. *Conotrachelus perseae*. D. *Conotrachelus aguacatae.* E. Daño y larva de *Heilipus* D. Daño y larva de *Conotrachelus*. (Fuente: Castañeda *et al.* 2007, Domínguez *et al.* 2015, SENASICA 2018).

Es fundamental un constante monitoreo de la población mediante el muestreo de frutos en 10 árboles/ha al azar, sin embargo, se debe prestar atención en sitios donde se sospechan focos de esta plaga, mediante la observación de síntomas. Para esto se deben recolectar 10 unidades por árbol, a los cuales se les extrae la semilla para verificar la presencia de estadios del insecto.

En el caso de los adultos, se debe elegir una rama a plena exposición solar de un 10% del total de árboles, se coloca una manta de bajo de esta y se agita para colectar los adultos.

- **Control cultural:** se deben colectar todos los frutos caídos y trasladarlos lejos de la finca. Estos se entierran en un hueco mayor a 50 cm con capas de suelo y cal, alternadas y bien compactadas.
- **Control mecánico:** el uso de tierra diatomea reduce el daño provocado por el adulto ya que limita su alimentación. La dosis recomendada es de 5 g/L.

- **Control biológico:** el uso de organismos como *Beauveria bassiana, Bacillus thuringiensis* y *Metarhizium anisopliae,* tienen un control oportuno sobre los adultos. Las dosis inundativas utilizadas son 30 - 40 mL/L y las inoculativas de 20 mL/L.
- **Control químico:** el único ingrediente activo registrado en el país para el control de esta plaga en el cultivo de aguacate es el diazinon. Este es útil para adultos y para estadios de la plaga expuestos al producto (frutos abiertos).

Barrenador del tallo

Este insecto una vez que emerge de los huevos ovipositados en la corteza, barrena y taladran ramas y troncos. Los síntomas de daño son visibles por la exudación de gomosis y polvo blanquecino en los puntos de salida de las galerías hacia el exterior. La especie fitófagas que se reporta en este cultivo es: *Copturus aguacatae* (Figura 23).

Figura 23. *Copturus aguacatae* y el daño que provoca en los troncos y ramas del árbol de aguacate. (Fuente: Urías y Salazar 2008, SENASICA 2016, SENASICA 2018).

- **Control biológico:** El uso de entomopatógenos como *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* desencadenan procesos de parasitación sobre larvas y adultos. No obstante, se debe reforzar la investigación en cuanto a cepas, volúmenes y concentraciones de aplicación, consorcios de microorganismos que propicien una mayor eficacia, debido a que, al ser barrenadores es difícil dirigir la aplicación.
- **Control etológico:** existen diferentes modelos de trampas y atrayentes (feromonas) para picudos de cultivos como pipa, musáceas y piña, no obstante, para el cultivo de aguacate se debe de investigar y desarrollar el uso de estas alternativas para este tipo de control.
- **Control químico:** No se registran productos para estas plagas en el cultivo de aguacate.

CONTROL DE MALEZAS

Este componente fitosanitario es una herramienta importante en la conservación de suelos destinados esta actividad agropecuaria. El manejo sustentable de las arvenses debe ir orientado al manejo discriminado (eliminación) de especies que se identifiquen como problemáticas por su porte alto o reconocidas como hospederas de plagas del cultivo y a la conservación de especies nobles para el desarrollo de coberturas espontáneas.

Las características que debe presentar una planta para ser considerada ideal para una cobertura son: rastrera, con sistema radical superficial, tolerante al pisoteo, adaptada a ambientes con alta luminosidad, que no sea hospedera de plagas y enfermedades que afecten el cultivo y que tenga rápido crecimiento. En el caso del cultivo de aguacate se han observado especies de las familias Commelinaceae, Asteraceae, Scrophulariaceae y Poaceae que pueden ser útiles para este objetivo (Figura 24).

Figura 24. Ejemplos de coberturas espontáneas en el cultivo de aguacate de altura. A. Policobertura espontánea en etapas tempanas. B. Monocobertura en etapas tempranas de desarrollo del cultivo. C. Monocobertura espontánea en fase avanzada de desarrollo del cultivo. (Fuente: Gamboa 2022).

