



Instituto Nacional de Innovación y
Transferencia en Tecnología Agropecuaria

MEMORIA

Curso Producción de Aguacate de Bajura

Realizado en el Pacífico Central de Costa Rica

Juan Mora Montero y Jessica Acuña Chaves
Compiladores

San José, mayo de 2015





UNIÓN EUROPEA



Instituto Nacional de Innovación y
Transferencia en Tecnología Agropecuaria

MEMORIA

Curso Producción de Aguacate de Bajura

Realizado en el Pacífico Central de Costa Rica

Juan Mora Montero y Jessica Acuña Chaves
Compiladores

San José, mayo de 2015



PROGRAMA REGIONAL DE INVESTIGACIÓN E
INNOVACIÓN POR CADENAS DE VALOR AGRÍCOLA

Innovación para la seguridad alimentaria y nutricional en Centroamérica y Panamá

Tabla de contenido

1. Presentación	7
2. Introducción	9
3. Contenido técnico: El vivero	10
3.1. El vivero y la siembra directa	10
3.1.1. Condiciones generales para el establecimiento de un vivero	10
3.1.2. Patronos	11
3.1.3. Injertación	11
3.1.4. Variedades recomendadas	12
3.1.5. Condiciones de los patronos	12
3.1.6. Condiciones de las varetas	13
3.2. Cuidados después de la injertación	13
3.3. Semilleros	14
3.3.1. Manejo de la semilla	15
3.2.2. Trasplante	16
3.4. Prácticas culturales	17
3.4.1. Combate de enfermedades	17
3.4.2. Combate de plagas	17
3.4.3. Combate de malezas	18
3.5. Identificación de plantas	18
4. Contenido técnico: Establecimiento de plantaciones de aguacate	19
4.1. Aspectos importantes para el preestablecimiento de la plantación	19
4.2. Sistema de siembra	22
4.2.1 Pasos para el establecimiento del cultivo	22
4.2.2 Pasos a seguir para el primer año de establecida la plantación	23
5. Contenido técnico: La poda	24
5.1. Tipos de podas	24
6. Contenido técnico: Condiciones agroecológicas del cultivo	27
6.1. Requerimientos climáticos y condiciones de suelo	27
6.2. La polinización del aguacate	28
6.3. La floración	29
6.4. Reguladores de crecimiento o fitohormonas	29
6.4.1. Tipos de hormonas	29
6.4.2. Aplicaciones prácticas de los reguladores del crecimiento	30
7. Contenido técnico: Nutrición	31
7.1. Objetivos de la fertilización	31
7.2. La recomendación	31
7.3. Factores que afectan la disponibilidad de nutrientes por las plantas	32
7.4. Muestreo de suelos	32
7.5. Toma de muestras para el análisis foliar	33
7.6. Macronutrientes (%)	34
7.7. Micronutrientes (ppm)	34
7.8. Síntomas de deficiencias foliares de macro y micro elementos	34
Macroelementos	34
Microelementos	37
8. Contenido técnico: Plagas	39
8.1. Concepto de plaga	39
8.2. El combate de plagas	39
8.3. Las principales plagas que afectan el cultivo del aguacate	40
Los ácaros	41
Los trips o pulgas	42
Los picudos	43

634.6

C837a Costa Rica. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en
Tecnología AgropecuariaMemoria: curso producción de aguacate de bajura /
Juan Mora Montero y Jessica Acuña Chaves compiladores. --
San José, C.R. : El Instituto, 2015.

85 p.

ISBN 978 -9968 -586 -20 -7

1. AGUACATE 2. PRODUCCION. I. Título.

9. Contenido técnico: Enfermedades	47
9.1. Factores que influyen en el desarrollo de la enfermedad	47
9.2. Principales enfermedades del cultivo de aguacate	47
Pudrición de la raíz (<i>Phytophthora cinnamomi</i>)	47
Roña (<i>Sphaceloma perseae</i>)	49
Antracnosis (<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>)	50
Armillaria (<i>Armillaria mellea</i>)	51
Alga (<i>Cephaleuros virescens</i>)	51
Complejo apical	52
Anillamiento del pedúnculo	52
10. Contenido técnico: Riego	53
10.1. Algunas recomendaciones para establecer un sistema de riego	53
10.2. Necesidades de agua del cultivo	54
10.3. Tres preguntas básicas	54
¿Cuánto regar?	54
¿Cuándo regar?	56
¿Cómo regar?	56
11. Contenidos técnicos: Calibración de equipos de aspersión	58
11.1. Consideraciones para aplicaciones fitosanitarias	58
11.2. Pulverizador agrícola	58
La calidad de la pulverización	58
¿Cómo calibrar el equipo pulverizador?	58
La calibración en equipos tractorizados	59
Factores que afectan el volumen aplicado por hectárea	59
Tipos de equipos pulverizadores y calibraciones	59
¿Cuánto descarga una boquilla?	60
12. Contenido técnico: Manejo poscosecha de aguacate	61
12.1. Manejo precosecha	61
Diferentes criterios o indicadores utilizados para la cosecha de aguacate	61
12.2. Cosecha	63
Selección en campo	64
12.3. Poscosecha	64
Características de calidad	64
Causas de pérdidas en poscosecha, tomando en cuenta factores de precosecha y poscosecha	64
Características de calidad del aguacate demandado por supermercados	65
Labores en planta empacadora o acondicionamiento de la fruta	65
El transporte y almacenamiento en frío	65
Almacenamiento de aguacate	66
13. Contenido técnico: Índices de cosecha	68
13.1. Los índices de cosecha	68
13.2. La cosecha	68
13.3. Madurez vs. calidad	69
Factores que influyen en la madurez de los frutos	69
13.4. Vida de anaquel con calidad y tiempo suficiente para el consumidor	69
14. Contenido técnico: agricultura orgánica	71
14.1. La agricultura orgánica	71
14.2. El proceso de transición	71
15. Contenido técnico: cambio climático	73
15.1. El cambio climático en la agricultura	73
15.2. El fenómeno de El Niño	75
16. Contenido técnico: Biofertilizantes	77
16.1. El término bioles, actualmente llamado biofertilizantes	77
16.2. Factores para lograr una adecuada nutrición en los cultivos	77
16.3. La cromatografía	78
16.4. ¿Qué es el Biofermento?	79

16.4.1. ¿En qué se utilizan los Biofermentos?	80
16.4.2. Las dosis de biofertilizantes	80
16.4.3. Tipos de Biofertilizantes	80
16.4.4. Recipientes de Biofertilizantes	81
16.5. Compostaje	82
16.5.1. Relación Carbono-Nitrógeno (C/N)	82
16.5.2. Aporte de minerales al compost	83
16.6. Lombricompost	83
16.6.1. Condiciones ambientales para su desarrollo	84
16.7. Importancia de la materia orgánica	84
16.8. Aspectos generales sobre los ingredientes	85
Levadura	85
Melaza o miel de purga	85
Agua	85
Estiércol	85
17. Literatura consultada	85

Lista de figuras

Figura 1. Plántulas de aguacate que presentan síntomas de enfermedades	14
Figura 2. Plántulas de aguacate colocadas por tamaño en tres y dos hileras	15
Figura 3. Poda del eje central del árbol	24
Figura 4. Árbol podado con buena entrada de luz y aireación	25
Figura 5. Árbol a los seis meses de podado con fructificación en ramas bajas	25
Figura 6. Poda de renovación a diferente altura	26
Figura 7. Esquema de polinización de flores del aguacate	28
Figura 8. Zona de aplicación del fertilizante	31
Figura 9. Toma de hojas a la misma altura	33
Figura 10. Hojas con deficiencia de nitrógeno	35
Figura 11. Hojas con deficiencia de fósforo	35
Figura 12. Frutos con deficiencia de potasio	35
Figura 13. Deficiencia de calcio en hojas	36
Figura 14. Deficiencia de magnesio en hojas	36
Figura 15. Hojas con deficiencia de azufre	36
Figura 16. Deficiencia de zinc en hojas	37
Figura 17. Deficiencia de manganeso en hojas	37
Figura 18. Deficiencia de hierro en hojas	37
Figura 19. Deficiencia de boro en hojas	38
Figura 20. Deficiencia de Cobre en hojas	38
Figura 21. Principales plagas que afectan el cultivo del aguacate	40
Figura 22. Ciclo de vida de Phyllophaga	40
Figura 23. Ciclo de vida de los ácaros	41
Figura 24. Ciclo de vida de los Trips	42
Figura 25. Triángulo de la enfermedad	47
Figura 26. Muestra el ataque por <i>Phytophthora cinnamomi</i> en el follaje	47
Figura 27. Tronco con exudado característico el hongo	48
Figura 28. Fruto afectado por <i>Sphaceloma perseae</i>	49
Figura 29. Fruto afectados por <i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	50
Figura 30. Champiñones amarillentos en la base los árboles producidos por <i>Armillaria mellea</i>	51
Figura 31. Fruto y hoja afectada por <i>Cephaleuros virescens</i>	52
Figura 32. Fruto afectado por el complejo apical	52
Figura 33. Fruto con daño por anillamiento del pedúnculo	52
Figura 34. Cabezal que permite la distribución del agua por la plantación	53
Figura 35. Riego por micro aspersión	56

Figura 36. Riego por goteo.....	56
Figura 37. Ancho de franja en metros (6 metros).....	59
Figura 38. Etapas de maduración del aguacate Hass.....	63
Figura 39. Daño provocado por frío en pulpa y cáscara.....	66
Figura 40. El cultivo de caña de azúcar captura 60 ton de CO ₂ /ha/año.....	73
Figura 41. Número de tormentas en el océano Atlántico entre 1870 y 2006.....	74
Figura 42. Relación empírica de la floración con factores como la nubosidad y temperatura en bosques tropicales con estacionalidad seca.....	74
Figura 43. Los sectores sociales más vulnerables de acuerdo al tipo de evento.....	75
Figura 44. Variación de la precipitación anual en Cañas en 91 años, periodo 1921 - 2012.....	75
Figura 45. Variación de precipitación en la Zona Sur de Costa Rica. Periodos 1961-1990 y 1991-2005.....	76
Figura 46. Factores para lograr una adecuada nutrición.....	77
Figura 47. Áreas de un croma.....	78
Figura 48. Patrones de fertilidad.....	79
Figura 49. Sistema completamente anaeróbico.....	81
Figura 50. Materiales para la elaboración de recipiente.....	81
Figura 51. Camas de material para compostear.....	82
Figura 52. Análisis de una cromatografía de un compost a la 1, 2,3 y 4 semana.....	83
Figura 53. Aporte de materiales al compost o gallinaza.....	84

Lista de cuadros

Cuadro 1. Principales desinfectantes de suelo que se utilizan con sus respectivas dosis, organismos que combaten y tiempo requerido de espera para embolsar.....	14
Cuadro 2. Factores climáticos que inciden en el desarrollo de la variedad de aguacate Hass.....	20
Cuadro 3. La altitud y precipitación, según cada.....	27
Cuadro 4. Análisis de suelos.....	32
Cuadro 5. Intervalo de los macro nutrientes (%).....	34
Cuadro 6. Intervalo de los micro nutrientes (ppm).....	34
Cuadro 7. Inventario de familias y especies de artrópodos asociados al aguacate en Costa Rica ..	41
Cuadro 8. Distribución geográfica y altitudinal de los “picudos” en Costa Rica.....	44
Cuadro 9. Datos climáticos.....	55
Cuadro 10. Define la cantidad de goteros requeridos, según el año del árbol.....	57
Cuadro 11. Correlación entre el porcentaje de grasa y el porcentaje de materia seca.....	62
Cuadro 12. Característica de los frutos de aguacate, según su.....	62
Cuadro 13. Principales causas de pérdidas en poscosecha.....	64
Cuadro 14. Categorías sobre calidad de la fruta y peso respecto a exigencias de mercado.....	65
Cuadro 15. Condiciones de almacenamiento adecuadas, en cuanto a temperatura y humedad relativa para el aguacate.....	66
Cuadro 16. Condiciones de temperatura y humedad relativa, vida aproximada de almacenamiento recomendadas para frutas y verduras.....	67
Cuadro 17. Análisis químico de biofertilizantes enriquecidos con diferentes fuentes minerales.....	82
Cuadro 18. Composición de humus de lombriz.....	83

1. Presentación

El Programa Regional de Investigación e Innovación por Cadenas de Valor Agrícola (PRIICA) tiene como objetivo principal contribuir al incremento de la disponibilidad y acceso a los alimentos, a partir de la investigación agrícola como un instrumento para la lucha en contra de la pobreza y el hambre.

El programa PRIICA está enfocado en la generación de tecnologías para responder a las demandas identificadas de los pequeños productores/as, mediante los consorcios conformados por diferentes actores de cada producto cadena. Contempla también la difusión de tecnologías mediante intercambios de experiencia entre pequeños productores a nivel nacional y regional; de esta manera fortalece los niveles de seguridad alimentaria y nutricional en la región centroamericana.

En Costa Rica, el Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA) es el responsable de la ejecución técnica del programa PRIICA. Esta labor es acompañada por la Oficina del IICA en Costa Rica, como cooperante técnico y administrador.

Para la cadena de valor de aguacate en Costa Rica, el INTA, mediante el investigador líder Juan Mora Montero, ha conformado un consorcio en la región Pacífico Central (cantones de Orotina, San Mateo y Esparza) donde pequeños y medianos productores de aguacate se han reunido para avanzar en la innovación y la provisión de alimentos.

Esta memoria se materializa como fruto del trabajo del consorcio; es el producto del proceso de gestión de conocimiento que se genera en un curso especializado para producción de aguacate de bajura.

Si bien este documento representa un gran esfuerzo para proveer información relevante y actualizada para el cultivo en la zona específica, se considera un esfuerzo que posteriormente pueda ser mejorado y que sea el punto de partida para la mejora productiva y de la provisión de alimentos.

2. Introducción

El presente documento recoge las exposiciones realizadas durante el Curso de Aguacate impartido por distintos profesionales a los productores del Consorcio de Aguacate del Pacífico Central; de ahí se obtuvo este documento de apoyo para los técnicos y productores que asistieron. Incluye tanto las exposiciones verbales como algunas de las figuras o fotos que se presentaron para ilustrar mejor lo expuesto.

El texto fue revisado por los autores de cada tema, con el fin de ajustar el contenido de acuerdo con lo expuesto en las charlas.

3. Contenido técnico: El vivero

Ing. Juan Mora Montero

3.1. El vivero y la siembra directa

Una buena plantación nace de un buen manejo de viveros

La multiplicación de plantas se realiza en un lugar conocido como vivero. Aquí se producen grandes cantidades de plantas en un espacio relativamente pequeño, donde se realizan prácticas de manejo en forma intensiva: semilleros, riego, combate de malezas, plagas y enfermedades, fertilización, injertación y podas.

3.1.1. Condiciones generales para el establecimiento de un vivero

i. Ubicación

Para tener éxito en la propagación del cultivo de aguacate, el vivero debe estar ubicado en un lugar protegido del viento, con muy buena exposición al sol durante todo el día. La temperatura ideal para que se produzca un desarrollo continuo de las plantas oscila entre 26-28 °C.

Alrededor del vivero se deben hacer zanjas para eliminar excesos de agua, y a la vez, evitar entradas de agua que puedan diseminar problemas de enfermedades de suelo. El suelo debe ser liviano y con buen drenaje para evitar encharcamientos.

El lugar debe contar con agua de calidad y la cantidad necesaria para regar durante el verano.

El vivero debe ser de fácil acceso y con una buena localización, donde puedan llegar con facilidad los interesados en comprar árboles.

ii. Instalaciones

Cuando se desea establecer un vivero, el espacio debe contar con las siguientes instalaciones:

- **Bodega:** Aquí se almacenarán todos los materiales, insumos y equipo necesario para trabajar en el vivero.
- **Galerón:** Se utilizará para recibir tierra, abono orgánico y otros sustratos necesarios para preparar la mezcla. En este galerón se hará una división para que la tierra –una vez curada– quede aislada y libre de contaminación. Es aquí también donde se lleva a cabo el llenado de bolsas.
- **Germinadores:** Se planearán en caso de que se considere que el tipo de vivero que se va a establecer lo amerita.
- **Vivero o invernadero:** Por ser el vivero de aguacate un lugar que va a ser utilizado en forma permanente, conviene que cuente con construcciones como invernaderos que puedan estar forrados con plásticos y sarán, de modo que genere entre 25 y 40 % de sombra; principalmente en las etapas de siembra, germinación e injertación, y al inicio del crecimiento del injerto. Posteriormente, las plantas se sacan al aire libre en forma paulatina, protegidas del viento y la radiación excesiva. En el área del vivero, el suelo deberá recubrirse con una capa de grava o piedra lo suficientemente gruesa, de manera que impida el contacto de los zapatos de los trabajadores con el suelo y el sarán para evitar la diseminación de enfermedades. Otro sistema consiste en usar piso de cemento, para evitar al máximo cualquier tipo de contagio por contacto con el suelo y, además, esto permite ser lavado y desinfectado cuando se requiera. Es conveniente que el vivero tenga una sola entrada, donde se coloque una almohadilla que contenga una solución de sulfato de cobre al 10 % o formalina al 5 % para la desinfección de los zapatos. Es preferible que solamente entren al vivero las personas encargadas de realizar trabajos en él, para evitar la entrada de enfermedades.
- **Uso del sarán:** Se recomienda utilizar sarán para las zonas donde la radiación es muy fuerte. En zonas altas se recomienda el uso de plástico ya que permite regular principalmente la temperatura nocturna, que afecta en forma considerable el crecimiento de las plantas.

3.1.2. Patrones

Selección de árboles

Tanto las semillas para patrones, como las varetas de las variedades seleccionadas que se usarán para injertar, deberán tomarse de árboles debidamente identificados. Estos serán los mejores en calidad, producción, vigor y sanidad.

Cada viverista que desea producir plantas de aguacate debería saber acerca del tipo de patrón que se adapte a las condiciones locales para brindar árboles que se adapten bien.

Tipos de patrones

Patrones mexicanos

Se tienen muchos tipos de patrones mexicanos. Algunos ejemplos son Caliente, Topa Topa, Duke, Shiller I, Eilong y otros más.

La desventaja de los patrones mexicanos es su sensibilidad a la salinidad del agua, empezando a morir cuando su valor alcanza 120 mg de cloro por litro. En la zona alta se cuenta con el patrón Duke, aunque su uso no se ha generalizado.

Patrones guatemaltecos

Se han usado semillas de la variedad Nabal que funcionan bien en suelo con buen drenaje, donde el porcentaje de carbonato de calcio no sobrepasa el 4 %. También son susceptibles a la salinidad (200 mg de cloro por litro). Aunque esta variedad existe en Costa Rica, tampoco se ha usado como patrón.

En Estados Unidos se está usando el patrón Thomas, que aparentemente está dando buenos resultados de tolerancia a *Phytophthora*.

En Israel se probó el patrón Ghran-13 que muestra una excelente tolerancia para *Phytophthora*, pero la producción de variedades injertadas sobre este patrón fue muy baja, por lo que prácticamente se ha descartado.

Patrones antillanos

En otros países, la experiencia que se tiene es que algunas variedades injertadas sobre patrones antillanos han resultado ser menos productores que las injertadas sobre patrones guatemaltecos o mexicanos. Por esta razón, en nuestros viveros conviene empezar a orientar hacia el uso de estos patrones, dado que, por lo general, en nuestro medio no tenemos problemas de salinidad, entonces, no hay mucha necesidad de recurrir a este tipo de patrones.

Otros patrones que la literatura reporta como clones resistentes a *Phytophthora* son G22, G26 y las selecciones conocidas como Gema y Orotava.

3.1.3. Injertación

Por lo general en el caso del aguacate, el término de reproducción asexual se ha aplicado para la multiplicación por medio de injerto; pero hoy en día también se está aprovechando la multiplicación vegetativa, para producir mediante la práctica de un doble injerto, patrones clonales provenientes de plantas que reúnan condiciones especiales como la adaptación a diversas condiciones de suelo y calidades de agua para riego (aguas salinas); es muy importante la resistencia a enfermedades de la raíz (*Phytophthora* sp.), además, de la uniformidad en vigor y estabilización de la producción que se obtiene con estos patrones, en cuanto al comportamiento de la planta en el campo.

En zonas con mucha irradiación, a pesar de que el vivero puede hacerse a pleno sol, cuando los arbolitos crecen y se injertan, es recomendable proveer de una sombra natural o artificial de un 30%.

Tipos de injertación

Incrustación o hendidura

Este método se usa cuando la vareta y el patrón tienen un grosor muy parecido en el punto donde se corta el patrón para ser injertado. Aquí se debe recordar que abajo de este corte, se deben dejar de 3 a 4 hojas para que la planta continúe sintetizando sustancias nutritivas.

El patrón se parte por la mitad en forma vertical hasta una profundidad de 2.5 a 5.0 cm aproximadamente. En la vareta se hace un corte sesgado en cada cara de la parte inferior del esqueje formando una cuña y se introduce en el corte del patrón.