En el caso de presentarse problemas con alguna población de malezas fuera de la zona de goteo, se pueden erradicar con herbicidas no selectivos. Si el problema se presenta en la zona de goteo, es preferible hacer control manual o mecánico.

El control químico de arvenses debe ser la última opción y solo bajo condiciones de alta infestación, y en la medida de lo posible, realizar la aplicación en los parches problemáticos. Existen varios ingredientes activos registrados en el país para el control de vegetación espontánea de hoja ancha y angosta en este cultivo, sin embargo, varias de estas afectan a los árboles. La molécula que se mantiene en uso para este fin, con un bajo impacto en este frutal es el paraquat, y para el combate de perennes se registra el dalapon.

COSECHA

La cosecha se realiza por lo general de forma manual o con una varilla colectora. Esta última consiste en una varilla de 3 a 4 metros, la cual tiene en un extremo una cuchilla para cortar la fruta desde el pedúnculo y un bolso de tela para la recolección del mismo. No se recomienda colectar más de dos o tres frutos por cada corte.

Toda la fruta que se corta se puede colocar en un bolso de tela para el acopio, el cual no debe superar los 18 kg y se debe evitar la comprensión entre los aguacates. Una vez que se colecta la cantidad indicada se procede a colocar lo cosechado en cajas plásticas limpias, sin embargo, es preferible colocarlo directamente en cajas plásticas. Eso con el fin reducir la manipulación, de forma que se eviten daños el fruto.

Es necesario que las cajas con la fruta deben estar bajo sombra o al menos estar cubiertas con un material grueso. Esto para evitar quema por exceso de radiación.

Algunos aspectos importantes que se deben tener presenten durante el proceso de cosecha son: vigilar el proceso y realizarlo de forma cuidadosa para evitar golpes en la fruta y esta no debe tocar el suelo para evitar contaminación. Asimismo, todas las herramientas se deben desinfectar con frecuencia durante el desarrollo de la actividad para evitar contaminación de la fruta y de los árboles. Entre los desinfectantes más comunes son el cloro (alto efecto oxidante), el yodo, el alcohol y el peróxido de hidrógeno.

POSCOSECHA

Cada fruta colectada se le corta con cuidado el pedúnculo con un tijera, con el cuidado de que este no se desprenda ya que de ocurrir se crea una herida por donde pueden ingresar patógenos, además, se puede acelerar la madurez de la fruta por lo que se puede dar un rápido deterioro. De forma inmediata, los frutos deben ser sumergidos en una solución fungicida, como el kilol u otros desinfectantes que no dejen residuos en la fruta.

Literatura consultada

Ascención, G.; Bravo, H.; Gónzalez, H.; Johansen, R.; Becerril, A. 1999. Fluctuación poblacional y daño de trips en aguacate cv. Hass. Revista Chapingo Serie Horticultura 5:291-296.

Boyero, J.; Calderón, E.; Vela, J. 2014. Presencia del ácaro marrón (*Oligonychus punicae*). Agrícola Vergel. p.245-248.

Campos, B.; Calderón, E. 2015. El análisis foliar para el diagnóstico nutritivo de plantaciones de aguacate: toma de muestras. Malaga, España, Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural, Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera. 8 p.

Carrillo, D.; Duncan, R.; Pena, J 2018. Mango pests and beneficial insects and insects on flowers and fruits thrips. Universidad de Florida. 7 p.

Castro, H.; Tonantzin, R.; Thompson, F.; Rabindranath, M.; Sánchez, J.; Lara, José L.; Flores, M.; Alcalá, J. 2013. Malezas hospederas de *Frankliniella occidentalis* y reservorios del virus del bronceado del tomate en el Altiplano mexicano. Fitosanidad 17(1):5-9.

Cerdas, M.; Montero, M.; Díaz, E. 2006. Manejo Pre y Poscosecha de Aguacate (*Persea americana*). San José, Costa Rica, MAG-CIA-CNP. 95p.