Se deja una pequeña porción del corte hecho en la vareta sin introducir dentro del patrón (especie de media luna), para facilitar la cicatrización en el momento de la formación del callo.

Se amarra con una cinta de plástico, se atomiza con una mezcla de Captan y Benlate y de inmediato el injerto se cubre con una bolsa plástica y el árbol injertado se coloca en un lugar donde haya sombra, por el contrario si la planta se mantiene en un lugar con plena exposición al sol, la bolsa plástica debe cubrirse con papel aluminio para evitar que la vareta se queme por irradiación. En invernaderos donde normalmente se mantiene una humedad relativa alta, no es necesaria la bolsa plástica.

Injerto de enchape lateral

Se toma una vareta terminal o media de 5 a 7 cm, aproximadamente, y cortar a ambos lados pero en forma asimétrica (a un lado más y a otro menos).

Se hace un corte lateral en el patrón ligeramente mayor al que se hizo en la vareta, se unen ambos de modo que los tejidos queden en contacto, y si el patrón es más ancho se debe procurar que, por lo menos, en uno de los lados la corteza de la vareta concuerde con la del patrón.

Se amarra con cinta plástica y luego se coloca una bolsa plástica cubriendo el injerto.

Normalmente se injerta el lado de más sombra en el árbol para protección de la vareta y se corta aproximadamente una cuarta parte del patrón.

3.1.4. Variedades recomendadas

Para las zonas de bajura, donde existe una gran variabilidad en lo que se refiere a forma, tamaño, color de la cáscara y grosor de la misma, tamaño de semilla y calidad de la pulpa, es necesario recordar que se deben realizar trabajos de selección de todos estos materiales, tomando en consideración las exigencias del mercado local y, eventualmente, pensar que se pueden abrir mercados de exportación. Es muy importante tener presente que una fruta de exportación debe reunir condiciones especiales como las siguientes:

- Tamaño del fruto de 300 a 450 gramos.
- Tamaño de la semilla: No debe ser más del 25 % del peso del fruto.
- Grosor de la cáscara: Debe ser tal que permita el manipuleo y el transporte de la fruta.
- Color de la cáscara: Preferiblemente verde brillante.
- Color de la pulpa: Amarillo intenso.
- Forma: Preferible el tipo de fruta aperada u ovalada.
- Contenido de fibra: Bajo.
- Capacidad de almacenamiento: Buena, lo que significa que se conserve durante 15 a 20 días en cámara fría con temperatura entre 4 a 7°C.

3.1.5. Condiciones de los patrones

El patrón debe ser vigoroso y con buen crecimiento. Hasta el momento no existen muchos trabajos sobre la selección de patrones en aguacate. Sin embargo, cabe señalar que sí existe una influencia del patrón sobre el injerto. En California, por ejemplo, se había seleccionado un patrón resistente a *Phytophthora* y se injertó con la variedad Hass y no se desarrolló bien; esto demostró que el patrón sí tiene bastante influencia sobre la copa.

Los patrones estarán listos para ser injertados cuando hayan alcanzado el grosor de un lápiz, una altura de unos 30 cm y tengan al menos entre 10 y 15 hojas bien desarrolladas y en crecimiento activo.

Se prefiere que los patrones tengan entrenudos cortos y tallos tiernos. La parte esponjosa del centro del tallo (médula) debe estar viva y tener un color verde claro. En los tallos leñosos con la médula blanca y seca, el porcentaje de prendimiento se reduce.

3.1.6. Condiciones de las varetas

En el proceso de injertación se deben de seleccionar varetas sazonas que no se deshidraten. El mejor material vegetativo para el injerto debe provenir de árboles sanos, vigorosos, de buena producción y de variedades debidamente identificadas.

Se debe cortar esquejes de las puntas de las ramas con hojas ya maduras. Material vegetativo que se haya producido durante el último período de crecimiento, que esté redondeado y no triangular y en el que las yemas estén a punto de brotar. Se puede eliminar el punto de crecimiento terminal de la vareta, para promover el desarrollo de ramas laterales desde el principio (esta práctica es opcional). También se puede usar no solo el material de la punta de la rama, sino también el que le antecede, si las yemas y la madera están en buenas condiciones.

3.2. Cuidados después de la injertación

Los injertos se deben proteger del sol, viento y exceso de lluvias. Si es necesario, se debe regar para mantener la humedad apropiada en la bolsa. No se debe saturar la bolsa para evitar pudrición de raíces. El riego se aplica en la base del tronco del patrón, y no sobre el injerto.

Debe eliminar los chupones que broten más abajo del injerto. La cinta plástica con que se amarró el injerto se debe eliminar cuando el injerto ha prendido bien para evitar el estrangulamiento del injerto. Hoy día existe un tipo de cinta especial, acerada que se adhiera fácilmente sin necesidad de amarrar y se descompone al cabo de unas semanas de modo que fácilmente se rompe cuando engruesa el injerto (Parafilm).

Preparación de sustratos

Como el aguacate es muy sensible a los excesos de humedad y a la falta de aire en el suelo, se usan mezclas que reduzcan estos factores. Debe ser un material lo suficientemente suelto, para que las raíces puedan crecer adecuadamente, y de buena fertilidad.

Dependiendo del tipo de suelo, se puede mezclar arena, granza de arroz y materia orgánica bien descompuesta.

Si se utiliza un buen sustrato, no es necesario aplicar fertilizantes. Sin embargo, si en los arbolitos se observan síntomas de deficiencias nutricionales, se pueden aplicar abonos foliares, o aplicaciones muy ligeras de fertilizantes granulados, para evitar problemas de exceso de sales.

Desinfección del suelo

En el caso del cultivo del aguacate es imprescindible que la mezcla del sustrato que se usa para llenar la bolsa esté desinfectada, debido a la alta susceptibilidad de las raíces de esta planta a enfermedades del suelo (como es el caso de *Phytophthora cinnamomi*), que se pueden transmitir fácilmente si el sustrato no es bien desinfectado.

Es importante recalcar que de nada serviría tener cuidados en la obtención y manejo de la semilla y realizar tratamientos de desinfección, si no se complementa con la desinfección de la mezcla de suelo que se utilizará tanto en el semillero como en el llenado de la bolsa.

Existen diferentes productos que se pueden usar para el tratamiento del suelo, pero es muy importante conocer el rango de acción que cada uno tiene en el control de diferentes tipos de problemas que puedan estar presentes en el suelo.

En el cuadro 1 se resumen los tratamientos de desinfección más comúnmente utilizados, donde se incluye la dosis, los organismos que controla y el tiempo requerido antes de sembrar los arbolitos.

Cuadro 1. Principales desinfectantes de suelo que se utilizan con sus respectivas dosis, organismos que combaten y tiempo requerido de espera para embolsar

Producto	Dosis recomendada por 10 m ² de era	Organismos que controla	Tiempo requerido para sembrar las semillas después del tratamiento
Vapan	11/160 l de agua	NHISM	22 días
Basamid	400-450 gr	NHISM	22 días
Formalina	300 cc/10 l de agua, 15-17 /m ²	HB poco efectivo para l y N	15 días
PCNB	400 a 500 gr	H	22 días
Agua hirviendo	Suficiente para empapar	NHMSM	1 días
Solarización	Cobertura plástica	NHMSM	60 días en zonas de buena radiación

Ordenamiento físico y llenado de bolsas

Este aspecto se refiere al ordenamiento por calidades tanto de los patrones como de los injertos (según el grosor, altura, sanidad), por variedades y por tipos de patrones.

En el vivero el llenado de bolsas se debe automatizar, para que sea más eficiente. Se recomienda no manejar más de dos hileras y debe existir un espacio (0.75 m, espacio para que pase un carrito) para que se faciliten las prácticas de manejo (injertación, riego, atomización, acarreo, etc.).

Las bolsas deben tener un tamaño de 50-60 cm de altura, para evitar que el sistema radical se dañe. En el momento de la siembra es importante que no se formen bolsas de aire; es decir, se debe apretar bien el suelo para que, cuando se humedezca el suelo, quede en contacto con las raíces, pues si quedan bolsas de aire, las raíces se van a secar, afectando el prendimiento de los arbolitos en el campo.

3.3. Semilleros

Este sistema permite manejar una cantidad alta de plantas en un espacio reducido. En los semilleros se puede identificar con mayor facilidad cuáles semillas presentan algún tipo de daño por enfermedad, y evitar su siembra en las bolsas. Como se puede observar en la figura 1 todas las plantas que ahí se ven deben ser descartadas.



Figura 1. Plántulas de aguacate que presentan síntomas de enfermedades.

Lo ideal a la hora de pasar la planta del semillero a la bolsa es sacarla con un palín. Se deben agrupar por tamaño para posteriormente sembrarlas según los tamaños, para evitar la competencia entre las mismas plantas como se presenta en la figura 2.



Figura 2. Plántulas de aguacate colocadas por tamaño en tres y dos hileras.

3.3.1. Manejo de la semilla

La selección de semillas se debe hacer a partir de árboles que sean buenos productores, que presenten un buen estado fitosanitario y que sean vigorosos y con una producción sostenida año con año o sea que no presenten alternancia; en estado de madurez fisiológica.

Las frutas se deben cosechar directamente del árbol. No se puede recoger semillas del suelo, ya que pueden estar infestadas por *Phytophthora*.

En caso de que las frutas o las semillas hayan estado en contacto con el suelo o que no se conozca su procedencia, se deben tratar con agua tibia a 50°C durante unos 5 minutos. Una vez aplicado el tratamiento térmico, las semillas se deben colocar de inmediato con Benlate, y secarlas a la sombra.

Si las semillas se desean almacenar por algún tiempo, puede colocarlas en cajas con arena ligeramente húmeda y curada. Posteriormente se almacenan en cámara fría a una temperatura de 4 a 6 grados centígrados.

Desinfección

Es posible hacer la desinfección mediante dos métodos: 1) calentar la semilla a 50 °C durante 5 minutos, y ii) tratar con una mezcla de Captan 0.15% y Benlate 0.05%

Tratamiento para mejorar la germinación

Para mejorar la germinación se pueden aplicar algunos tratamientos:

- Se recomienda eliminar la cubierta para favorecer el proceso de germinación. En el caso de hacer un corte a la semilla para que brote más rápido, el viverista debe desinfectar esa herida con un algún desinfectante; por ejemplo, Vitavax.
- Quitar la cáscara que cubre la semilla (cubierta seminal), lo cual se logra colocándola primero en agua a 45 °C por media hora, y luego en agua a temperatura ambiente por 24 horas.
- Seleccionar la semilla de acuerdo con el tamaño.
- Cortar la parte del ápice de la semilla.
- Poner las semillas en arena o aserrín húmedo y colocarlas en cámaras frías a temperatura entre 4 a 6 °C para conservarlas por varias semanas (3 a 4 semanas).

- vi. Sumergir las semillas en una solución de Giberelinas entre 500 y 1000 ppm.
- vii. Calentar las semillas con aserrín en camas de germinación a 28 °C hasta que la raíz empiece a salir.
- viii. Se pueden combinar algunos de estos tratamientos.

Siembra de semillas

Hay varias formas de hacer la siembra de semillas:

- i. Plantando la semilla directamente a la bolsa, donde el patrón será injertado y, posteriormente, trasplantado al campo.
- ii. Sembrando la semilla en una bolsa pequeña (12 cm x 20 cm), donde usualmente el patrón se injerta y posteriormente se trasplanta a una bolsa más grande, donde se desarrolla antes de llevarlo a la plantación. Generalmente este sistema se usa cuando el vivero se hace bajo invernadero y se tienen problemas de espacio ahí; de lo contrario, es preferible adoptar el sistema directo, pues resulta más barato.
- iii. La siembra directa en el campo tiene sus ventajas y desventajas. 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 de mayores cuidados. Muchas veces las plantas provenientes de viveros van a presentar la desventaja que la raíz principal viene enroscada y maltratada.

Colocación de la semilla

La semilla se siembra con la base en la tierra y el ápice hacia arriba no muy profundo, pero muy cerca de la superficie de la mezcla y se cubre con arena, cascarilla de café o granza de arroz, aunque con esta última se corre el riesgo de introducir semillas de malezas. Esta cobertura tiene una doble función que es la de prevenir los efectos de la radiación sobre la semilla y disminuir la pérdida de agua de la bolsa.

Tipos de semilleros

Después de los tratamientos de germinación aplicados a la semilla, se procede a hacer los semilleros. Para hacerlo existen dos métodos:

- i. El primero consiste en colocar la semilla en cajas o camas de germinación que tengan de 15 a 20 cm de alto, las cuales se llenan con arena o aserrín. Las semillas se colocan una seguida de la otra. Cuando empiezan a brotar se pasan a bolsas de 12 cm x 20 cm, o bien a la bolsa definitiva, cuyo tamaño será de 30 cm de ancho por un mínimo de 40 cm de alto y de 3 a 4 milésimas de pulgada de grosor.
- ii. El segundo método se hace sembrando la semilla en bolsas de 12 cm x 20 cm, donde la planta se injertará y permanecerá durante las primeras etapas de desarrollo de injerto. Después se pasa a la bolsa definitiva.

El primer método se recomienda para aquellos viveros donde se trabaja con 1000 o menos plantas; y en aquellos donde se producen más de 1000 plantas se sugiere el segundo método.

3.2.2 Trasplante

Los cuidados necesarios cuando los arbolitos están listos para ser trasplantados son los siguientes:

- i. Tan pronto emerge el epicótilo (tallo principal), se realiza el trasplante a la bolsa.
- ii. Al trasplantar estos patrones debe tener cuidado de no dañar las raíces.
- iii. Seleccionar patrones, descartando los que se vean muy débiles o que presenten malformaciones.
- iv. Plantar el arbolito al mismo nivel que se encontraba en el semillero o germinador (ni muy profundo, ni muy superficial).
- v. Regar inmediatamente después del trasplante.
- vi. No provocar "estrés"; mantenga la humedad óptima, sin exceso.

- vii. Mantener las plantas en crecimiento activo.
- viii. El tamaño del árbol va a depender de las condiciones que tenga la finca. Si el árbol es pequeño va a ser más fácil de transportarlo y se va a deshidratar menos. Es necesario tener en cuenta si hay que transportar los árboles a grandes distancias.
- ix. Los árboles deben ser sembrados al inicio de la época lluviosa en caso de que no cuente con sistema de riego.

3.4. Prácticas culturales

3.4.1. Combate de enfermedades

En nuestro país una de las enfermedades más comunes y difíciles de controlar es la causada por *Phytophthora cinnamomi* que ataca las plantas desde el vivero.

El hongo llega al vivero regularmente con las frutas que lo han adquirido en la plantación, mediante el contacto con suelo infestado.

Por lo serio de esta enfermedad se exponen a los viveristas las siguientes medidas preventivas:

- i. Deben desinfectar las semillas con tratamiento térmico o con productos químicos.
- ii. Deben desinfectar las mezclas o sustratos donde se van a sembrar las semillas preferiblemente con vapor o productos químicos.
- iii. Colocar las bolsas por lo menos 20 cm arriba del suelo, en pequeñas tarimas o en blocks de cemento o con una capa de grava o piedra.
- iv. El vivero se debe cercar para evitar la entrada de personas o animales.
- v. Se debe prevenir la llegada de agua de los terrenos aledaños. Para esto deberá hacer una zanja profunda alrededor del vivero.
- vi. Debe construir algún lugar donde la persona que entre al vivero pueda limpiarse bien el barro de los zapatos y también es importante colocar en la entrada una pileta con esponja que contenga una solución de cualquiera de los siguientes productos: formalina al 5 % o sulfato de cobre al 10 % para la desinfección.
- vii. Sanidad Vegetal debe tomar muestras de raíces por lo menos dos veces por año; esto con el fin de examinar y certificar que las plantas estén libres de la enfermedad.

Otras pudriciones: A menudo se pueden encontrar plantas con raíces muertas que pueden deberse a problemas de Rosellinia, Fusarium y Rhizoctonia; estos patógenos también atacan la semilla causando pudrición y la muerte del embrión.

En las raíces se presenta principalmente a nivel de raíces primarias. La pudrición se inicia como líneas necróticas que posteriormente se extienden hacia las otras raíces.

Su entrada al vivero se puede prevenir tomando semillas cosechadas solamente del árbol, que no caigan al suelo y usen una mezcla de suelo bien desinfectada.

3.4.2. Combate de plagas

En los viveros hay muy pocos insectos que se deben controlar; sin embargo, el problema más serio se presenta cuando la semilla viene infectada con el barrenador, que resulta difícil de controlar aun con tratamiento de inmersión de la semilla. Se recomienda para esto tomar semilla preferiblemente de lugares donde no exista la plaga; o bien, seleccionar árboles cuya semilla será usada específicamente para patrón y aplicar sobre ellos un control o manejo integrado de la plaga lo más estricto e intensivo posible.

3.4.3. Combate de malezas

Si se ha hecho una buena desinfección del sustrato con vapor o Vapam, el problema de malezas en el vivero será mínimo o prácticamente nulo. De no ser así, las malezas deben controlarse periódicamente y en forma manual, ya que el uso de herbicidas es una práctica que actualmente no está bien probada.

Es importante mencionar que, si usa cascarilla de arroz ya sea como parte de la mezcla del sustrato o bien como cobertura para evitar la radiación sobre la semilla y las pérdidas de agua, en la bolsa, se corre el riesgo de introducir semillas de malezas que posteriormente se pueden diseminar en el campo.

3.5. Identificación de plantas

- i. El viverista debe verificar y mantener en un libro de registros en recibos, el lugar donde adquirió el material de multiplicación.
- ii. El dueño del árbol madre debe darle al viverista la certificación de la ubicación del árbol, características, y demás detalles pertinentes.
- iii. Después de que la vareta empieza a crecer, debe identificar con el nombre del patrón, de la variedad y especificar la procedencia de ambos.
- iv. El viverista debe separar las plantas de acuerdo con la procedencia tanto del patrón como de la variedad.
- v. El viverista anotará la fecha de siembra y de injertación de todos los arbolitos.
- vi. En el vivero deben de identificarse bien las variedades para que no se confundan, deben de identificar los lotes. Es obligación del viverista certificar la calidad varietal.
- vii. En el caso de establecimiento de viveros comerciales, estos tienen que regirse por el reglamento de viveros establecidos por ley. El viverista debe dar factura indicando qué tipo de patrón utilizó, cual es la variedad injertada, la factura debe de indicar el nombre del comprador y del vendedor. Además, el vivero debe de contar un certificado de calidad.

Normas de calidad de las plantas injertadas

- i. El arbolito para la venta deberá tener un tronco recto, libre de heridas no cicatrizadas, la soldadura entre el patrón y la variedad deberá estar completamente cicatrizada y sin señales de necrosis.
- ii. El diámetro del tronco para injertar deberá estar a 10 cm. Por encima del punto de injerto, debe tener un mínimo de 7 mm, con un promedio de 8 mm y máximo de 9 mm.
- iii. El injerto deberá tener de 15 a 20 hojas bien desarrolladas y funcionalmente activas.
- iv. Además de las normas de calidad que debe reunir el injerto, debe tener presente que, el tamaño de la bolsa es determinante en la calidad del injerto y de la reacción del mismo en el campo (MAG, 1992).

4. Contenido técnico: Establecimiento de plantaciones de aguacate

Ing. Marvin Garbanzo Solís

4.1. Aspectos importantes para el preestablecimiento de la plantación

Selección del terreno

- **Evitar suelos fangosos:** El aguacate requiere de suelos bien drenados y con buena capacidad de infiltración. Los suelos con una pendiente ligeramente inclinada van a facilitar que este suelo no se sature de humedad.
- **En suelos arcillosos, su desarrollo se ve limitado:** Este tipo de frutal tiene raíces gruesas, quebradizas que absorben agua y nutrientes exclusivamente por la punta. La raíz del aguacate es muy sensible a la humedad, por lo que se dificulta su desarrollo en suelos arcillosos. Sin embargo, este frutal puede establecerse según el porcentaje de arcilla, pero a futuro se puede dar la muerte de los árboles, ya que el problema de los suelos arcillosos, es que en tiempo de lluvias abundantes, los suelos se saturan de humedad perdiendo oxígeno, lo que provoca la asfixia de las plantas. Por otro lado, este tipo de suelo en tiempo de verano, se agrieta lo que provoca la ruptura de raíces. Lo ideal es realizar un muestreo de suelos, para analizar su capacidad de infiltración y otros aspectos importantes.
- **Posición con respecto al sol:** El establecimiento de la siembra de aguacate de manera contraria a la luz del sol es un problema que se ha presentado mucho en la zona de los Santos. Las siembras establecidas en estas condiciones presentan mayores problemas de plagas y enfermedades; por ende, bajos rendimientos y menos producción. Para evitar este tipo de problemas se requiere que el terreno seleccionado tenga una buena exposición directa a la luz del sol.