Certis. 2018. *Tetranychus urticae* (en línea). Certis. Alicante, España. Consultado 10 oct. 2022. Disponible: https://www.certiseurope.es/noticias/detalle/news/tetranychus-urticae-sintomas-y-mecanismos-de-control

Dixon J.; Sher, D. 2002. Pollinitation of avocados. Annual Research Report of New Zealand Avocado Growers Association 2:31-40.

Domínguez, V.; Equihua, A.; Valdez, J.; Estrada, E.; Bravo, H.; Domínguez, R. 2015. Morfología del barrenador pequeño de la semilla del aguacate *Conotrachelus perseae* (Barber) (Coleoptera:Curculionidae). Folia Entomol. Mex. 1(2):50-75.

Faber, B. 2017. Crazy Avocado Fruit (en línea). Topics in Subtropics. California, United States. Consultado 13 Oct. 2022. Disponible en: https://ucanr.edu/blogs/blogcore/postdetail.cfm?postnum=24184

Fischer, I.; Froes, M.; Firmino, A.; Amorim L. 2019. Detection and epidemiological progress of quiescent avocado diseases. Ciência Rural 49(08):1-10 p.

Gamboa, J.; Ureña, D. 2021. Colaboradores del proyecto de investigación Comparación agronómica de árboles de aguacate var. Hass (Californiano) injertados sobre materiales con potencial élite como patrón, en la región Central. Proyecto de investigación. San José, Costa Rica. INTA-MAG. 21 p.

Garbanzo, M. 2011. Manual de aguacate: Buenas prácticas agrícolas de cultivo variedad Hass. San José, Costa Rica, Ministerio de Agricultura y Ganadería. 96 p.

Garbanzo, M.; Coto, A. 2017. Manual para el establecimiento y manejo de un vivero de aguacate. San José, Costa Rica, Ministerio de Agricultura y Ganadería. 40 p.

Garbanzo, M. 2021. Tipos y manejo de podas en el cultivo del aguacate (*Persea americana*). San José, Costa Rica, Ministerio de agricultura y ganadería. 31 p.

Garbanzo, M. 2022. Principales plagas en el cultivo del aguacate (*Persea americana*). San José, Costa Rica, Ministerio de agricultura y ganadería. 49 p.

Gardiazabal, F. 2004. Riego y nutrición en paltos. 2° Seminario Internacional de Paltos (2004, Quillota, Chile). Seminario. Quillota, Chile, Sociedad Gardiazabal y Magdahl Ltda. 21 p.

Grisales, V.; Caicedo, A.; Carabalí, A. 2017. Ciclo de vida y descripción morfológica de *Heilipus lauri* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) en Colombia. Acta Zoológica Mexicana 33(2):231-242.

Herrera, J.; Batista, S.; Salazar, S.; Gutiérrez, P. 2020. Situación actual del manejo poscosecha y de enfermedades fungosas del aguacate 'Hass' para exportación en Michoacán. Revista Mexicana Ciencias Agrícolas 11(7):1647-1660.

INTAGRI. 2017. Antracnosis en el Cultivo de Aguacate. México, México, Serie Fitosanidad: Artículos Técnicos de INTAGRI (81):4.

Knight, R. 2007. Historia, distribución y usos. En: Whinley, A.; Schaffer, B.; Wolstenholme, B. (Eds.). El Palto. Botánica, Producción y Usos. Ediciones Universitarias de Valparaiso. Chile. pp. 13-24.

Larral, P.; Ripa, R.; Montenegro, J.; Véliz, P. 2008. Trips del Palto, trips de los invernaderos. *IN* Ripa, R.; Larral, P. (eds.). Manejo de plagas en paltos y cítricos. La Cruz, Chiles, INIA. p. 206.

Lovatt, C. 2006. Eliminating alternate bearing of the 'Hass' avocado. In: Proceedings of the California Avocado Research Symposium, Riverside, California, University of California. pp. 127-142.

Martínez, J.; Muena, V.; Ruiz, R. 2014. Nutrición y fertilidad en paltos. Boletín INIA. La Cruz, Chile. N° 2014-283:73p.

MAG-IICA. 2019. Plan Nacional de Fortalecimiento del Sector Aguacatero. La Salle, San José. MAG-IICA. 36 p.

MAG. 2022. Encuesta Nacional de Aguacate 2022. La Salle, San José. Ministerio de Agricultura y Ganadería. 36 p.

Maldonado, R.; Álvarez, M.; Almaguer, G.; Barrientos, A.; García, R. 2007. Estándares nutrimentales para aguacatero "Hass". Revista Chapingo serie horticultura 13(1):103-108.

Mexzón, R.; Chinchilla, C. 2003. Especies vegetales atrayentes de la entomofauna benéfica en plantaciones de palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) en Costa Rica. Palmas 24(1):33-57.

Morales, J.; Morales, V.; López, J. 2005. El aguacate: Manejo integrado del cultivo. Boletín técnico. Bucaramanga, Colombia, Corpoica. 45 p.

Muñoz, J.; Rodríguez, A. 2014. Ácaros asociados al cultivo del aguacate (*Persea americana* Mill) en la Costa Central de Perú. Agronomía Costarricense 38(1):215-221.

Novoa, M. Miranda D.; Melgarejo, L. 2018. Efecto de las deficiencias y excesos de fósforo, potasio y boro en la fisiología y el crecimiento de plantas de aguacate (*Persea americana*, cv. Hass). Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas 12(2):293-307.

Paz, S. 1997. Alternate bearing in the avocado (*Persea americana* Mill.). California Avocado Society 81:117-148.

Ripa, R.; Vargas, R., Larral, P.; Rodríguez, S. 2007. Manejo de las principales plagas del palto. INIA Tierra adentro: Frutales y Viñas. p.29.

Salazar, S. 2002. Nutrición del aguacate, principios y aplicaciones. Querétaro, México, INPOFOS-INFAP. 165 p.

Salazar, G.; Lazcano, I. 2001. Identifying fruit mineral removal differences in tour avocado cultivars. Better crops International 15(1):28-3.

Salvo, J.; Leris, L.; Torres, A., Rodríguez, F.; Olivares, N.; Abarca, P.; Riquelme J. 2017. Manual de Cultivo de Palto. Santiago, Chile, Instituto de Desarrollo Agropecuario - Instituto de Investigaciones Agropecuarias. 117 p.

Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA). 2016. Barrenador pequeño del hueso del aguacate *Conotrachelus aguacatae* (Barber) y *Conotrachelus perseae* (Barber) (Coleoptera: Curculionidae). Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria Dirección General de Sanidad Vegetal. Ficha Técnica. Tecámac, México 11 p.

Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA). 2018. Manual de Identificación de las Principales Plagas del Aguacate en México. Ficha técnica. Tecámac, México, SADER-SENICA. 32 p.

Solís, P. 2016. Plan de manejo de trips en el cultivo de aguacate Hass. San José, Costa Rica, INTA-PRIICA. 40 p.

UC-IPM. 2022a. Trips del aguacate: *Scirtothrips perseae* (en línea). California, Estados Unidos. Consultado 11 Oct. 2022. Disponible en: https://www2.ipm.ucanr.edu/agriculture/avocado/avocado-thrips/

UC-IPM. 2022b. *Oligonychus perseae* (en línea). California, Estados Unidos. Consultado 11 Oct. 2022. Disponible en: https://www2.ipm.ucanr.edu/agriculture/avocado/Persea-mite/

Umaña, G. 2007. Caracterización agrocadena de aguacate, zona de los Santos. León Cortés, San José, MAG. 52 p.

Urías, M.; Salazar, M.; S. 2008. Poblaciones de gusano telarañero y barrenador de ramas en huertos de aguacate “Hass” de Nayarit, México Agricultura Técnica en México 34(4):431-441.

Wilkie J.; Sedgley M.; Olesen T. 2008. Regulation of floral initiation in horticultural trees. Journal of Experimental Botany 59(12):3215-3228.

Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria
Telefax: (506) 2296-2495 / Correo electrónico: transferencia@inta.go.cr
Página web INTA: www.inta.go.cr
Plataforma Gestión Conocimiento: www.platicar.go.cr