Suelo

- **Textura:** En el caso de la variedad Hass se recomienda que los suelos sean de texturas francas: sin embargo, se puede generalizar en el cultivo de aguacate.
- **Profundidad:** Se requiere además que los suelos tengan una buena profundidad. En el caso de suelos planos, la profundidad debe ser de 1.5 metros y de 1 metro en suelos con pendientes mayores a un 25%, para que las raíces logren tener un buen desarrollo.
- **Porcentaje de arcilla:** Se recomienda que el porcentaje de arcilla no sea mayor a 30%, ya que cuando los suelos presentan de un 35 a 40 % de arcilla, este cultivo empieza a tener un desarrollo deficiente a causa de mayor humedad en el suelo, lo que va afectando el desarrollo radical. Estas condiciones facilitan el ataque de raíces por parte de hongos. El sistema radical del aguacate por sus características resulta muy apetecido por los hongos.
- **Materia orgánica:** El cultivo de aguacate necesita de suelos con un buen porcentaje de materia orgánica. No se recomienda tener suelos desnudos. Mediante chapias se puede obtener una buena cobertura sin el uso de herbicidas.
- **Drenaje:** Para el establecimiento se requiere de un buen o excelente drenaje.
- **Acidez:** El aguacate requiere de porcentajes de acidez del suelo de 5.5 a 7, siendo esto lo ideal. Sin embargo, en la zona de los Santos, el cultivo de aguacate se ha desarrollado en suelos con un promedio de acidez de 4.4 y 4.5 en estas condiciones es necesario encalar.

Clima

En el cuadro 2 se mencionan aspectos para considerar en el cultivo de aguacate de la variedad Hass, tales como la altitud, la precipitación, la temperatura, la humedad, el viento y la neblina.

Cuadro 2. Factores climáticos que inciden en el desarrollo de la variedad de aguacate Hass

Temperatura media Hass: 18 C y 25 C	
Altitud	Depende de la variedad (Hass 1200 a 1800)
Humedad relativa	No mayor a 65%
Precipitación	No mayor a 1500 mm
Viento	Moderado
Neblina	Leve o moderada

La altitud

Es muy importante a la hora de establecer una plantación, definir qué variedad debemos utilizar. Para la variedad Hass, la altitud debe de andar entre los 1200 a los 1800 msnm, con el fin de que esta tenga un buen desarrollo, ya que si se establece a menos de 1000 msnm, empieza a tener mayores problemas de plagas, por ejemplo, trips, barrenador del tronco, ácaros. La variedad Hass establecida en lugares de menos de 1200-1800 msnm, produce un fruto de menor tamaño, mucho más rugoso y de menor aceptación en el mercado. La variedad Simpson requiere de una altitud que va de los 300 a los 1500 msnm, también se adaptan bien a esa altitud variedades como Hall y Kahalu (tiene buena aceptación en el mercado).

Temperatura

Para obtener un buen cuaje, se requiere de temperaturas de 18-25 ° C. En el caso de la zona de los Santos, cuando las temperaturas, en época de floración, bajan a 17 ° C, se empieza a tener problemas de cuaje. A los 14 ° C, no se presenta cuaje. Cuando se presentan frentes fríos y tormentas, se dan muchos problemas de quema, no solo de ramal floral, sino también de brote vegetativo y ramas por las temperaturas tan bajas. Las variedades antillanas se adaptan a temperaturas mayores.

La humedad relativa

No debe ser mayor a un 65% para evitar la alta incidencia de enfermedades causadas por hongos.

La precipitación

No debe ser mayor a 1500 mm. Deben de estar bien distribuidos en toda la época lluviosa para que no haya pérdida de agua por escorrentía y que se puedan realizar las aplicaciones de fertilizantes.

El viento

Los vientos favorecen la caída de flores y frutos y el desarrollo de hongos al causar heridas. En nuestro país, este cultivo se ve muy afectado por fuertes corrientes de aire, por lo que se recomienda que previo al establecimiento del cultivo, se preste atención de cuáles son las zonas más azotadas por el viento, para ubicar los rompevientos que se requieren para proteger la plantación.

En la zona de los Santos a los 1600 msnm, se presentan condiciones de fuertes vientos, neblina y precipitación que limitan el establecimiento de plantaciones de aguacate, a excepción de San Gerardo de Dota que se encuentra ubicado a 2500 msnm y si presenta condiciones de microclima que propician el desarrollo del cultivo, en el caso de la variedad Hass.

Selección de la variedad

Se consideran los criterios de adaptación, teniendo como referencia las condiciones del clima que imperan en la zona. También se toman en cuenta aspectos como el rendimiento, si la variedad es bastante productiva y el gusto del consumidor.

Es importante conocer si la variedad que se desea establecer tiene un buen nicho de mercado (ferias, supermercados, distribuidores) y también que no tenga problemas de manejo poscosecha. Por ejemplo, la variedad Hall tiene buena aceptación en el mercado, pero, al igual que la variedad Simpson, tiene problemas de enfermedades poscosecha; principalmente antracnosis.

El análisis de suelo

El análisis de suelo permite conocer qué características posee el suelo y de esa manera suplir las necesidades y hacer las correcciones que sean necesarias. Se debe de realizar un muestreo bien representativo. Para lograrlo, se utiliza un palín sin herrumbre y un saco limpio, sin residuos de productos químicos.

Para la preparación de las muestras se mezclan las 10-12 submuestras y se saca aproximadamente 500 gramos o un kilo, se le coloca el nombre del lugar, cultivo que quiere sembrar y se envía al laboratorio.

Debido al sistema radical que presenta este cultivo, se recomienda realizar un muestreo que tenga una profundidad de 0-30 cm.

De acuerdo con los resultados del análisis de suelos, se procede a elegir la enmienda más apropiada. Algunas de ellas son el carbonato de calcio, triple cal, nutri cal, surco mejorador y cal dolomita (sirve para mejorar la relación entre bases).

Selección de material vegetativo

Se recomienda que la altura de la planta no sea menor de 40-50 cm. Se debe prestar atención a los brotes tiernos, que no presenten condiciones de marchitez al medio día, ya que esto sería un indicador de que existen problemas de raíz.

Al adquirir los árboles en vivero (plantas injertadas), se deben de tomar en cuenta árboles vigorosos, rectos, libres de enfermedades y que el injerto sea hecho sobre un patrón grueso y sano. Es importante que no tenga problemas de *Xylella fastidiosa*: esta bacteria produce un encrespamiento y moteado en las hojas.

Establecimiento por semilla (siembra directa)

Si se quiere establecer por semilla, se puede realizar una siembra directa y después injertar en campo. Para ello es primordial conseguir semilla de buena calidad, que sean árboles productivos, libres de plagas y enfermedades. Una de las ventajas de ese tipo de establecimiento es que la planta va a desarrollar una raíz libre; esto permitirá que pueda absorber mucho mejor el agua en épocas de sequía y que el patrón vaya a desarrollar más rápido que en la bolsa.

Recomendaciones

- Una de las recomendaciones es que se debe desinfectar bien el punto de siembra.
- Construir una mini ter para identificar el punto de siembra y colocar una estaca o tutor para hacer notar que hay una semilla.
- Se debe de injertar cuando el árbol tenga aproximadamente un cm de grosor a unos 30 cm de altura, tenga buen vigor y posea un crecimiento activo.
- Después de realizado el injerto se debe soltar la cinta en el momento oportuno, cuando el proceso de cicatrización haya finalizado. Se recomienda dejar la cinta por periodos de dos meses y medio, a tres meses aproximadamente.
- Al patrón se le debe dar un manejo agronómico como la fertilización y realizar un control de plagas y enfermedades.

4.2. Sistema de siembra

El aguacate en asocio

Una de las ventajas de este tipo de establecimiento es que se da un mayor aprovechamiento del terreno. En el caso de la variedad Hass, en la zona de los Santos el 65% de las plantaciones se encuentran establecidas en asocio con café. Las desventajas de este sistema son la competencia de las plantas por agua, aireación, luz y nutrientes. Se dificultan labores de manejo fitosanitario, ya que no permite monitorear bien, si existe presencia de plagas y enfermedades, afecta las labores de cosecha y dificulta la formación de copa.

La siembra compacta

Tiene la ventaja de facilitarnos las labores de cultivo: manejo fitosanitario, labores de cosecha y podas. Permite el aprovechamiento de espacios libres (frijol, chile tomate, otros), durante los primeros años.

4.2.1 Pasos para el establecimiento del cultivo

i. La distancia de siembra

Se debe de tomar en cuenta la topografía del terreno. Por ejemplo, si la topografía del terreno es plana, se puede mantener una distancia de siembra más reducida. Si por el contrario, el terreno presenta una leve inclinación y una posición directa al sol, es recomendable sembrar en tres bolillos; esto nos permitiría sembrar más árboles por hectárea.

Es importante tener en cuenta la variedad por el tamaño de la copa; ya que hay variedades muy vigorosas y muy amplias como el Hall y el Simpson. Deben ser sembradas a distancias de 10x10 o 12x10 –esto en relación con la variedad Hass–; esta variedad se maneja a distancia de siembra de 8x7, 8x6, 7x7, en asocio con café a 10x8 u 8x8 con muy buenos resultados.

Todo lo dicho anteriormente va a depender del tipo de formación que se desea dar. Si lo que queremos es tener árboles pequeños, se puede reducir la distancia de siembra, siempre y cuando se realicen las podas necesarias para mantener la copa. Se debe tomar en cuenta que el clima influye en el desarrollo vigoroso del árbol, según la zona.

ii. La construcción de mini ters individuales

Se debe de considerar la construcción de miniters individuales, con un diámetro de 1 metro, en suelos arcillosos con pendiente, para identificar el punto de siembra; con una inclinación del 2% hacia dentro y con un canal interno de dos salidas. La utilización de miniters favorece la aplicación de fertilizantes, enmiendas, abono orgánico, aplicaciones de microorganismos de montaña, aplicaciones de Trichoderma, entre otros.

iii. El tamaño del hueco

Para la siembra del cultivo de aguacate, el tamaño del hueco en suelos arenosos y profundos puede construirse de tamaño grande (50 cm X 60 cm, hasta 80 cm X 80 cm). Si por el contrario, el suelo es arcilloso o franco arcilloso se debe hacer un hueco pequeño (25 cm X 25 cm hasta 30 cm X 30 cm).

iv. La desinfección del hueco

La desinfección del hueco es muy importante para evitar problemas generados por los hongos, habitantes del suelo como Rhizoctonia, Fusarium, Phytophthora, Rosellinia, Sclerotium, Corticium y Sclerotinia.

Se recomienda bajar la población del hongo con una aplicación química, para posteriormente realizar aplicaciones de productos biológicos. Hay que asegurarse de que exista humedad en el suelo para que el producto trabaje. Debe de dar al menos 10 días para que ese producto baje la cantidad de población del hongo.

Se puede desinfectar con PCNB 40 g/m², Butrol 5 cc/litro, Basamid 40 g/m², (el utilizado para reducir semillas de malezas e insectos), entre otros. Es importante desinfectar y airear el suelo, para luego establecer la siembra. La mayoría de estos productos trabajan a una profundidad máxima de 20 cm. Posteriormente al mes y medio o dos meses se puede iniciar el control de plagas y enfermedades, con controladores biológicos (hongos entomopatógenos), microorganismos de montaña y Trichoderma.

v. Forma de siembra

Siembra tradicional

En el sistema de siembra tradicional, se realiza el corte a la bolsa, se cortan aproximadamente unos 3 cm de la parte inferior para sacar la raíz. Se recomienda realizar una poda de raíz, antes de sacar la planta completamente de la bolsa. Colocar el árbol en el punto de siembra. Colocar una estaca o tutor. Realizar las aplicaciones de fertilizante en tres partes (12-24-12) en el fondo, a la mitad y en la parte superior. Se requiere que el fertilizante inicialmente sea alto en fósforo.

Siembra en montículo

La siembra en montículo se realiza generalmente en suelos arcillosos y franco arcillosos, con el fin de evitar que la planta muera por la falta de oxígeno o por el exceso de humedad. Se debe proteger con materia orgánica, utilizar microorganismos de montaña, paja y hojarasca.

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

- i. Debe revisar la cinta, cambiarla con por adhesiva
- ii. Debe cortar los hijos que están debajo del injerto.
- iii. Aplicar pasta protectora en el punto de injerto, para evitar la quema de sol.
- iv. La poda inicial se debe hacer a los 4-5 meses; lo que interesa es ir formando una copa baja que facilite las labores de cultivo.
- v. Debe limpiar el canal interno hasta los 3 años para evitar los excesos de lluvia.
- vi. En la parte de fertilización, se deben de considerar las aplicaciones foliares y al suelo, además de enmiendas. A nivel foliar se necesita N, P, K, Ca, Mg y elementos menores, y aplicarlos regularmente. Se recomienda el uso de productos quelatados, metalosato, productos que contengan aminoácidos con polisacáridos; no sales ni nitratos.
- vii. El manejo fitosanitario se debe de realizar con fungicidas e insecticidas para proteger de trips, ácaros como las araña rojas, picudo, barrenador del tallo. Se recomienda estar monitoreando y hacer las aplicaciones preventivas antes de que se tengan pérdidas económicas.

5. Contenido técnico: La poda

Ing. Marvin Garbanzo

El objetivo de la poda es tener árboles manejables con una copa baja, que permita realizar todas las actividades que se requieren en el campo. Es importante considerar que el árbol de aguacate crece aproximadamente cada 6 meses.

Con la poda se puede reducir la distancia de siembra. En el caso de la variedad Hass, con una poda regular se siembra a una distancia de 7x8 u 8x8 y con un manejo de poda eficiente se puede llevar a distancias de 3x2 y 2x1, para esto se requiere mucha experiencia.

Ventajas de realizar la poda:

- La poda adecuada y desde un inicio permite dar un buen manejo agronómico al cultivo (chapias, fertilizaciones, cosecha, etc.).
- Permite dar mayor luminosidad y aireación a la plantación: lo que va a permitir que haya una mayor producción de fruta en la parte de abajo del árbol.
- Favorece el monitoreo de plagas y enfermedades. Esto porque las plagas se inician principalmente en la copa y si se tienen copas manejables va a ser más sencilla su detección. Por ejemplo, problemas de trips.
- Aumenta la efectividad en la aplicación de productos. Permite enfocarse directamente en el problema.
- Disminuye el daño por plagas y enfermedades. Se estarían eliminando esporas de hongos de la plantación y, al tener mayor luminosidad, estaría generando más calor en la parte de abajo del árbol. De esta manera evita que haya problema de hongos.
- Una mejor distribución de la cosecha.
- Aumenta los rendimientos; esto por tener mayor cantidad de fruta en toda la copa.
- Facilita las labores de cosecha, una copa manejable evita el golpe de la fruta.
- Mejora la calidad del fruto: se obtiene un fruto de mayor tamaño y más sano.
- Disminuye los costos de producción. Disminución en la aplicación de productos químicos a la mitad, según experiencias de algunos productores.

5.1. Tipos de podas

La poda de formación inicial

Este tipo de poda se realiza desde el vivero. La poda del eje central –como se muestra en la figura 3– se realiza a una altura de 60-70 cm, para dar fuerza a la distribución de ramillas equidistantes. Es importante captar esas ramillas, para ir ampliando y cerrando la copa. En el proceso, verifique que el árbol tenga una buena entrada de luz y aireación.



Figura 3. Poda del eje central del árbol.

La poda de formación de copa

En este tipo de poda hay que realizar capas periódicas para controlar la dominancia apical (eje central y ramas laterales). Se debe de ampliar la copa del árbol. La recomendación es hacer raleo de ramillas internas y brindar al árbol bastante luminosidad y aireación (ver la figura 4).

Las podas de formación se recomiendan realizarlas principalmente en cuarto menguante y en toda época del año.



Figura 4. Árbol podado con buena entrada de luz y aireación.

La poda de saneamiento

Es la que pretende eliminar todas las ramillas secas, dañadas y muy bajas. Es necesario realizar un raleo interno, para que exista una entrada de aire y de luz natural. Realizar un raleo interno de ramillas (1 vez al año o después de cada cosecha).

La poda de raleo

Consiste en eliminar algunas ramas laterales, que permita la entrada de luz y aire, para reducir la incidencia de enfermedades y mejorar la calidad de los frutos.

Poda para bajar la altura de copa

Esta práctica se realiza con el fin de renovar tejido productivo generalmente en plantaciones de 12-15 años, que muestran agotamiento del área foliar, árboles difíciles de manejar y con distancias de siembra reducidas.

La figura 5 muestra un árbol podado que permite la producción en ramas bajas.



Figura 5. Árbol a los seis meses de podado con fructificación en ramas bajas.

La poda de renovación de tejido productivo

Se aplica en árboles de 12 a 15 años, árboles viejos, con copa alta o mal formada (figura 6).



Figura 6. Poda de renovación a diferente altura

Existen varios tipos de poda, esto va a depender de las condiciones que presente el árbol. Por ejemplo, una poda total, generalmente, se maneja a una altura de 3 metros o 3 metros y medio. También se pueden realizar podas a los 2 metros y medio. Sin embargo, para realizar una poda a los 3 metros y medio el árbol tiene que tener buen espacio y una buena cantidad de ramas a los lados. Se debe de hacer una poda uniforme en las ramas principales.

Las podas totales y de renovación de tejido productivo, se realizan al finalizar la época de cosecha y en zonas altas, como la zona de los Santos se recomienda realizarla en época de verano. Cuando se va a realizar una poda de renovación, un momento oportuno es en la época de verano (marzo-abril), para evitar problemas con hongos.

Otras recomendaciones

- Hacer bien los cortes (en diagonal, sin rajaduras). El corte debe ser lo más inclinado y lo más cerca posible de la rama que queda, para que se dé el prendimiento.
- No dejar tacos (facilitar la cicatrización).
- Proteger todo el tejido que ha quedado expuesto con pintura o cobre, para evitar la entrada de hongos, y evitar la quema de sol en la parte expuesta.
- Desinfectar las herramientas al pasar de un árbol a otro, para evitar la transmisión de enfermedades. Se recomienda utilizar yodo, formalina, alcohol o alguna solución con fungicidas.
- Después de la poda se recomienda eliminar todo el material, para evitar la proliferación de hongos en la base del tronco.
- Las ramas de los laterales se deben podar para favorecer la ramificación. Preferiblemente hacer el corte en tejido sazón.
- En el caso de tener un árbol con muchos hijos se debe realizar un raleo. Se recomienda seleccionar y ubicar los que están en una mejor posición, y capar para distribuir.
- Se recomienda primero podar los árboles sanos y, posteriormente, los que se vean enfermos, para evitar contaminación.
- Al realizar la poda, el árbol va a perder raíces por lo que se recomienda aplicar productos como las enmiendas; por ejemplo, Nutrical, surco mejorador (5-10 kilos dependiendo del árbol) o triple cal de rápida absorción. Esto se realiza con el objetivo de recuperar la raíz. Si es posible aplicar al suelo fungicidas como el Aliette. A los tres meses cuando se empiezan a observar brotes, puede aplicar fertilizante. Evitar fórmulas altas en nitrógeno y contar con un análisis de suelo adecuado.
- Es importante que al realizar la poda, el corte se haga debajo de los nudos de crecimiento para evitar la formación de muchos hijos (chupones). En el caso de las ramas laterales, sí es recomendable realizarlo por encima de los nudos para producir más tejido y llenar el espacio.

6. Contenido técnico: Condiciones agroecológicas del cultivo

Ing. José Cascante Jiménez

Las condiciones agroecológicas son las relaciones que tiene la planta o árbol con el clima. El árbol de aguacate es una planta perenne. El aguacate y otros frutales toman de la raíz los nutrientes, realizan la fotosíntesis y guardan las reservas en los troncos y en las yemas vegetativas. Mientras existan buenas condiciones de nutrición, buenas condiciones ambientales y capacidad del árbol para reservar nutrientes, se estaría asegurando de esa manera una buena cosecha.

6.1. Requerimientos climáticos y condiciones de suelo

i. El clima

Depende de dos factores muy importantes: la temperatura y la precipitación; ambas variables tienen que ver con el brillo solar. Por ejemplo, si existen variedades de aguacate que crecen en temperaturas más altas y otras en temperaturas más bajas. En el caso de la variedad Hass, tendría problemas para desarrollarse en las condiciones de la zona de Esparza.

Las condiciones de sequía prolongadas en el cultivo de aguacate generan la caída de hojas y reduce el rendimiento, por lo que es necesario aplicar riego. Por otro lado, el exceso de precipitación provoca problemas en la floración y en el fructificación.

El clima considera los siguientes aspectos:

- a. La altitud y precipitación:** En el caso del árbol de aguacate entre mayor altitud menos precipitación requiere (cuadro 3).

Cuadro 3. La altitud, según cada variedad

ALTURA		
De 0-1.000 msnm	1.000-1.500 msnm	1.500-2.500 msnm
Simmonds	Choquete	Nabal (G)
Catalina	Kahalú	Azteca
Booth 8	Hall	Fuerte
Booth 7	Simpson	Hass
Masutomi	Booth 8	Ettinger
Kahalú	Guatemala	Wurstz
	Fujikawa	
	Itzama	

- La variedad antillana se adapta de los 0-500 msnm. La precipitación debe rondar los 1800-2000 mm.
- La variedad guatemalteca se adapta de los 500-1500 msnm. La precipitación debe rondar los 1000-1500 mm.
- La variedad mexicana se adapta de los 1000-1900 msnm. La precipitación debe rondar los 800-1000 mm.

El cultivo de aguacate requiere de al menos 1200 mm de precipitación anual bien distribuida. La zona de Orotina presenta una precipitación de 2500 mm de precipitación anual.

- b. **Humedad ambiental:** El árbol requiere de humedad ambiental baja, menor al 65%.
- c. **Temperatura:** La temperatura debe ser entre 20 y 30 ° C.

Las variedades de las variedades guatemaltecas y las mexicanas son más resistentes al frío. En la zona de Esparza, se tienen las variedades antillanas, que son menos tolerantes a temperaturas bajas.

- d. **Luz:** El árbol de aguacate por ser un cultivo tropical requiere de mucha insolación. Entre mayor sean las horas de luz, mejor es el crecimiento y producción.
- e. **Viento:** Los vientos fuertes provocan caída de flores y frutos, por lo cual es recomendable proteger el cultivo con cortinas rompevientos, con el fin de que la floración no se vea afectada.
- f. **El suelo:** El suelo deberá tener las siguientes condiciones:
 - Textura del suelo: El aguacate prefiere desarrollarse en suelos francos a franco – arcillo – limosos.
 - Profundidad de suelo: El aguacate prefiere los suelos profundos, de 1.0 a 1.5 m de profundidad.
 - El pH: Debe ser de 6.0-7.5
 - Pendiente: Considerar un terreno con una pendiente ligeramente ondulada, para que el agua pueda escurrir y las raíces no tengan exceso de humedad.
 - Drenaje: Requiere condiciones de buen drenaje.

6.2. La polinización del aguacate

El aguacate es bisexual: presenta tanto los órganos femenino y masculino. La flor es circular, abre dos veces. Una vez sale como masculina y luego abre como femenina. Cuando la temperatura aumenta los cultivares del grupo A, abren como femeninos desde la mañana hasta el mediodía, en la tarde se cierran y al día siguiente en la mañana amanece cerrada y en la tarde abre de nuevo en esta ocasión liberando polen. Los cultivares del grupo B, el primer día en la mañana las flores están cerradas, en la tarde abren y el estigma está receptivo, y en el segundo día la flor abre, pero va liberando polen. En la tarde se vuelve a cerrar (figura 7).

ESQUEMA DE POLINIZACION DE LAS FLORES DEL AGUACATE

DIAS	PERIODO	GRUPO A	GRUPO B
DIA 1	MAÑANA	FLOR ABIERTA OVULO RECEPTIVO	FLOR CERRADA
	TARDE	FLOR CERRADA	FLOR ABIERTA OVULO RECEPTIVO
DIA 2	MAÑANA	FLOR CERRADA	FLOR ABIERTA POLEN FERTIL
	TARDE	FLOR ABIERTA POLEN FERTIL	FLOR CERRADA



Figura 7. Esquema de polinización de flores del aguacate.

Es importante en el momento de seleccionar los árboles, escoger cultivares del grupo A y los cultivares del grupo B.

Las altas temperaturas son más favorables para acelerar el desarrollo del tubo polínico: de 20 y 25°C de temperatura ambiental y con alta humedad relativa, estos son los parámetros óptimos para favorecer la autopolinización.

6.3. La floración

Los frutales por su naturaleza requieren de condiciones de estrés hídrico, temperatura y otros factores del clima para que se inicie la etapa de floración. El aguacate y otros frutales requieren de 30-60 días de condiciones de estrés (sequía) para inducir la floración. La planta al entrar en condiciones de estrés genera estímulos que son recibidos por las yemas apicales y axilares. Estos estímulos generan que las yemas pasen de ser vegetativas a florales. La floración se considera la parte del ciclo fenológico más desgastante. El árbol de aguacate produce un millón de flores y solo pega entre el 0,2 % y 0,1%.

Otro factor importante para considerar en frutales como el aguacate es la luminosidad. Los frutales requieren de una alta intensidad de luz para incrementar la cantidad de flores. La baja luminosidad, el auto sombreado y el entrecruzamiento de las copas, conducen a una baja productividad.

Cabe señalar que en el árbol de aguacate cuando inicia la floración, también se inicia un crecimiento de brotes vegetativos. Después de la etapa de floración y cuaje, empieza el crecimiento de raíces, por lo que se encuentra receptivo para realizar fertilizaciones al suelo. Se recomienda que antes de la floración se aplique Metalosato multiminerales, polisacáridos, miel de purga y también se recomienda aplicar fósforo; esto porque la planta requiere de mucha energía.

La floración en frutales se ve estimulada por factores como la radiación, el fotoperiodo, tropismo, relaciones hídricas, luz, temperatura (horas de frío y calor).

El fotoperiodo es la respuesta de las plantas de acuerdo con la longitud relativa del día o de la noche. El aguacate es un frutal de día corto. Por ejemplo, cuando se presentan días de 8 horas de día y 16 horas de noche se inicia la floración. Por tal razón, este frutal florea en invierno, ya que hay menos luz. Los fenómenos como el Niño pueden llegar a afectar el inicio de la floración.

6.4. Reguladores de crecimiento o fitohormonas

Son sustancias naturales que poseen la función fundamental de dirigir procesos y comportamientos fisiológicos. Se utilizan como herramienta agrícola para el raleo de fruta, promover o incrementar el retorno a floración, promover la maduración más pareja y temprana, reducir la floración, mejorar la calidad de la fruta, disminuir el rajado del fruto, atrasar la maduración de los frutos, mejorar la conservación, incrementar la inducción de ramas laterales; también, alteran la forma de los frutos y disminuyen la caída de frutos antes de la cosecha.

Es recomendable aplicar hormonas unos 15 días antes de la fertilización, después de la cosecha.

6.4.1. Tipos de hormonas

- **Las auxinas**
Las auxinas son las encargadas de dar crecimiento a las plantas. Estas son sintetizadas en las hojas jóvenes (primordios-meristemas) y por las semillas en desarrollo. Se difunden de célula a célula. Estimulan el crecimiento de tallos y hojas. Producen división, elongación celular y dominancia apical. Se mueven hacia abajo vía floema junto a los azúcares y otros. Se encargan del crecimiento inicial de frutos y cuaje. Son las encargadas del proceso de iniciación de raíces, retardan la abscisión de hojas y frutos. Estimulan la diferenciación vascular en los tejidos y estimulan el crecimiento vegetal. Ejemplos: ANA (ácido naftalenoacético), enraizadores y sustancias naturales.
- **Las giberelinas (GA)**
Estas producen alargamiento en los tallos. Se encuentran en la raíz, en las hojas y brotes nuevos. Estimulan el crecimiento vegetativo y extensión de entrenudos. En grandes cantidades inhibe la floración. Se presume que esta es una de las razones por las cuales los árboles jóvenes no florecen. Se transportan vía xilema y floema (savia no elaborada arriba). ProGibb-Activol-Promalina (GA + Citoquininas).
- **Las citoquininas**
Producidas básicamente en la raíz y transportadas vía xilema a las yemas (y en menor grado vía floema). Estas hormonas cuando se aplican antes de la floración, producen muchos brotes vegetativos, y brotes florales, contrarrestan la dominancia apical y regulan la apertura de los estomas. Promalina-Accel.

- **El ácido abscísico (ABA)**
El ácido abscísico es utilizado para eliminar follaje y hacer podas. Regula el nivel de agua en la planta y promueve la formación de proteínas. Facilita el transporte y descarga del producto, inhibe el crecimiento vegetativo. Se encuentra en pequeñas cantidades en casi todos los órganos, pero aumenta durante las fases de senescencia (órganos vegetativos), y abscisión (hojas, flores y frutos). Es producido por las hojas maduras y las semillas. Se mueve vía xilema y floema.

- **El etileno**
Es un gas y se propaga por difusión. Es utilizado para la maduración y abscisión de los frutos. Se sintetiza del aminoácido metionina. Produce senescencia de las flores. Actúa en la inducción de floración. Epinastia por anegamiento de raíces. En bajas concentraciones actúa en crecimiento raíces. Ejemplo: Ethrel.

6.4.2. Aplicaciones prácticas de los reguladores del crecimiento

- **Raleadores de frutas**
Ácido naftaleno acético (ANA), sus sales y el Etefon. En manzanos regula la carga del árbol.
- **Promotores de inducción de floración**
El Etefón actúa en la inducción floral y cuaje de frutas. Aplicar 14 días después de plena floración en plantas jóvenes sin frutas. En plantas adultas Ethrel 5-6 semanas después de la floración. Varias aplicaciones en pequeñas dosis aumentan la floración. El Ethrel asegura un mejor color, acelera la maduración y la caída de los frutos.
- **Disminuir rajadura de frutos**
Por causa de la alta humedad, los rocíos, lluvias, pesticidas y abonos foliares las frutas a veces se rajan, para evitar este daño. Se aplica GA 4 + 7 (de 3 a 5 aplicaciones cada 7-10 días).
- **Prevenir caída de frutas**
El ácido naftalenoacético (ANA) inhibe la formación de capa de abscisión. Se aplica 7-14 días antes de la cosecha.
- **Retain**
Aminoetoxivinilglicina AVG: bloquea la producción de etileno, se aplica 30 días antes de la cosecha, origina fruta más firme, retrasa su maduración, da mayor color y aumenta la vida poscosecha. Debe aplicar antes de la síntesis de etileno.
- **Control de chupones**
El ácido naftaleno acético (ANA) 1% aplicado con pintura de látex en cortes de madera de varios años, evita el crecimiento de brotes. No hacer esta práctica cerca del periodo de floración y un mes después de ella para evitar la caída de frutos.
- **Reducción de floración**
En cerezos el GA 15 ppm, se aplica 2-4 semanas después de la floración, reducen la inducción floral del próximo año y da un mayor tamaño al fruto.
- **Reducción del crecimiento**
Apogee (prohexadione calcio) es una antigeberelina que previene el crecimiento de brotes, reduce la severidad del fuego bacteriano (manzanos y perales). **Cycocel (Cloromecuato)** en peras controla el crecimiento de brotes, elongación de la parte superior del árbol; en plantas jóvenes adelanta la entrada en producción al promover la diferenciación de yemas florales. **CCC (Cloromequat o Cicocel)**: retarda el crecimiento de brotes y producción de yemas florales en perales.

7. Contenido técnico: Nutrición

Ing. Francisco Arguedas Acuña e Ing. Juan Mora Montero

7.1. Objetivos de la fertilización

- Obtener altos rendimientos con el costo mínimo
- Mejorar la calidad de los frutos
- Reducir la alternancia o periodicidad en las cosechas
- Preparar la planta para las próximas cosechas
- Evitar la susceptibilidad del árbol a enfermedades
- Suplir los nutrientes que faltan en el suelo
- Restituir los elementos minerales extraídos por el cultivo

A continuación, la figura 8 muestra la zona correcta para la aplicación de fertilizante:

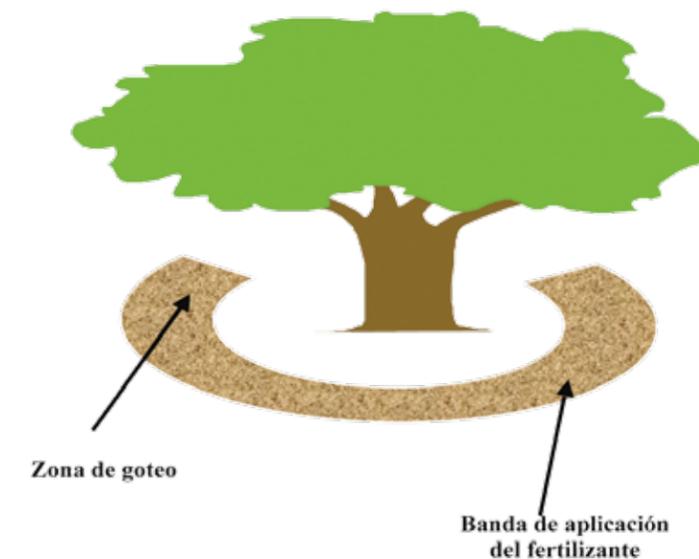


Figura 8. Zona de aplicación del fertilizante.

7.2. La recomendación

Información para la elaboración de una recomendación:

- Características del cultivo
- Condiciones ambientales
- Características del suelo
- Experiencias previas de fertilización
- Nivel tecnológico empleado

Datos que debe incluir una recomendación:

- Dosis: tipo de suelo, clima, variedad
- Fuente de fertilizante
- Época de aplicación
- Método de aplicación
- Rentabilidad

7.3. Factores que afectan la disponibilidad de nutrientes por las plantas

- Existencia de equilibrios y antagonismos entre los elementos
- Sequía y humedad del suelo.
- pH del suelo
- Temperatura del suelo.
- Microbiología del suelo

7.4. Muestreo de suelos

Principios generales de los muestreos de suelos:

- La muestra debe ser representativa de áreas homogéneas: una muestra por cada 2-5 Ha, y de aproximadamente 0,5 Kg, con identificación clara.
- La muestra debe proceder de varias submuestras tomadas al azar en zig-zag, y con un mínimo 15 submuestras por muestra.
- Las submuestras deben ser homogéneas en su obtención: de igual profundidad, en las mismas condiciones, cuarteadas, preparadas, etc.
- Las muestras pueden provenir de diferentes profundidades, de 0-20, 20-40 principalmente, y hasta 40-60 cm si se considera necesario, y de la banda de fertilización y/o entrecalles.
- Debe tomarse previo a la fertilización (1-2 meses antes).
- Muestreo debe ser periódico (repetirse cada tres años).

El cuadro 4 muestra el análisis de suelos en sus diferentes niveles: crítico, adecuado y alto. De acuerdo con cada elemento, pH, textura y materia orgánica.

Cuadro 4. Análisis de suelos

Elemento	Nivel crítico	Nivel adecuado	Nivel Alto
pH	<5,0	5,5 - 6,5	+7,0
Aluminio		0,3	+1,5 cmol/l
Calcio	<4,0 cmol/l*	4-20 cmol/l	+20 cmol/l
Magnesio	<1,0 cmol/l	1-10 cmol/l	+10 cmol/l
Potasio	<0,2 cmol/l	0,2 - 1,5 cmol/l	+1,5 cmol/l
Fósforo	<10 mg/l	10 - 40 mg/l	+40 mg/l
Manganeso	<5,0 mg/l	5 - 50 mg/l	+50 mg/l
Zinc	<3,0 mg/l	3 - 15 mg/l	+15 mg/l
Cobre	<1,0 mg/l	1 - 20 mg/l	+20 mg/l
Hierro	<10,0 mg/l	10 - 50 mg/l	+50 mg/l
Azufre**	<12 mg/l		
Boro*	<0,8 mg/l		
Nitrógeno**	0,2 - 0,3 %		
Textura		F-FA	
Materia orgánica	2%		

* cmol (+)/l o kg = meq/100 ml o g.

** Estos tres elementos aunque se analizan en el laboratorio, se ha determinado que hay mucha variación en los resultados, por lo que actualmente no se recomienda analizarlos.

Relaciones catiónicas entre los elementos calcio, magnesio y potasio en el suelo y % saturación de acidez:

- Ca +Mg /K: de 10-40 óptimo
- Ca/Mg: de 2-5 óptimo
- Ca/K: de 5-25 óptimo
- Mg/K: de 2,5-15 óptimo
- CICE: Al+Ca+Mg+K: bajo menor de 5; medio de 5,01-25; alto mayor de 25
- % Saturación de acidez (RAS): recomendable menor de 20%

Cantidades de potasio, calcio y magnesio presentes en el suelo y que se infieren del análisis:

- 1 meq/100 ml de potasio (K) = 390 µg/ml = 780 kg/ha de K
- 1 meq/100 ml de calcio (Ca) = 200 µg/ml = 400 kg/ha
- 1 meq/100 ml de magnesio (Mg) = 122 µg/ml = 244 Kg/ha
- Fósforo (P) = 1mg/l x 2 = 2 kg/ha

Esto en los primeros 20 cm de profundidad del suelo.

- **Los macro nutrientes:** N, P, K Ca, Mg y S
- **Los micro nutrientes:** Fe, Zn, B, Mn, Cu, Mo

7.5. Toma de muestras para el análisis foliar

Para la toma de muestras, se debe considerar los siguientes aspectos:

- La toma de hojas se realiza a una misma altura, como se observa en la figura 9.



Figura 9. Toma de hojas a la misma altura

- Determinar el cultivar o variedad
- La edad de los árboles
- Características de la planta: sanidad, daños físicos
- Características del suelo: textura, pendiente, pedregosidad
- Toma de 4-10 hojas por planta, a la misma altura
- Muestrear 5-25 árboles
- Ramas sin flor, ni fruto, ni ramas secundarias
- Hojas jóvenes, seis meses de edad, sanas y desarrolladas
- Seleccionar 4ta, 5ta o 6ta hoja desarrollada

7.6. Macronutrientes (%)

El cuadro 5 muestra el intervalo de los macro nutrientes (%) y las categorías.

Cuadro 5. Intervalo de los macro nutrientes (%)

Categoría	N	P	K	Ca	Mg	S
Deficiente	<1.6	<0.05	<0.35	<0.5	<0.15	<0.01
Ligeramente bajo	1.6-1.75	0.05-0.08	0.35-0.75	0.5-1	0.15-0.25	0.1-0.2
Óptimo	1.75-1.85	0.08-0.25	0.75-2.0	1-3	0.25-0.8	0.2-0.6
Ligeramente alto	1.85-2.0	0.25-0.3	2.0-3.0	3-4	0.8-1.0	0.6-1.0
Alto	>2.0	>0.3	>3.0	>4	>1.0	>1.0

7.7. Micronutrientes (ppm)

El cuadro 6 muestra el intervalo de los micro nutrientes (ppm) y las categorías:

Cuadro 6. Intervalo de los micro nutrientes (ppm)

Categoría	Fe	Zn	B	Mn	Cu	Mo
Crítico	40	20	10	15	3	0.01
Normal	50-200	30-150	15-100	30-500	5-15	0.05-1
Tóxico	>300	>300	>200	>1000	>25	>2.0

Resultados

- **Deficiente o bajo:** Implica incrementar dosis de fertilización
- **Ligeramente bajo:** Incremento de dosis leve
- **Óptimo:** Corresponde a producción alta
- **Ligeramente alto:** Reducción de la dosis
- **Alto:** Fertilización innecesaria

7.8. Síntomas de deficiencias foliares de macro y micro elementos

Macroelementos

• Nitrógeno (N)

Se presenta un amarillamiento generalizado en las hojas viejas, en los brotes pequeños y provoca caída de hojas jóvenes. Se presenta como una quema de sol en los frutos (figura 10).



Figura 10. Hojas con deficiencia de nitrógeno

• Fósforo (P)

Se observa en las hojas viejas del borde hacia adentro de una coloración café, como se muestra en la figura 11. Las nervaduras se ponen de color morado; además, se da una necrosis de hojas maduras sin patrón.



Figura 11. Hojas con deficiencia de fósforo

• Potasio (K)

Se presentan unos puntos negros en el fruto, figura 12. Se puede confundir con la presencia de Phytophthora en frutos. Se da una necrosis en las puntas de las hojas y se da la muerte de ramas.



Figura 12. Frutos con deficiencia de potasio

- **Calcio (Ca)**

Es un catión, corrige acidez y toxicidad de manganeso. Provoca un ennegrecimiento en las hojas nuevas. Se presenta deficiencia en suelos lavados por la lluvia y en los suelos arenosos. Se presenta una quema en la punta de las hojas. Las hojas son más pequeñas. A veces se confunde con los síntomas provocados por Phytophthora (figura 13).



Figura 13. Deficiencia de calcio en hojas

- **Magnesio (Mg)**

Es un catión, no ácido, permite liberación de minerales. Se presenta en hojas nuevas, venas verdes y el resto de la hoja presenta una coloración amarillenta (figura 14).



Figura 14. Deficiencia de magnesio en hojas

- **Azufre (S)**

Se presenta en la parte de arriba y es muy parecido a los síntomas de deficiencia de nitrógeno. Las hojas se tornan amarillentas como en la figura 15.



Figura 15. Hojas con deficiencia de azufre

Microelementos

- **Zinc (Zn)**

Es un catión, importante en la clorofila. Presenta un moteado amarillento, parecido a los síntomas de magnesio en las hojas jóvenes. Los brotes toman forma de roseta y los frutos se observan redondos y pequeños. Todas estas características se pueden observar en la figura 16.



Figura 16. Deficiencia de zinc en hojas

- **Manganeso (Mn)**

Es un catión, ayuda al sistema enzimático. Se puede observar la deficiencia de este elemento, porque se presenta un amarillamiento y en la nervadura de la hoja se mantiene la coloración verde como en la figura 17.



Figura 17. Deficiencia de manganeso en hojas

- **Hierro (Fe)**

El hierro es un catión que ayuda en el proceso fotosintético (figura 18).



Figura 18. Deficiencia de hierro en hojas

- **Boro (B)**

Muy común en aguacate. La deficiencia de boro provoca deformación en los frutos y las semillas, las hojas se acucharan y se ponen duras. Provoca hinchazón y lesiones corchosas en los brotes (figura 19).



Figura 19. Deficiencia de boro en hojas

- **Cobre (Cu)**

Provoca oscurecimiento en las hojas jóvenes y los brotes presentan problemas para desarrollarse, provoca la muerte de los brotes (figura 20).



Figura 20. Deficiencia de Cobre en hojas

8. Contenido técnico: Plagas

Ing. Alejandro Vargas Martínez

8.1. Concepto de plaga

Es aquel organismo que reduce por competencia la disponibilidad de los recursos valiosos para los seres humanos como el alimento, el refugio, el territorio o bien, y que se considere un riesgo para su salud y la de los animales.

En el caso de la agricultura se debe de considerar un insecto plaga cuando este genere daños económicos en los cultivos.

8.2. El combate de plagas

La plaga está rodeada de cuatro factores como el manejo que le demos, el clima, el suelo y el cultivo.

- El clima:** Va a estar determinado por las condiciones de temperatura y humedad. La estación lluviosa y la estación seca, sombra y viento. Por ejemplo, los ácaros y los trips se van a encontrar más en la época seca o dependiendo de la fenología del cultivo.
- El suelo:** Debe tener buen drenaje, profundidad, aireación, se deben considerar las condiciones biológicas y químicas propias del suelo. Es un factor que se debe de tomar en cuenta para el control de la mortalidad de pupas y huevos de insectos presentes en los suelos.
- El manejo general:** En cuanto a la utilización de plaguicidas, es recomendable la rotación de los productos, para que no se genere resistencia. La materia orgánica que se incorpora al cultivo debe estar libre de insectos dañinos. La manipulación de las plantas hospederas, la cual puede resultar beneficiosa si a ellas llegan organismos parasitoides que afecten a la plaga. Sin embargo, se debe de tener cuidado de que esta planta no resulte ser hospedero del insecto plaga que estamos por combatir.

Es conveniente tener en nuestra finca otras plantas o cultivos asociados que permitan engañar al insecto, por el color de los cultivos y el olfato. Se recomienda tener cultivos de diferentes familias.

- El manejo del cultivo**

Debe considerar varios aspectos:

- Calidad y cuidado del vivero: En el cultivo se debe de tener cuidado con la obtención de plantas provenientes de viveros, para procurar que estas plantas no vengan con huevos de insectos.
- Selección de patrón e injerto
- Eliminar plantas dañadas: Eliminar las plantas dañadas. En el momento de la poda, se debe eliminar el material dañado, para evitar que este sea una fuente de inóculo.

8.3. Las principales plagas que afectan el cultivo del aguacate

Al cultivo de aguacate lo afectan una serie de picudos, los barrenadores del tronco y de la semilla, los trips o pulgas, las mariposas que son dos específicas y los ácaros que son de gran importancia en la zona de bajura (figura 21).



Figura 21. Principales plagas que afectan el cultivo del aguacate

En el caso de la mariposa, la pupa es la que se desarrolla en la semilla de aguacate. La larva que pupa, dependiendo del hábito de la alimentación, se hace una mariposa que pone una gran cantidad de huevos y dependiendo de la larva, pueden separarse o andar juntas (figura 22).

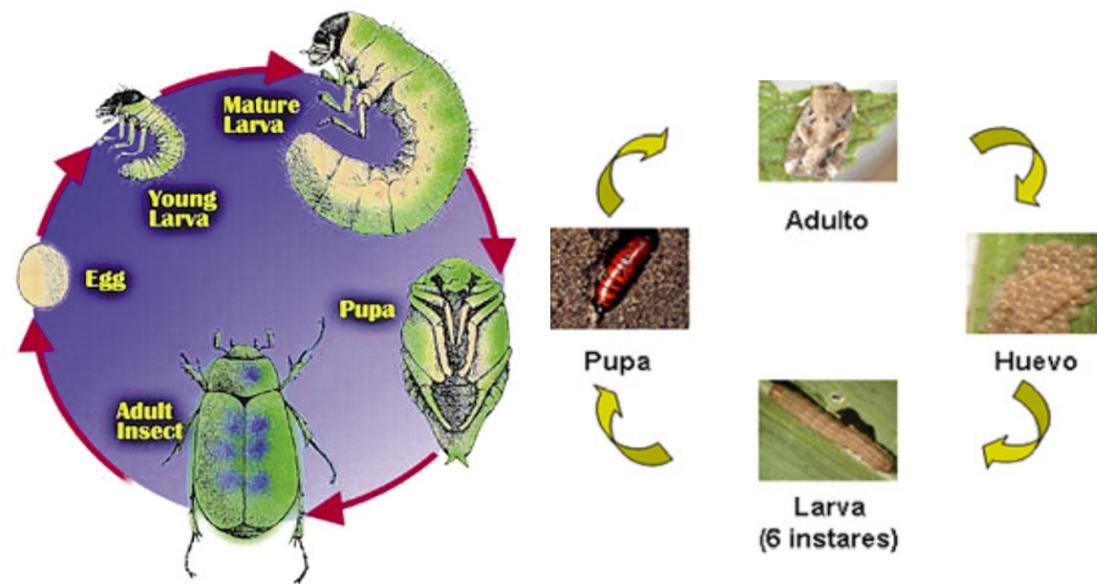


Figura 22. Ciclo de vida de Phyllophaga

De acuerdo con la figura 22, los escarabajos comúnmente conocidos como jobotos, ponen los huevos que se desarrollan en el suelo; luego estos pasan a ser una larva pequeña que se alimenta de materia orgánica: esta no resulta de importancia agronómica. Posteriormente, se presenta la larva que sí afecta las raíces de las plantas, ya que se alimenta de ellas. Se recomienda eliminar el insecto adulto para romper con el ciclo.

Cuadro 7. Familias y especies de artrópodos asociados al aguacate en Costa Rica

ORDEN	FAMILIAS	ESPECIES
Lepidóptera	15	65 (2-5)
Homóptera	11	15 (3-5)
Coleóptera	8	34 (6-10)
Heteróptera	5	8 (3-4)
Hymenóptera	3	3 (1)
Diptera	2	2 (1)
Thysanoptera	2	10 (3-4)
Acari	1	4 (2-4)
TOTAL	47	141

Fuente: A. González, 2013.

De acuerdo con lo expuesto en el cuadro 7, se mencionan los insectos que se agrupan en los diferentes órdenes:

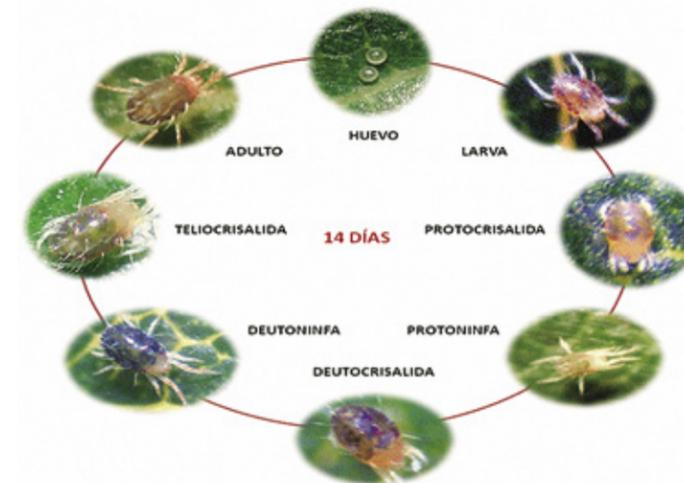
- **Lepidóptera:** Incluye a las mariposas, polillas o palomillas. Se han encontrado 15 familias, de las cuales hay 65 especies, pero solo de 2 a 5 son de importancia para aguacate.
- **Homóptera:** Incluye a los chinches. Se han encontrado 11 familias, de las cuales hay 15 especies, pero solo de 3 a 5 son de importancia.
- **Coleóptera:** Incluye a todos los escarabajos. Se han encontrado 8 familias de las cuales hay 34 especies, pero solo de 16 a 10 son de importancia.
- **Himenóptera:** Incluye a las avispas de las 3 especies, solo una es de importancia.
- **Díptera:** Incluye a las moscas.
- **Thysanoptera:** Incluye a los trips hay 2 familias, 10 especies y 3 a 4 son de importancia.
- **Acari:** Incluye a los ácaros hay 1 familia y de 2 a 4 son de importancia para el aguacate.

En total existen 141 especies de insectos asociados al cultivo del aguacate, entre ellos tenemos los siguientes:

Los ácaros

Se conocen como "arañitas", bajo un aumento en el microscopio presentan dos coloraciones. Su tamaño aproximado es menor a los 0,5 mm; las lesiones se presentan en el haz y en el envés de las hojas.

Se alimentan de la savia, pero no son insectos chupadores. Reducen la nutrición, porque producen la caída de las hojas, atacan los frutos provocando manchas.



Días ciclo: 14-20 días
Depender humedad y temperatura

Figura 23. Ciclo de vida de los ácaros

Estos se presentan más en la época seca, se dan por parchones y les favorece las condiciones de viento. Según la figura 23 estos insectos ponen los huevos, pasan por diferentes estadios larvales (unas de ellas se van a alimentar y otras se quedan inmóviles) y se convierten en adulto; esto en un periodo de 14 días. Les favorece condiciones de humedad y temperatura, en época seca es donde se va a encontrar mayor cantidad de ácaros.

Los ácaros que atacan el haz de las hojas son *Oligonychus punicae*, *Oligonychus yothersi*, *Tetranychus urticae*. En el haz de las hojas se puede observar su presencia como polvo.

En el envés de la hoja se puede observar el ácaro (*Oligonychus perseae*), las hojas presentan parches que se pueden confundir con nutrición, el envés de la hoja se observan los nidos de los ácaros, lo que provoca el área foliar de las hojas.

Medidas para el control: Se debe monitorear en época seca. Es conveniente realizar varias aplicaciones: una en el momento que se monitorea y se observan poblaciones altas; posteriormente, se debe hacer una segunda aplicación a los 7-8 días.

Se recomiendan productos a base de azufre y abamectinas. Actualmente, se están valorando los hongos para el control biológico.

Los trips o pulgas

Son otros insectos que atacan el cultivo de aguacate. Se pueden observar a simple vista. Estos producen lesiones en frutas, hojas, brotes y flores. Provocan la caída de frutos y hojas, en caso muy severos. Son insectos masticadores, raspan y succionan la savia. Tiene un aparato bucal masticador.

Las hojas afectadas por los trips, al presentar raspaduras permiten el ingreso de otros microorganismos (hongo y bacterias). Estos insectos se van a alimentar en su etapa inmadura y en su etapa adulta. Sin embargo, en sus estados juveniles los trips son menos móviles. Se distribuyen de manera opuesta al sol y con bastante humedad.

Se recomienda iniciar un control al encontrar de 3-5 trips por hoja o fruto. Es importante considerar que estos pupan en el suelo y emergen posteriormente al árbol. Dependen del viento para poder movilizarse. Los trips generalmente se van a encontrar raspando las partes tiernas.

Los trips más importantes para la zona de bajura son los siguientes:

- *Frankliniella* spp. (4)
- *Liothrips* spp. (2)
- *Scirtothrips* spp. (2)
- *Heliothrips haemorrhoidalis*
- *Neohydatothrips burungae*

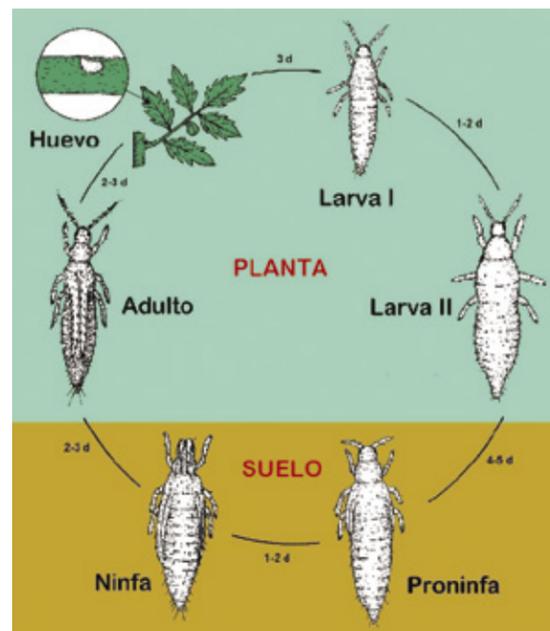


Figura 24. Ciclo de vida de los Trips

Los trips en su estado adulto ponen de 8-10 huevos por hoja. De acuerdo con la figura 24 el adulto pone los huevos en la hoja. Posteriormente, sale la ninfa que se queda alimentándose y otras caen al suelo, estas duran de unos 22 días a 30 días para llegar al estado adulto. Las ninfas se encuentran en los brotes cuando el aguacate va a florear, pasando de hoja a flor y viceversa. Esto provoca lesiones en la parte externa del fruto, pero no afecta su parte interna.

Medidas para el control

- Se recomienda chapear las malezas y evitar que florezca
- Mantener limpia la rodaja de plantación
- Hacer podas adecuadas
- Aplicar insecticidas piretroides, cipermetrinas en épocas de prefloración, floración (distantes en tiempo por polinizadores), la purga, fruta pequeña después cuaje).
- Se recomienda utilizar hongos entomopatógenos para su control, se pueden mencionar *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*, esto resulta beneficioso en caso de realizarse pruebas de residuos, ya que se estarían evitando problemas por residuos de plaguicidas químicos. Se recomienda también el uso de organismos depredadores o parasitoides, enemigos de las plagas en campo.
- Para el monitoreo de trips se utilizan trampas pegajosas de color azul y amarilla.

Los picudos

Barrenadores grandes de la semilla (*Heilipus* spp.)

Los adultos se alimentan del follaje, brotes, flores, yemas y frutos. Por las noches estos son más móviles. La hembra pone sus huevos en la parte de debajo de la cáscara de las frutas, producen la caída prematura de frutos. Las larvas se desarrollan hasta la etapa de adultos en la semilla. Los adultos son más frecuentes en la época seca.

Las áreas con lesiones por picudo presentan una necrosis y se observa presencia de excretas. La larva por olfato puede seguir ingresando y poniendo sus huevos.

Control

- Recolectar la fruta que está en el suelo y destruirla
- Quemar o enterrarlos, con varias capas de tierra. Utilizar el método del estañón: poner los aguacates afectados adentro, llenarlos con agua y ponerle aceite quemado.
- Eliminar los árboles en mal estado o enfermos
- Aplicación al follaje: a la flor y fruto, cuando los frutos tengan alrededor de 3 a 8 cm, con insecticidas no específicos. Aplicar esos insecticidas cada 10-12 días.
- Utilizar bacterias entomopatógenas y hongos entomopatógenos (*Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*)

Barrenador pequeño de la semilla (*Conotrachelus perseae*)

Los adultos de picudos (*Conotrachelus perseae*) son nocturnos, se alimentan de follaje, producen caída prematura de frutos. Las hembras ponen los huevos en la base de los frutos, y se pueden apreciar las lesiones (hueco con raspaduras en forma de media luna). Estas pupan en el suelo. Es un barrenador pequeño. Son malos voladores.

Barrenadores del tronco y ramas (*Copturomorpha* spp. y *Macrocopturus constrictus*)

Son de tamaño pequeño. Los adultos se alimentan de hojas tiernas y frutos. Estos son buenos caminadores y malos voladores, los atrae la luz. La hembra pone los huevos en las ramas que se encuentran expuestas al sol. Atacan árboles jóvenes y adultos, en el inicio del ataque producen aserrín blanco en combinación con las excretas, producen cáncer, pudriciones, quebraduras de ramas.

Barrenadores del tronco

Las larvas de los coleópteros son masticadores. Conforme van madurando se va desarrollando la mandíbula para poder penetrar las ramas y troncos. En el caso que existan problemas con el barrenador, se puede proteger la herida con cal o cobre.

La fruta atacada por picudo puede permitir la entrada de hongos y bacterias, de esta manera afecta la calidad de la fruta.

Cuadro 8. Distribución geográfica y altitudinal de los “picudos” en Costa Rica

ID	ESPECIE	PROVINCIA	RANGO altitud. dist. (msnm)
1	<i>Conotrachelus perseae</i>	Cartago Alajuela Heredia	885-1660
2	<i>Heilipus elegans</i>	Puntarenas Guanacaste Alajuela Limón Cartago	0-1560
3	<i>Heilipus trifasciatus</i>	Guanacaste Heredia Alajuela San José	15-1560
4	<i>Heilipus pittieri</i>	Guanacaste Heredia Alajuela San José Cartago Puntarenas	15-1805
5	<i>Copturomorpha</i> sp.	San José Alajuela	1020-1340
6	<i>Macrocopturus constrictus</i>	Cartago San José Alajuela	1000-1600

Otros escarabajos defoliadores no resultan ser muy problemáticos, si se les presta atención y se les da un manejo adecuado.

Control

- Se recolectan y se destruyen frutos caídos
- Se queman, se entierran las ramas y los frutos dañados
- Se recomienda la poda
- Aplicar insecticidas
- Utilizar hongos entomopatógenos
- Curar heridas
- Utilizar trampas adhesivas de colores. Se recomienda utilizar algún atrayente

• La (oruga) barrenadora de la semilla

Hay dos tipos que atacan la zona de bajura *Stenomoma catenifer* y *Cryptaspasma* spp, el adulto pone el huevo en la cáscara y al salir la larva, empieza a penetrar la semilla. Provoca excreciones y aserrín. La hembra pone los huevos en las ramillas y cerca de los frutos, las larvas se alimentan de la pulpa y la semilla, pupan en la fruta caída o en el suelo. Estos provocan caída prematura de la fruta y pueden causar daños en los brotes terminales. Su mayor actividad se concentra en la noche.

• Las polillas o pega-pega

Se pueden observar en las ramas como telaraña provocada por las larvas.

Control

- Se recomienda cortar las ramas y quemarlas
- Recolectar los frutos caídos y destruirlos
- Utilizar parasitoides de larvas (se puede lograr si en la plantación plantas tiene hospederas: plantas atractivas para las avispa)
- Se recomienda para el control químico deltametrina, permetrina y fenvalerato.

• La mosca

Bruggmanniella perseae causa **el pepinillo del fruto**, hasta el momento se han dado casos solamente en la zona de altura. Esta mosca provoca que todos los frutos de aguacate que se van a formar en la rama no presenten un buen desarrollo; además, provoca el aborto de frutos pequeños, deformación de ramas, la semilla es consumida completamente.

Son moscas pequeñas, amarillas. Su ataque inicia con la floración: esta mosca coloca sus huevos en los ovarios de las flores y el adulto emerge por la parte inferior del fruto.

Control

- Se recolectan y se destruyen frutos caídos
- Utilizar trampas atrayentes con una solución de melaza
- Utilizar insecticidas sistémicos

• Los chinches

Otros insectos son los chinches y pertenecen al orden de los hemípteros. Estos insectos salen del huevo y en su estado inmaduro presentan diferentes estadios hasta convertirse en adulto. Estos provocan la reducción del área foliar de la hoja y la capacidad fotosintética. Aparecen en forma esporádica: se presentan más en la época seca y aguantan el invierno, porque se refugian en el envés de la hoja.

• Las termitas o comején

Estos insectos *Nasutitermes nigriceps* se alimentan de la celulosa del árbol. Para su control se recomiendan opciones biológicas de manejo: depredadores (hormigas, abejas Trigonas, pericos), hongos entomopatógenos y nematodos. Se recomienda realizar una buena poda para evitar este tipo de problemas generados por las termitas.

Manejo agroecológico de plagas (MAP)

Es el conjunto de acciones permanentes o interacciones basadas en información obtenida de la planta, clima, producción y comercialización.

Se promueve al máximo el uso de factores naturales de mortalidad, complementado con el uso de plaguicidas sólo en caso necesario. Se recomienda dar prioridad a los controladores biológicos.

En el manejo agroecológico de plagas (**MAP**) se consideran varios aspectos:

- El control químico se debe dejar como última opción
- El control legal se refiere a las medidas legales que controlan las plagas en el país
- El control autocida que consiste en la reproducción de la misma plaga, pero con insectos infértiles para reducir las poblaciones
- El control biológico con hongos, bacterias, nematodos, virus y malezas
- El control etológico que incluye el uso de trampas con feromonas. Se colocan en los bordes o las esquinas de la plantación
- El control agrícola que es el manejo que le da el productor

El manejo agroecológico de plagas (**MAP**), hace uso de los siguientes aliados para control de plagas:

Los enemigos naturales

Algunos enemigos naturales de las plagas son los depredadores los insectos como arañas, moscas, chinches, ácaros, crisopas, libélulas. Se recomienda dejar algunas malezas con flores que resulten atractivas para estos insectos.

Los parasitoides

Son todas las avispa que van a poner sus huevos sobre o dentro de la larva de otros insectos y también ejercen un control parasitoide sobre otros huevos. Ejemplo de ello, el picudo *Conotrachelus perseae* parasitado por *Paracrias guatemalensis* y el caso de parasitoides de huevos:

- *Gryon* spp: Sobre huevos de chinches
- *Telenomus* spp: Sobre huevos de mariposas

Y el caso de larvas pega-pega o tejedores de hojas:

- *Apanteles* spp.
- *Bassus* spp.
- *Phanerotoma* spp.
- *Meteorus* spp.

Hongos entomopatógenos

Se recomienda el uso de los hongos entomopatógenos, *Cladosporium* spp, *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana*. Se debe realizar la inoculación cada 15 días, para que el hongo pueda establecerse con mayor efecto, en un periodo aproximadamente de seis meses; aún más si se aplica en una plantación donde generalmente se han venido aplicando insecticidas químicos. Se recomienda utilizarlos con productos que tengan compatibilidad; los de etiqueta roja o amarilla.

Bacterias entomopatógenas

Se recomienda el control con bacterias que van a provocar problemas intestinales en los insectos. Por ejemplo *Bacillus thuringiensis*.

9. Contenido técnico: Enfermedades

Ing. Kenneth Retana Sánchez

9.1. Factores que influyen en el desarrollo de la enfermedad

- **El hospedero:** Va a ser la planta. Por ejemplo: aguacate
- **El patógeno:** Es un organismo virulento
- **El ambiente:** Van a ser las condiciones propicias para que el patógeno se pueda desarrollar

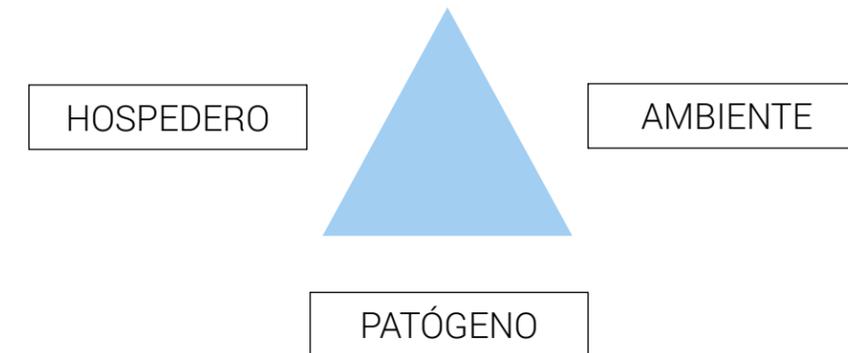


Figura 25. Triángulo de la enfermedad

9.2. Principales enfermedades del cultivo de aguacate**Pudrición de la raíz (*Phytophthora cinnamomi*)****Características de la enfermedad**

- Se puede presentar en cualquier etapa de desarrollo de la planta
- La raíz se presenta oscura y quebradiza, en algunos casos hay desprendimiento de la cáscara de la raíz
- Se presenta amarillamiento en la parte de las hojas, porque la raíz se ve limitada para poder absorber los nutrientes y el agua que necesita (figura 26)
- Las hojas nuevas se observan más pequeñas y acucharadas de color verde claro
- En estados muy avanzados de la enfermedad se va observar marchitamiento y pérdida de follaje

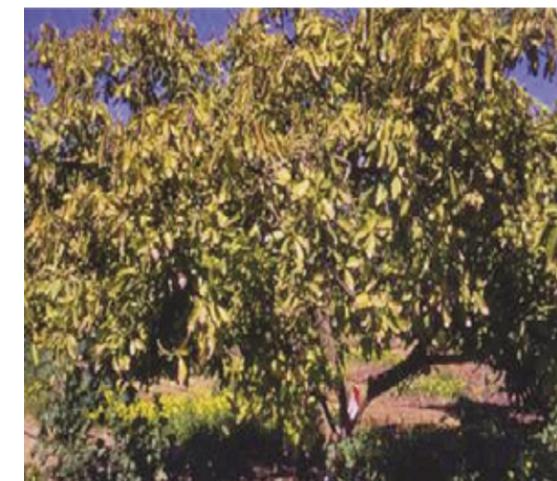


Figura 26. Muestra el ataque por *Phytophthora cinnamomi* en el follaje

- al realizar un corte en el tronco, se puede observar un exudado blanquecino que evidencia la presencia de este hongo (figura 27)
- se presentan chancros de apariencia corchosa en el tronco



Figura 27. Tronco con exudado característico el hongo

Condiciones favorables para su desarrollo

- requiere que haya alta humedad en el suelo
- con temperaturas de 25 a 30 °C
- en suelo compacto
- malos drenajes (la alta precipitación y los malos drenajes hacen que exista menos aireación en el suelo, condiciones para que se desarrolle el patógeno y se provoque un estrés en la planta)
- suelos ácidos
- suelos con bajos contenidos de materia orgánica

Características del patógeno y su diseminación

- Este hongo es habitante de ambientes húmedos
- Se dispersa a través del agua, esto aún más en suelos compactados, por salpique y sustratos contaminados.
- Persiste en tejido infectado
- Se disemina por tejido infectado. Si no retira las raíces infectadas del campo, genera que a futuro se convierta en una mayor fuente de inóculo.
- La utilización de herramientas contaminadas ayuda a propagar la enfermedad en otras zonas libres del patógeno.

Control de la enfermedad en almácigo

- Si va a establecer un almácigo es recomendable desinfectar la semilla mediante métodos térmicos. Debe desinfectar por 30 minutos en agua, con una temperatura de al menos 44-50 °C
- Utilizar suelos sueltos: se recomienda el uso de sustratos, mezclar suelos con fibra de coco y granza de arroz
- Desinfección del suelo por solarización
- Utilizar drench de Metalaxil
- Utilizar un buen compost y drench de *Trichoderma* (consume al hongo, compite por nicho y fomenta el desarrollo radical)
- Utilizar una cepa de *Trichoderma* específica
- Utilizar patrones resistentes Duke 7, Barr Duke, Martin Grande (el problema es que este patrón es incompatible con las variedades comerciales), algunas líneas de Hass.
- En el caso de realizar los injertos, es importante aplicar un protectante. Por ejemplo, Mancozeb.
- Si hay almácigos, es esencial la aplicación de fertilizantes ricos en calcio y nitrógeno, para lograr un buen vigor y un buen desarrollo del follaje. El calcio ayuda a proteger la pared de las células de las plantas.

- El almácigo debe ser aséptico, el lugar debe estar preferiblemente techado. Si no es techado, se debe utilizar alguna cobertura en el suelo, como sarán o plástico. Se recomienda tener a la entrada una solución para desinfectarse con productos a base de yodo o cloro al 12%.

Control de la enfermedad en el trasplante y manejo en campo

- El suelo debe estar desinfectado y descompactado
- Se recomienda utilizar un buen compost
- Es conveniente hacer una lechada de cal, ya que a los hongos no les gustan los suelos básicos. Si es necesario se recomienda fertilizar con una fórmula rica en calcio (Ca) y Potasio (K). El Potasio, en fases iniciales, se considera un elemento importante en el proceso de respiración.
- Desinfección con PCNB O Ridomil
- Se recomienda el uso de fungicidas como el Aliette 80% WP, Previcur, Acrobat, Amistar, Positron Dúo 69, Infinito, Ridomil, fosfitos genéricos. Es importante que tengan diferentes modos de acción para que no generen resistencia. El Aliette es un inductor de resistencia en la planta, este tiene la particularidad de trasladarse del suelo hacia la parte aérea de la planta y viceversa. El Amistar es un producto translaminar, que protege también el envés de la hoja.
- Si se compran árboles en viveros se recomienda aplicar al suelo Ridomil y vía foliar Aliette para protegerlo. Debe dar un periodo antes de trasladarlo al campo.
- No trasplantar en sitios donde se establecieron cultivos susceptibles
- Arrancar de raíz árboles enfermos y quemarlos. Un tratamiento adicional puede ser realizar un drench con algún producto fungicida, lechada de cal.
- Realizar poda y retirar el material infectado y aplicar fungicida.

En la zona de Esparza se presentan todas las condiciones para el desarrollo de la pudrición de raíz. Los factores presentes en la zona son alta humedad, acidez en los suelos, altas temperaturas, algunos suelos compactados, poca materia orgánica y malos drenajes.

Es importante incorporar materia orgánica en el suelo, para aumentar la carga de microorganismos, ya que en el caso de *Phytophthora cinnamomi*, no resulta ser buen competidor con otros hongos del suelo. Se recomienda utilizar *Trichoderma* spp si se está seguro de que en el suelo existe buena cantidad de materia orgánica, para que este hongo pueda establecerse y trabajar con eficacia.

Al aplicar *Trichoderma* al follaje, se recomienda aplicarlo con melaza, para que el hongo pueda mantenerse adherido y poder combatir el hongo patógeno.

En algunos casos se recomienda aplicar primero el abono orgánico y posteriormente encalar, para combatir la acidez que presentan muchas veces los abonos orgánicos.

Roña (*Sphaceloma perseae*)

Este hongo causa un daño estético en la fruta. Se presenta como una mancha corchosa en el fruto como lo muestra la figura 28. Provoca la caída de flores. Deforma la hoja y produce unos agrietamientos. Afecta la vena de la hoja con una coloración café, presenta manchas ovaladas-alargadas y levantadas en ramillas.



Figura 28. Fruto afectado por *Sphaceloma perseae*

Características del hongo

- vive en ambientes muy húmedos
- a temperaturas de 22-26 °C
- con alta humedad
- requiere mucha sombra
- este hongo penetra por medio de daños hechos por ácaros y trips
- se disemina por salpique y el viento
- sobrevive en tejido afectado

Control de la enfermedad

- Podas a las ramas secas
- Aclareo de la plantación
- Se recomienda el control de malezas
- Se recomienda un buen manejo de trips y mantener una buena aireación en la plantación.
- Aplicar un fungicida, apenas iniciando la formación de los botones, cerca de finalizar la floración y después de tres semanas de finalizada la floración.
- Aplicar cobres o carbendazinas. Este hongo ataca desde el cuaje y hasta la mitad del crecimiento del fruto. Por lo tanto, frutos con la mitad de su crecimiento, ya no son susceptibles. También hojas con un mes de emergidas.

Antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*)

Esta enfermedad genera un gran problema en campo y en poscosecha. Este hongo afecta al inicio de la madurez del fruto y forma una mancha oscura como se puede observar en la figura 29. Produce la pudrición y caída de los frutos. Aprovecha la entrada cuando hay presencia de otros hongos, insectos y daños mecánicos. Es muy común encontrar que si hay presencia del hongo *Cercospora*, posiblemente se encuentre este hongo en la plantación.



Figura 29. Fruto afectados por *Colletotrichum gloeosporioides*

Características del hongo

Este hongo es más agresivo cuando la planta está débil. En estados avanzados produce pudrición y caída de los frutos. Las frutas presentan heridas circulares o irregulares, translúcidas y hundidas. Si afecta el follaje, lo que se observan son manchas de color café, con bordes amarillentos. Produce la caída de hojas y afecta las ramas. En las flores produce quema.

Es un hongo que sobrevive en tejido vivo y muerto. Se disemina por medio de la lluvia. Lo favorecen las altas temperaturas y la humedad.

Control de la enfermedad

- Realizar podas sanitarias
- Retirar tejido infectado de la plantación.
- Poda de aclareo para que circule el aire
- Control de insectos
- Se recomienda tratamientos poscosecha con Prochloraz
- Fungicidas: Benomil, Piraclostrobin/Azoxystrobin (dos moléculas que tienen el mismo modo acción, por lo que se recomienda no utilizarlos juntos), Mancozeb.

Armillaria (*Armillaria mellea*)

Este hongo produce una pudrición en la raíz y en el tallo. Al dañar las raíces, daña el sistema vascular del árbol, además provoca un amarillamiento generalizado y declinamiento. Produce marchitamiento y pérdida del follaje. Si se corta una parte en la base del tallo, se puede observar un micelio blanquecino, este es protegido por la corteza del árbol. De acuerdo con la figura 30, en estados avanzados de la enfermedad se observan champiñones amarillentos en la base los árboles.



Figura 30. Champiñones amarillentos en la base los árboles producidos por *Armillaria mellea*

Este patógeno sobrevive en restos vegetales, produce unas bolitas negras que son las estructuras del hongo que le permiten permanecer en condiciones adversas. El micelio crece protegido por la corteza. Está presente en raíces sanas. Se infecta por contacto con raíces afectadas.

Control de la enfermedad

Mantener buena aireación en el follaje y en el suelo, contar con buen drenaje. Un buen control de *Phytophthora cinnamomi* nos va a permitir controlar eficientemente este otro hongo. En suelo contaminado aplicar una lechada de cal, realizar un drench de *Trichoderma* spp. Aplicar fungicidas como Cyproconazol. Se recomienda la eliminación completa de árboles enfermos.

Alga (*Cephaleuros virescens*)

Esta alga produce una mancha que pasa de amarillenta-verdusca a gris. Crece en la superficie de las hojas, ramas y frutos. Cuando madura se torna marrón-rojiza. Reduce la fotosíntesis (figura 31).

La presencia de esta alga la favorece condiciones de alta humedad, temperatura y sombra. No se considera un problema de importancia.

Figura 31. Fruto y hoja afectada por *Cephaleuros virescens***Control de la enfermedad**

- Realizar podas
- Mantener ventilación en la plantación
- Se controla indirectamente con el manejo de otras enfermedades como la antracnosis

Complejo apical

Se presenta en la zona de los Santos, en California y México. Provoca la pudrición del fruto (figura 32). Este complejo se produce por el conjunto de estos hongos *Dothiorella* spp., *Phomopsis perseae*, *Colletotrichum gloeosporioides*, y se presenta en la etapa de poscosecha.



Figura 32. Fruto afectado por el complejo apical

Anillamiento del pedúnculo

El pedúnculo se empieza a necrosar, provocando la caída de los frutos, como se observa en la figura 33.

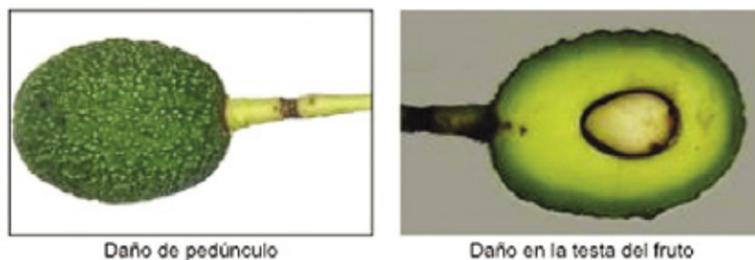


Figura 33. Fruto con daño por anillamiento del pedúnculo

Esta enfermedad se cree que es provocada por una serie de factores como

- falta de zinc
- presencia de algunas bacterias
- mala nutrición
- condiciones extremas en las temperaturas
- periodos de sequías

10. Contenido técnico: Riego

Ing. Juan Mora Montero

El riego es uno de los aspectos más importantes en los que se debe pensar antes de establecer una plantación de frutales. Es relevante mencionar que el aguacate presenta la mayor cantidad de raíces en los primeros 10 cm de profundidad. En condiciones de sequía el árbol se estresa demasiado rápido. Los problemas de estrés hídrico en aguacate se evidencian con la pérdida de hojas.

10.1. Algunas recomendaciones para establecer un sistema de riego

- Para establecer un sistema de riego hay de contar con buen caudal disponible a nivel de finca. A la entrada debe de haber un cabezal; esta es una estructura que tiene una llave de paso, que va a permitir la distribución del agua, como se muestra en la figura 34. En caso de que el terreno no cuente con una pendiente, se necesita un sistema de bombeo. Todo sistema de riego tiene que contar con filtros para proteger la entrada.

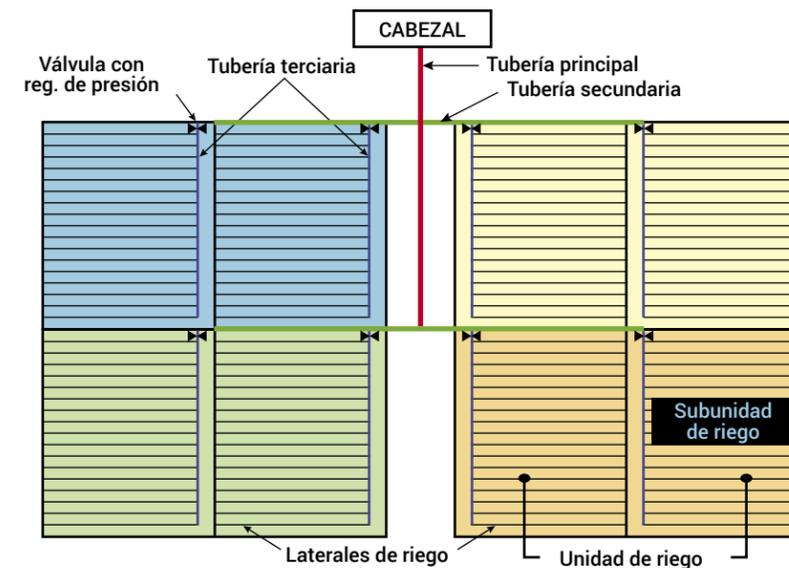


Figura 34. Cabezal que permite la distribución del agua por la plantación.

- Se recomienda que la tubería vaya un poco enterrada, para protegerla del paso de animales y personas.
- Calidad de agua: Por ejemplo, hay que tener en cuenta el nivel de salinidad del agua, para no causar toxicidad en las plantas.
- El clima imperante es otro factor a considerar (que se relacionan con la evapotranspiración).
- Las condiciones económicas del productor.
- Manejo agronómico de la plantación (poda, densidad de siembra).

Una opción para los productores es hacer un reservorio, aprovechando la época de lluvia, más la cantidad de agua que llega a la finca. En el caso de no tener riego, se recomienda mantener mucha agua para mantener la humedad del suelo.

El conocer la lámina de riego nos va a permitir tener un riego eficiente, evitando los encharcamientos y excesos en las plantaciones.

10.2. Necesidades de agua del cultivo

Evapotranspiración potencial

Es la cantidad de agua que puede transpirar una planta. Existen fórmulas para calcularlas, tomando en cuenta factores como la temperatura, el brillo solar y la velocidad del viento. Una forma práctica de calcular la evapotranspiración potencial es con el tanque estándar. Este tanque posee unas medidas específicas. Se debe llenar con agua y luego medir cuánta agua se evapora por día.

Es necesario realizar una corrección, esta se realiza para obtener la evapotranspiración real; en este caso, hay que agregar el coeficiente del cultivo. La fórmula es $E_{Tr} = E_{Tp} * K_c$, donde, E_{Tp} = evapotranspiración potencial, E_{Tr} = evapotranspiración real y K_c es el coeficiente del cultivo.

El balance hídrico

El cultivo de aguacate requiere de 1800-2000 mm de agua y se dice que las s antillanas que predominan en bajura requieren menos cantidad (1000-1500 mm).

Este cultivo requiere de una adecuada cantidad de agua en épocas de floración, de lo contrario no habría un buen cuaje y se afectaría el desarrollo inicial del fruto (primer mes). Cabe señalar, que no siempre es recomendable aplicar riego, ya que el estrés hídrico genera en la planta una buena floración y otros procesos. Asimismo, en el momento de desarrollo del fruto es importante reducir la cantidad de agua, principalmente en el último mes, para que no se vean afectados los grados Brix y para obtener una mejor calidad de pulpa.

En el cultivo de aguacate es muy importante la aplicación del riego en la etapa de la siembra, ya que se considera un momento crítico.

Para conseguir un balance hídrico se debe considerar la cantidad de lluvia que se tiene y lo que la planta evapotranspira. La diferencia entre lo que llueve y lo que la planta transpira es lo que hay que suplirle al cultivo.

10.3. Tres preguntas básicas

¿Cuánto regar?

Para saber cuánto regar es importante que sea asesorado por un técnico, para que realice el cálculo de la lámina de agua.

Para saber cuánto regar, se debe conocer las características del suelo:

- **Punto de capacidad de campo (PCP):** Se refiere a cuál es la cantidad de agua en el suelo que la planta puede absorber.
- **Punto de marchitez permanente (PMP):** Se refiere a cuál es la cantidad de agua que hay en el suelo, para que la planta inicie el proceso de marchitez.
- **Profundidad:** Se define de acuerdo con el cultivo.
- **Criterio de riego:** Está determinado por los factores de corrección del coeficiente del cultivo y la eficiencia de los sistemas de riego; generalmente, tiene una eficiencia del 75%.
- **Eficiencia del sistema de riego:** Se debe de tomar en cuenta la eficiencia de riego que tienen los sistemas presurizados

Los puntos mencionados anteriormente se van a determinar en el laboratorio, de acuerdo con una muestra de suelo. Otros factores para considerar son la densidad aparente, la textura del suelo y la infiltración.

La lámina de riego: Es la cantidad de agua que las plantas necesitan para producir adecuadamente. Se mide en milímetros.

La lámina real: es un cálculo que se realiza en el laboratorio.

$$L_r = (CC - PMP) / 100 * Da. ap * Prof \text{ raíces.}$$

La lámina neta: Es la cantidad de agua que se debe aplicar a un suelo; esto se aplica conociendo el porcentaje de agotamiento de humedad que ese cultivo puede soportar sin disminuir su rendimiento.

$L_n = L_{mx} * \% \text{ Agot}$: En algunos casos la lámina debe de corregirse por el porcentaje de agotamiento del suelo. Por ejemplo, si se aplican 100 litros de agua y se gastaron 75 litros, al quedar los 25 litros, se tiene que reponer esa cantidad de agua. Este es un criterio que se utiliza para no dejar el suelo sin agua.

La lámina bruta: Es la cantidad de agua total que se debe aplicar al suelo, conociendo las pérdidas que pueden ocurrir en la conducción y en la distribución de agua, lo que se conoce como eficiencia de riego.

$L_b = L_n / \text{EFICIENCIA DEL SISTEMA}$: La lámina bruta toma en consideración la eficiencia del sistema, por lo que hay que corregir y suplir el porcentaje de pérdida.

El procedimiento para calcular las necesidades de agua es el siguiente:

$$ET \text{ (cultivo)} = E_{T0} * K_c$$

En donde,

E_{T0} : evapotranspiración del cultivo de referencia

K_c : coeficiente de cultivo

El procedimiento es el siguiente:

a. **$E_{Tr} = E_{Tp} * K_c$**

Mes crítico: marzo con E_{Tp} de 216.3 mm (cuadro 9).

K_c global, según FAO: 0.85

Cuadro 9. Datos Climáticos (ejemplo)

Mes	E	F	M	Z	M	J	J	A	S	O	N	D
Temp.	24,1	24,6	25,6	26,1	25,6	24,9	25,1	24,6	24,1	24,1	23,6	23,6
Pptación	8	4	6	32	265	242	193	273	343	335	164	11
Etp	6,7	6,8	7,0	7,1	7,0	6,9	6,9	6,8	6,7	6,7	6,7	6,7
Etp mens	208,8	190,9	216,3	211,7	216,3	205,9	213,8	211,3	202,1	208,8	199,7	206

b. **$E_{tr} \text{ diaria mm} = (216.3 / 31) * 0.85$**

$$E_{tr} = 5.95 \text{ mm}$$

c. Para calcular el volumen por aplicar, se considera el área sombreada, a partir del marco de siembra: el utilizado es de 10 m * 10 m y se considera un área sombreada de 70 % y un área mojada de 40 %, de manera que

$$\text{Área marco de siembra} = 10 * 10 = 100 \text{ m}^2$$

$$\text{Área sombreada} = 100 * 0.60 = 60 \text{ m}^2$$

$$\text{Área mojada} = 60 * 0.40 = 24,0 \text{ m}^2$$

Entonces, el volumen de agua requerido se calcula multiplicando el área mojada en m^2 por la E_{tp} , en m:

$$\text{Vol. (m}^3\text{)} = 24,0 * 0.00595$$

$$\text{Vol. (m}^3\text{)} = 0,1428 \text{ m}^3 = 142,8 \text{ lt}$$

$$\text{Vol. / árbol} = 142,8 \text{ litros diarios}$$

Si se escoge un micro aspersor de 70 lph, entonces el tiempo de riego diario es de 2 h.

¿Cuándo regar?

Épocas críticas

Las épocas críticas se dan i) en el momento de establecimiento de la planta, ii) en la época de floración, iii) en la época de fructificación, iv) llenado del fruto.

Para determinar el intervalo de riego, se necesita despejar la siguiente fórmula:

$$\text{Intervalo de riego (IR)} = \text{Ln} / \text{ETr}$$

¿Cómo regar?

Tipos de riego: Se refiere al método de riego que se requiere instalar. A continuación, se detallan estos tipos de riego:

- i. **El riego por micro aspersión:** La micro aspersión tiene como ventaja que se está aplicando en un área del sistema radical mucho más amplio. Es de decir, este sistema logra una mejor cobertura (figura 35). Como desventaja se puede mencionar que al haber mayor cobertura, podría haber más área para el crecimiento de malezas. Otra de las desventajas, es que el riego por micro aspersión, se puede ver afectado por la dirección del viento, en este caso se deben de colocar los micro aspersores no muy altos.



Figura 35. Riego por micro aspersión

En este tipo de riego se recomiendan los micro aspersores de media luna; esto porque protegen el tronco y se evitan problemas de hongos como Phytophthora en aguacate.

- ii. **El riego por goteo:** requiere de menos cantidad de agua y menos presión. La eficiencia ronda el 75%. Se recomienda tener buenos filtros y revisarlos periódicamente.



Figura 36. Riego por goteo

Una de las ventajas de este sistema es que al ser focalizado, se puede evitar el crecimiento de maleza entre calles (figura 36).

Cuadro 10. Define la cantidad de goteros requeridos, según el año del árbol

Año	Goteros / Árbol
1	1
2	2
3	4
4	4
5	4
6	8
7	8
8	8
9	8
10 o más	6

Caudal por goteo: 4 litros/hora
Tiempo de riego: 2,5 horas

En el caso de aplicar riego por goteo, se debe de considerar la edad del árbol para definir la cantidad de goteros por utilizar. Si el árbol tiene un año de edad, debe ponerse solo un gotero. Se continúa de esta manera hasta que los árboles cuenten con 10 años de edad; entonces, la cantidad de goteros se reducen (figura 9.2).

Las mangueras de riego

- **Las mangueras compensadas:** son las que tienen la misma presión de volumen de agua a lo largo de la manguera. Es recomendable utilizar las mangueras compensadas, esto cuando la longitud de la manguera es de más de 50 metros.
- **Las no compensadas:** son las que tienen una mayor presión de volumen de agua al inicio y posteriormente presentan una disminución de la presión de volumen de agua hacia el final.

Posibles efectos del riego en la planta

- Se presentan mayor cantidad de inflorescencias, grandes y sanas
- Proporciona un buen cuaje de flores y frutos
- Reducción de la purga
- Puede aumentar el desarrollo, la cantidad de frutas y el peso de las frutas
- Mejora la producción por área
- Mejora la calidad de la fruta; esto, en cuanto a contenido de grados Brix
- Reduce el efecto desecante
- Se requiere de un riego adecuado para tener una buena polinización y no perder la viabilidad
- Disminuye los riegos que genera una sequía prolongada. En muchos frutales se requiere que haya un periodo lluvioso bien definido y un periodo seco bien definido. Lo ideal es que las plantas crezcan, se detengan por un momento y empiece la floración para lograr un buen desarrollo
- Con el riego puede aplicarse fertirriego, si se manejan fórmulas de fertilizantes solubles, se pueden aplicar de manera fraccionada todas las semanas, aumentando la eficiencia en el uso del fertilizante
- El agua estimula el crecimiento vegetativo. Se puede inducir una floración temprana y adelantar cosecha

11. Contenidos técnicos: Calibración de equipos de aspersión

Ing. Róger Víquez Arias

La deficiencia de los productos no siempre se debe de relacionar propiamente a los agroquímicos, sino se debe de contemplar la posibilidad de que el producto no llegó de la manera más adecuada y oportuna a la planta. De ahí, la importancia de la calibración en los equipos pulverizadores de agroquímicos. Según estudios realizados, el 30% de la eficiencia de un tratamiento fitosanitario se debe a la materia activa y el 70% a la calidad de la pulverización.

Producto fitosanitario o plaguicida: Según la Organización Mundial de la Salud es aquella sustancia o mezcla de sustancias destinadas a prevenir la acción o destruir directamente formas de vida animal o vegetal.

11.1. Consideraciones para aplicaciones fitosanitarias

- La elección correcta del producto y recomendación de la dosis:** Es importante considerar el equipo de aplicación. Lo ideal es realizar la calibración del equipo para conocer cuánta agua se está gastando y posteriormente determinar cuánto producto hay que aplicarle al agua. Una manera sencilla de calibrar el equipo es que al finalizar las aplicaciones se anote cuánta agua se ha gastado y a cuántos árboles se les ha aplicado el producto.
- El momento oportuno de control.**
- La calidad de la aplicación:** Se debe de asegurar de que el árbol quede totalmente cubierto de gotas. En árboles de 2 metros de altura se podría utilizar papel hidrosensible.

11.2. Pulverizador agrícola

Es un equipo que genera gotas de diferente tamaño en función de la presión ejercida sobre la mezcla o solución. Los cultivos más difíciles de manejar con pulverización son el mango, aguacate y mamón chino.

La calidad de la pulverización

La pulverización va a depender de

- la aspersión, que es el volumen total de caldo que sale por las boquillas; que se mide en volumen, y, consecuentemente, la dosis por hectárea;
- la aplicación, que se refiere al volumen que efectivamente llega hasta el objetivo.

Es importante tener en cuenta que a igual volumen aplicado, se consigue mayor cubrimiento de la planta, a menor diámetro de impacto de las gotas. Las gotas pequeñas se adhieren mejor a las partes de la planta.

¿Cómo calibrar el equipo pulverizador?

- Para los equipos tractorizados, se calibra utilizando las variables que intervienen en el cálculo del volumen.
- Para los equipos donde la velocidad no es constante, se calibra utilizando una parcela con una plantación similar al resto del área cultivada.

A continuación, se presenta un ejemplo de la dosis del producto:

- La recomendación es 1200 grs i.a/ha
- Producto para usar es de 80 WP
- $\frac{1200 \text{ grs}}{0,80} = 1,5 \text{ kg de producto comercial/ha}$

¿En cuánta agua disuelvo ese 1,5 kg de producto comercial?

La respuesta está en la calibración realizada en la finca de cada agricultor con su equipo.

La calibración en equipos tractorizados

Si se tiene un cultivo sembrado en hileras se necesita saber cuál es la distancia entre líneas, a qué velocidad va el tractor y cuánta agua sale por las boquillas. Posteriormente se multiplican las tres variables, lo cual estaría indicando la cantidad de litros por hectárea. Los litros por hectárea se obtienen multiplicando por 600 (constante) y por la cantidad de agua que sale por las boquillas, se divide por la velocidad de la máquina y la distancia entre hileras. El equipo con turbina alcanza una altura de 5 metros, el mejor equipo es el tractorizado.

Factores que afectan el volumen aplicado por hectárea

- La primera variable, es la distancia entre pasadas; es decir, la franja de aplicación en metros (figura 37).



Figura 37. Ancho de franja en metros (6 metros)

- La segunda variable es la velocidad de avance; por ejemplo, 3 km/h
- La tercera variable, es el caudal de descarga de las boquillas en l/min

Según el ejemplo anterior, el caudal total que descargan todas las boquillas es de 6 litros por minuto.

Para calcular el volumen aplicado por hectárea hay que tomar en cuenta lo siguiente:

- el resumen de las variables del ejemplo;
- la distancia entre pasadas: 6 metros;
- la velocidad de avance: 3 km/h;
- caudal total de las boquillas: 6 l/min.

$$\text{l/ha} = \frac{600 \times \text{l/min}}{\text{Veloc} \times \text{Ancho}} = \frac{600 \times 6}{3 \times 6} = \frac{3600}{18} = 200$$

Tipos de equipos pulverizadores y calibraciones

La bomba de espalda, equipo estacionario, turbina o de presión controlada.

Calibración de una bomba estacionaria

Lo más común es que los productores utilicen la bomba estacionaria con una pistola; sin embargo, se deben de considerar diferentes variables, para evitar el desperdicio del producto y que se presenten en la prueba de residuos (LMR) en los cultivos, exceso de productos químicos. En el caso de utilizar una bomba estacionaria lo recomendable es sacar un promedio de 10 árboles para disminuir el error. Lo que se hace es tomar el tiempo en el que se tarda en aplicarle agua al árbol y posteriormente en un recipiente se llena

con agua la cantidad de minutos que se tardó en realizar la aplicación. El problema de este método es que no podemos determinar dónde estaba abierta la llave y el tiempo que se tardó en cada árbol. El volumen gastado entre el número de árboles, nos va a permitir determinar la cantidad de litros de agua que se han gastado por árbol y una vez determinado el número de árboles esto se pasa a litros por hectárea.

Las bombas de espalda de motor de aire

Resultan ser muy eficientes, porque el flujo de aire moviliza la hoja y permite que la gota penetre. La gota que se genera es pequeña. La descarga de agua que sale por la boquilla, depende del tamaño del hueco y de la presión. Ambas pueden ser modificadas. Las boquillas tipo cono son para la aplicación de insecticidas, fungicidas. Lo ideal es utilizar una pistola que tenga manómetro para controlar la presión.

La bomba de espalda

En las aplicaciones que se realizan con bomba de espalda, por ser muy dispares, se recomienda utilizar la válvula de presión constante. Esta bomba se regula con un resorte que indica a qué presión se desea trabajar.

La prueba del vaso calibrador

Si se utiliza el vaso calibrador se debe de tomar en cuenta el tiempo en que se realiza el recorrido. Por ejemplo, al caminar 25 metros de largo, por un 1 metro de ancho, se coloca el vaso calibrador y se determina la cantidad de agua que se ha gastado, según el tiempo de recorrido.

Cuando la velocidad no es constante

Los principales problemas que presentan estos equipos son que la velocidad, la aceleración, la longitud de la manguera alteraría la presión, el tamaño de la gota y la cantidad de agua que sale por la boquilla.

Se recomienda utilizar una parte de la plantación como modelo para determinar el volumen aplicado por árbol y por hectárea.

Por ejemplo, si usamos 144 árboles para realizar la medición del volumen.

¿Qué volumen de solución se quiere aplicar por hectárea?

¿Cuánto? 200 litros

¿Cuántos árboles hay en una hectárea? 1600

Entonces,

$$\frac{200 \text{ litros}}{1600 \text{ árboles}} = 125 \text{ cc por árbol.}$$

Con una bomba de 18 litros debe aplicar 144 árboles.

Realizar ajustes

- Si es necesario se pueden realizar ajustes en el equipo, para que el volumen de 18 litros, permita pulverizar 144 árboles.
- Hay que considerar que el volumen cambia, si se produce un cambio en la velocidad, la cantidad de agua que descarga el equipo y la franja de aplicación.

¿Cuánto descarga una boquilla?

El caudal de la boquilla está en función del diámetro del orificio y la presión de descarga. Se recomiendan las boquillas anti deriva, estas son boquillas de cuerpo largo y tienen un orificio que permite la entrada de aire. Esta tiene que estar tapada para que sea anti deriva. Se recomienda eliminar las boquillas tipo bronce por las boquillas de cerámica.

Pruebas en el campo

- Sin la válvula de presión constante, la boquilla tipo anti deriva 80.02, en un minuto descarga 1 litro.
- Prueba de válvula de presión constante: En este caso no se presentan picos de presión. La boquilla anti deriva 80.02, en un minuto descarga 650 litros.

Si va a aplicar un fungicida de contacto, se necesitan 70 gotas por cada cm cuadrado, para lograr una mayor cobertura de la hoja, esto según el papel hidrosensible. En caso de ser un fungicida sistémico, se estaría ocupando unas 40 gotas por cada cm cuadrado, para cubrir la hoja.

Para la aplicación de fungicidas se tienen que utilizar boquillas tipo cono, que son las que producen gotas gruesas y para la aplicación de los herbicidas las boquillas deben de ser tipo abanico.

12. Contenido técnico: Manejo poscosecha de aguacate

Ing. Daniel Saborío Argüello

12.1. Manejo precosecha

1. Previsión del mercado

En aguacate, se inicia con un análisis del mercado hacia el que va dirigida la producción, posteriormente se realiza la recolección de la fruta de acuerdo con esas características y según las necesidades del consumidor.

2. Observación de los índices óptimos para el momento de cosecha

El aguacate no alcanza su madurez de consumo en el árbol, debido a que este produce un inhibidor de la maduración que pasa al fruto por el pedúnculo.

La determinación del momento de corta es un factor clave para garantizar que la fruta madurará adecuadamente, optimizar la calidad de la fruta y su comercialización minimizando las pérdidas.

En aguacate es muy común encontrar que al partir el fruto, la cáscara se encuentre adherida a la pulpa, esto es un indicador de que se cosechó en un momento que no reunía las condiciones para alcanzar el punto de maduración una vez desprendido del árbol.

3. Determinación de la fisiología del aguacate para el momento óptimo cosecha

Los frutos se clasifican en climatéricos y no climatéricos, por lo que aspectos como los índices de cosecha son muy importantes. El aguacate es un fruto climatérico, cuya maduración ocurre naturalmente en el almacenamiento o se puede llegar a inducir mediante tratamientos como la exposición al etileno (10 a 100 ppm de etileno a 21 °C). El etileno es una hormona natural que provoca la maduración de los frutos, aun cuando el fruto ha sido desprendido del árbol.

Diferentes criterios o indicadores utilizados para la cosecha de aguacate

En Costa Rica los principales criterios de cosecha que manejan los productores son el cambio de color de la cáscara, de verde a verde oscuro y la pérdida de brillo.

Por ser índices subjetivos los porcentajes de rechazo muy importantes, principalmente por fruta inmadura, que luego muestra problemas por no alcanzar la madurez para consumo, porque la capa exterior de la semilla se adhiere a la pulpa y no se logra desprender de la pulpa, el sabor y la firmeza de la fruta no se desarrollan adecuadamente.

Algunos indicadores utilizados son los siguientes:

- tamaño de los frutos
- la forma de los frutos
- color interno del mesocarpio o pulpa
- desarrollo de la zona de abscisión o las características que presenta el pedúnculo
- días transcurridos después del periodo de floración
- firmeza de la pulpa
- tasa de respiración del fruto
- contenido de aceite o materia seca
- en California se utiliza el contenido de materia seca (Hass 20,8% y fuerte 19,0%).
- existe un alto grado de correlación entre el contenido de grasa y el de materia seca en el aguacate como índice de madurez para definir el momento de cosecha, el cual debe alcanzar de 19 a 25%, dependiendo del cultivar (corporación Proexant, 2002; Kader et al., 2002).
- las variedades que se cultivan en florida tienen menor contenido de aceite y se utiliza como criterio de cosecha el número de días después de la floración. cuando se utiliza el contenido de grasa, este debe ser de al menos el 8% en California, pero en Israel el valor debe ser de 10% para la variedad Hass.

En Costa Rica no existe mucha información sobre esos criterios, los estudios realizados se han hecho únicamente en la zona de altura y con la variedad Hass, productores agrupados de la zona de los Santos, pudieron realizar un análisis de los frutos en dos condiciones.

Cuadro 11. Correlación entre el porcentaje de grasa y el porcentaje de materia seca

	Porcentaje de grasa	Porcentaje de materia seca
Correlación	Alta (93%)	Alta
Proceso para determinación	Complejo	Sencillo
Costo	Alto (US\$ 15 - 18/muestra)	Bajo (US\$ 8/muestra)
Cáscara brillante		
Valor mínimo	8,3	19,4
Valor promedio	13,3	24,6
Valor máximo	23,1	34,4
Cáscara opaca		
Valor mínimo	12,4	23,9
Valor promedio	17,1	27,6
Valor máximo	24,8	34,8

Fuente: Convenio CNP-Laboratorio de Tecnología Poscosecha CIA, UCR

(Ecuación: % Grasa = 0,98* (%MS) - 10,40), lo anterior para aguacate con la superficie opaca

En el cuadro 11 se presenta una correlación para las dos condiciones, en cáscara brillante el valor promedio del porcentaje de grasas es del 13,3 % y el valor promedio de materia seca es del 24,6%. En cáscara opaca el valor promedio del porcentaje de grasas es del 17,1% y el valor promedio de materia seca es del 27,6. Este análisis se realiza mediante un estudio estadístico, se puede establecer una fórmula utilizando el porcentaje de materia seca con el fin de obtener por proyección el porcentaje de grasa.

Cuadro 12. Característica de los frutos de aguacate, según su

Características/	Guatemalteca	Mexicana	Antillana	Costarricense
Superficie de la cáscara	Rugosa	Con capa de cera lisa y suave	Btrillante, flexible y suave	Flexible y suave
Grosor de la cáscara	Delgada	Delgada	Delgada	Grosor mediano
Sabor de la pulpa	A mendo rica	Como anís	Dulce	Ligero, sin sabor específico
Contenido de aceite	Alto	Más alto	Bajo	No hay información
Fibras distinguibles	Poco común	Común	Medianamente común	Poco común
Tolerancia al almacenamiento en frío	Más	Más	Menos	No hay información

Según lo indica el cuadro 12 en el caso de los materiales de bajura, se debe prestar mayor atención a condiciones de temperatura, en el momento de transportar el producto hacia los mercados, para que no sufra daños por quema, esto porque las s antillanas y los cruces con las s guatemaltecas van a presentar mayores problemas con el almacenamiento del producto en frío, ya que estos materiales presentan mayor susceptibilidad. Si no se tiene el cuidado necesario en estas condiciones, se podría afectar la calidad del producto.

En cuanto al contenido de aceites, los materiales de bajura tienen menos aceites y menos grasas con respecto a los materiales de altura.

Las pérdidas poscosecha se dan principalmente por fruta inmadura que no alcanza la madurez de consumo. El sabor y la dureza de la fruta no se desarrollan adecuadamente.



Figura 38. Etapas de maduración del aguacate Hass

Las etapas de maduración para la variedad Hass se muestran en la figura 38. Pasando de una tonalidad verde a una tonalidad morada. Se debe de considerar la firmeza del fruto.

12.2. Cosecha

- Es importante conocer muy bien las características que se relacionan con el índice de cosecha, tanto de los criterios subjetivos, como de los criterios que se pueden analizar en el laboratorio, para obtener un panorama más amplio y disminuir las pérdidas que se dan por cosechar el fruto en condiciones que no son las adecuadas para que este madure.
- Una vez que se tengan claros esos criterios sobre el índice de cosecha, se procede a recolectar la fruta. Si tenemos una plantación bien podada se puede cosechar manualmente. Si, por el contrario, es una plantación con árboles de gran tamaño, se puede cosechar con una varilla, se le debe de acondicionar una cuchilla.
- Se debe de mantener una adecuada desinfección de los instrumentos con cloro 5 ml/l agua o Kilo. Por ejemplo, la bolsa de recolección de la fruta, la tijera de la poda y la varilla con la cuchilla. Esto se debe de desinfectar con el objetivo de evitar la contaminación de un árbol a otro.
- Al realizar el corte del pedúnculo se recomienda de 0.5 a 1 cm, no se debe de poner la bolsa o las cajas con el producto en el suelo, para evitar el ingreso de hongos que atacan en poscosecha generando pudriciones. Lo ideal es que al cosechar se deje una parte del pedúnculo, no quebrarlo, porque si no se está facilitando el ingreso de patógenos como *Colletotrichum gloeosporioides*, *C. acutatum*, *Phomopsis*, *Botryosphaeria* y *Fusicoccum*.
- Evitar el magullamiento de la fruta en la bolsa o cajas por sobre peso, estos factores pueden provocar heridas y posteriormente propiciar el ingreso de patógenos
- Proteger el producto que está cosechando de condiciones ambientales como el polvo, sol y agua.

Selección en campo

- Selección en el campo de frutas que no reúnen las condiciones para el mercado.
- Selección por características definidas por los clientes o supermercados específicos. Por ejemplo, daño mecánico (golpes, magulladuras, heridas, rajaduras), deformaciones, enfermedades, pudriciones y tamaños.

12.3. Poscosecha

Características de calidad

Hay que optimizar la calidad en poscosecha. Si se produce con calidad, tendrá un producto para poscosecha de calidad. Es importante que en poscosecha se mantenga esa calidad, ya que dependiendo de cómo cosechemos, se puede llegar a deteriorar la calidad de la fruta.

Optimizar la calidad de la fruta y su comercialización. Algunas características son las siguientes:

- no tiene daños de insectos;
- presenta firmeza para el consumo;
- sin daño por enfermedades;
- sin rajaduras, ni quebraduras;
- libres de pudriciones en la pulpa;
- sin fibras oxidadas (color café);
- libres de suciedad;
- libres de residuos químicos

Causas de pérdidas en poscosecha, tomando en cuenta factores de precosecha y poscosecha

Existen dos factores que pueden afectar la calidad del aguacate: a) aspectos de precosecha como la fertilización, podas, manejo de plagas y enfermedades u b) factores de poscosecha.

Para determinar las causas de pérdidas poscosecha, se realizó un estudio con una muestra de cuatro productores de la zona de los Santos y se identificaron las principales causas de pérdidas poscosecha.

Cuadro 13. Principales causas de pérdidas en poscosecha

Daños (%)	PRODUCTORES				Promedios
	1	2	3	4	
Por ardilla	16,0	0	0	3,4	5,0
Por picudo	26,0	44,0	33,0	5,0	27,0
Golpe de cosecha	9,5	16,7	13,7	17,2	14,3
Fruta sin pedúnculo	5,0	3,5	11,0	12,8	8,0
Deformación por trips	16,0	44,0	9,8	15,5	21,3
Sobremaduración	0	27,8	9,8	26,0	16,0
Roña	2,4	5,6	7,8	3,4	5,0
Anillamiento (Fruta con peso inferior a 50 gr)	0	5,6	9,8	34,5	12,5

Fuente: Convenio CNP-Laboratorio de Tecnología Poscosecha, CIA, UCR

Según el cuadro 13 los promedios dieron un porcentaje de casi el 60- 70% de pérdidas por factores que no se controlaron en pre cosecha. Por ejemplo, daños por ardillas, deformaciones por trips, por picudo, por roya y roedores. Por otro lado, las pérdidas por factores de poscosecha, dieron un promedio del 37%, en estos se consideran los golpes por cosecha, frutas y pedúnculo, fruta sobre madura y el modo de cosecha.

Características de calidad del aguacate demandado por supermercados

Para la comercialización se debe considerar las exigencias de calidad en el mercado, en cuanto a tamaño de la fruta, peso y grados de calidad.

Cuadro 14. Categorías sobre calidad de la fruta y peso respecto a exigencias de mercado

Calidad	Peso	Características
Primera Super Extra	más de 240 gr	Sin tolerancia a daños
Extra	de 190 a 240 gr	Poca tolerancia a daños
Primera	de 170 a 190 gr	Poca tolerancia a daños
Segunda	de 140 a 170 gr	La denominan ocasional porque incluye fruta que por peso incluye frutos de una categoría superior, pero por daños pasa a ser segunda
Tercera	de 90 a 140 gr	Hay más tolerancia a daños, incluso puede tener lesiones de picudo cicatrizadas
Cuarta	menos de 90 gr	Es la fruta más pequeña, pero también incluye grande y mediana con mas defectos

Es importante mencionar que aunque la fruta tenga un buen peso, puede bajar de calidad por presentar daños por insectos, daños mecánicos o por enfermedades poscosecha. Pasando de primera calidad a segunda como lo expresa el cuadro 14, esta calidad se denomina ocasional.

Labores en planta empacadora o acondicionamiento de la fruta

- Selección y clasificación
- Lavado y desinfección: Se recomienda agua clorada o aplicar algún fungicida a) agua clorada (100- 150 ppm hipoclorito de sodio o calcio) 2-3 minutos x inmersión b) fungicidas (Prochloraz 500 ppm) inmersión por 1 minuto.
- Secado de la fruta: Se recomienda estar secando la fruta con un paño totalmente limpio, para evitar que proliferen hongos y bacterias producto de la humedad.
- Empaque (según lo demande el comercializador varia tamaño, capacidad, diseño, material).

El transporte y almacenamiento en frío

El aguacate de bajura tiene una vida de poscosecha naturalmente menor que los aguacates de altura. Esto porque tiene una fisiología más acelerada. En el caso de bajura se requiere realizar investigaciones sobre las condiciones de almacenamiento en frío de las variedades de la zona.

El rango de temperaturas es muy amplio va de los 5 °C a 13°C, en el caso de las variedades de altura, toleran más el frío que las variedades de bajura. Si la fruta está al inicio de la madurez fisiológica acepta mayor temperatura que cuando está más madura. La humedad relativa debe rondar de 90-95% (cuadro 15).

Cuadro 15. Condiciones de almacenamiento adecuadas, en cuanto a temperatura y humedad relativa para el aguacate

Madurez condiciones de almacenamiento	Temperatura óptima	Humedad relativa
Verde maduro (madurez fisiológica o de cosecha)	5 - 13 °C	90 - 95%
Madurez de consumo	2 - 4 °C	90 - 95%

Fuente: Kader y Arpaia, 2002

Almacenamiento de aguacate

Tasa de pérdida de humedad del aguacate en poscosecha

El aguacate tiene una mediana tasa de pérdida con respecto a la humedad; esto se asocia con poseer una cáscara gruesa que protege al fruto y evita la pérdida de humedad.

Susceptibilidad por daños por frío

En cuanto a la susceptibilidad por frío, resulta ser altamente susceptible, por ser un frutal tropical y subtropical.



Figura 39. Daño provocado por frío en pulpa y cáscara

El daño por frío provoca ennegrecimiento, daño fisiológico de los haces vasculares de las fibras internas. Este no solo afecta el aspecto, sino que afecta el olor y el sabor del fruto. En la parte externa de la cáscara se muestran moretones; también, presenta un tipo de decoloración en la superficie. Al partir el fruto se puede observar que el proceso de maduración está afectado (figura 39).

Comportamiento con respecto al etileno

El aguacate es uno de los mayores productores de etileno, lo que significa que puede afectar a otros productos susceptibles al etileno. Generalmente los frutos climatéricos son los mayores productores de etileno. Este frutal es muy susceptible al etileno. Las condiciones ambientales externas, pueden llegar a afectar la producción de etileno y por ende su maduración.

Cuando se colocan los aguacates con productos de hoja verde, estos podrían tomar una coloración amarilla, porque el etileno afecta la clorofila presente en las hojas.

Condiciones de temperatura y humedad relativa

En los almacenes o supermercados se tienen en cuenta diferentes aspectos para colocar la fruta en los anaqueles. Por ejemplo, la combinación de colores, si son hojas o si son frutos. Si es un fruto productor de etileno, no es colocado en el espacio con vegetales verdes. Se consideran aspectos sobre la temperatura y la humedad relativa.

Otro aspecto para considerar es que el aguacate produce un olor que al entrar en contacto con otros productos puede llegar a afectar el sabor y la calidad.

Cuadro 16. Condiciones de temperatura y humedad relativa, vida aproximada de almacenamiento recomendadas para frutas y verduras.

Producto	Temperatura °C	Humedad relativa (por ciento)	Vida aproximada de almacenamiento
Amaranto	0-2	95-100	10-14 días
Anís	0-2	90-95	2-3 semanas
Manzanas	-1-4	90-95	1-12 meses
Albaricoques	-0,5-0	90-95	1-3 semanas
Alcachofa, globo	0	95-100	2-3 semanas
Pera asiática	1	90-95	5-6 meses
Espárrago	0-2	95-100	2-3 semanas
Atemoya	13	85-90	4-6 semanas
Aguacate, Fuerte, Hass	7	85-90	2 semanas
Aguacate, Lula, Booth-1	4	90-95	4-8 semanas
Aguacate, Fuchs, Pollock	13	85-90	2 semanas
Babaco	7	85-90	1-3 semanas
Banana, verde	13-14	90-95	1-4 semanas
Cereza de Barbados	0	85-90	7-8 semanas
Retoños de frijol	0	95-100	5-9 días
Frijol seco	4-10	40-50	6-10 meses

Según lo muestra el cuadro 16, la temperatura y la humedad relativa van a depender de las variedades o s. Si son, por ejemplo, de las s antillanas, guatemaltecas o mexicanas. La temperatura varía en 4°C, 7 °C y 13°C y la humedad relativa varía entre un 85%, 90%, 95 %. Igualmente, se presenta una variación en la vida aproximada de almacenamiento, con respecto a las variedades de 2 semanas, 4-8 semanas y 2 semanas.

13. Contenido técnico: Índices de cosecha

Ing. Juan Mora Montero

13.1. Los índices de cosecha

Los índices de cosecha son las características internas y externas de la fruta que nos van a indicar que el proceso de maduración ya inició.

La cosecha es la parte más importante de un cultivo, algunos de los índices de madurez más utilizados son los siguientes:

- el cambio de tono de brillo a opaco
- el tamaño y la forma
- el llenado de la fruta
- color de la pulpa
- la firmeza de la pulpa
- contenido de sólidos solubles
- el contenido de almidones es un buen indicador de la madurez y el contenido de aceite (el contenido de aceites de los aguacates está determinado por las variedades, los aguacates antillanos de bajura tienen contenidos bajos);
- acidez titulable
- medir los días de floración a cosecha. se recomienda utilizar registros.

El método para saber si la fruta está madura o no, no debe ser destructivo; es decir, que el fruto no tiene que ser destruido. Debe ser simple, fácil de aplicar y de bajo costo, objetivo (una medición), conveniencia de usar más de un índice.

13.2. La cosecha

Al cosechar el fruto se aumenta el proceso de respiración, aumenta la deshidratación del fruto y la liberación de dióxido de carbono (CO₂) y empieza la producción de etileno. Los tejidos se empiezan a degradar, hay un cambio irreversible de los almidones que se van transformando y empieza aumentar el ataque de los fitopatógenos (hongos y bacterias), debido a la textura suave que presenta la cáscara; por eso se recomienda utilizar algún fungicida. Ocurre un aumento en la temperatura del fruto, debido al proceso de maduración.

El fruto debe presentar las siguientes características:

- pulpa verde amarillenta
- presencia de haces vasculares y bien desarrollados
- tegumento y/o cáscara transparente y desprendible al "jalarse"

Debe evitar que se presenten las siguientes características:

- color amarillento del tegumento del área superior en la semilla
- tegumento grueso sin desprenderse
- en corte transversal pulpa verde-blancuecina
- vasos de conducción sin definirse totalmente
- frutos brillantes y lustrosos
- de color verde tierno

Estado ideal de madurez para cosechar

- depende de la especie y de la variedad
- destino del producto
- las condiciones de almacenaje
- calidad final deseada

13.3. Madurez vs. calidad

La fruta inmadura

Se dice que la fruta está inmadura cuando no ha alcanzado el punto de madurez adecuado; o sea, que aún no ha desarrollado el contenido total de aceites, el sabor no es el adecuado y tiende a ser más susceptible a deshidratarse. En este caso la calidad de la fruta no va a ser la adecuada. Lo ideal es realizar la cosecha cuando la fruta ha alcanzado el punto de madurez fisiológica. La madurez fisiológica es la capacidad que tiene la semilla de producir una nueva planta.

Es importante mencionar que el fruto inmaduro va a ser más susceptible al almacenamiento en frío, ya que tiende a arrugarse en estas condiciones.

La fruta madura

Es aquella que se ha cosechado en el punto de madurez fisiológica y alcanza su madurez de una forma adecuada. Esta tiene un mayor potencial de almacenamiento.

En un fruto maduro el tegumento de la semilla, se debe desprender fácilmente de la pulpa y no debe quedar adherido. Tiene una textura suave. La pulpa debe adquirir un color de verde a amarillento. Las lenticelas y las estomas se tornan de color amarillento, y la fruta llega a desprenderse del pedúnculo.

El fruto maduro es más susceptible a problemas de enfermedades. La fruta en este punto tiene que reunir todas las cualidades organolépticas.

Se recomienda cosechar cuando el fruto adquiere una tonalidad café.

La fruta sobre madura

Sufre la pérdida de textura, se vuelve más suave y es más susceptible a los desórdenes fisiológicos.

Factores que influyen en la madurez de los frutos

Los factores son de tipo fisiológico, y están relacionados con el ambiente, el manejo del cultivo y con aspectos de cosecha y poscosecha:

- La temperatura
- La humedad relativa en el lugar de almacenamiento debe ser de 85-95%
- La radiación solar las frutas expuestas al sol maduran más rápido
- El tiempo de floración a la cosecha, según aspectos fisiológicos del cultivo con el ambiente. La poda puede llegar a modificar los días de floración a cosecha.
- La nutrición favorece la calidad de la fruta. Por ejemplo, si el suelo tiene un contenido adecuado de calcio va a favorecer el rendimiento y le va a dar una buena sazón a la fruta. Sin embargo, los excesos de este elemento pueden llegar a bloquear la absorción de P, K, Mn, Fe, Zn. Si se utilizan productos a base de nitrógeno en exceso, se puede estar retrasando el periodo de maduración de la fruta, ya que el nitrógeno tiende a favorecer el desarrollo vegetativo de la planta. Poco o nulo fertilizante químico. Se retrasa por 3-6 semanas
- El manejo fitosanitario: La incidencia de plagas o enfermedades afecta el periodo de maduración, no solo afecta la calidad, sino que provoca cambios en la fruta, lo cual hace que, normalmente, madure más rápido.
- El corte (cosecha): El momento o estado en que se corta la fruta afecta el proceso de maduración. Si el corte se hace en frutas que aún no han alcanzado el estado de madurez fisiológico, el proceso de maduración no ocurre en forma adecuada.
- El manejo poscosecha: La temperatura y humedad relativa en que se almacenan las frutas afectan la maduración a mayor temperatura y humedad, mayor es la velocidad de maduración.

13.4. Vida de anaquel con calidad y tiempo suficiente para el consumidor

Si se cosecha en el momento oportuno, se puede aumentar la vida de los frutos en el anaquel. Esto, mientras el fruto alcance un buen desarrollo fisiológico, que soporte el manejo de cosecha y poscosecha, manteniendo la calidad de las propiedades organolépticas y se alcance el desarrollo de la madurez comercial aceptable.

Algunas recomendaciones son las siguientes:

- Cortar la fruta con extremo cuidado
- Reducir el golpe de la fruta
- Cosechar en horas frescas en los primeras horas del día, no asolearla
- Las aplicaciones de cal en exceso pueden llegar a retrasar el proceso de maduración de 22-45 días
- Las podas pueden acelerar el proceso de maduración; el aumento de tamaño de los frutos será entre 8 y 12%. Al haber más ventilación, hay menos problemas fitosanitarios. Estos aspectos ayudan a la calidad de la fruta. Por ejemplo, en el color y el tamaño del fruto.
- La exposición al sol: La fruta externa a la copa madura más rápido que la fruta que se encuentra en el interior del árbol, el proceso de maduración se retrasa de 22 y 45 días
- Utilizar los instrumentos adecuados
- No tirar las frutas al suelo
- Cosechar y poner la fruta en una solución que contenga algún fungicida y secarlos o ventilarlos.
- Limpiar las cajas

14. Contenido técnico: agricultura orgánica

Carlos Barboza Gómez con aportes de Ing. Jorge Garro

14.1. La agricultura orgánica

Comprende la utilización de microorganismos para el combate de plagas y enfermedades. Uno de los microorganismos más utilizados es el hongo conocido como: *Trichoderma* spp. Comprende además, el uso de extractos vegetales, el uso de abono orgánico y fertilizantes orgánicos.

La agricultura orgánica promueve realizar chapias para evitar el uso de herbicidas que causan la muerte de los microorganismos presentes en el suelo, también recomienda evitar el uso de insecticidas, nematicidas, fungicidas.

14.2. El proceso de transición

En la transición de agricultura convencional a agricultura orgánica se deben realizar las siguientes labores:

Eliminar agroquímicos: Eliminar todo uso de agroquímicos. Especialmente el uso de herbicidas que afectan a los microorganismos del suelo.

Realizar chapias: Se puede decir que este es el costo más alto del mantenimiento en la agricultura orgánica, ya que manejar las malezas mediante chapias, es una labor que requiere ser hecha varias veces al año.

Fertilización orgánica mediante compost: En una plantación de aguacate tratada orgánicamente, se recomienda hacer la fertilización tres veces al año, al inicio del periodo lluvioso, en los meses de mayo, agosto y la segunda semana de octubre.

Por árbol se recomienda 60 kilos de compost, saco y medio por año. Debido a que los abonos orgánicos tienden a acidificar el suelo, se recomienda aplicar una enmienda cada tres años.

Es importante tener especial cuidado al utilizar gallinaza, pues esta debe estar bien composteada o convertida en abono orgánico, para evitar el daño por bacterias y hongos a los cultivos o al suelo. La recomendación es sacar la gallinaza y amontonarla por un tiempo aproximado de seis meses, para que durante ese tiempo alcance una temperatura de 70 °C y los microorganismos como los hongos, bacterias y semillas de malezas queden eliminadas por el calor que se generó dentro del montículo.

El fertilizante y el abono –ambos orgánicos–, se diferencian porque el fertilizante orgánico contiene los minerales y el abono orgánico, aparte de los minerales, posee microorganismos y materia orgánica. Si lo que se desea es un efecto rápido del abono orgánico; por ejemplo, en hortalizas, se puede aplicar el compost y si lo que se desea sembrar es frutales se recomienda el lombricompost, ya que tiene un efecto a largo plazo.

La aplicación de fungicidas biológicos: Es recomendable el uso del hongo *Trichoderma*. Debe realizar las inoculaciones al suelo, para el control de *Phytophthora*. Las aplicaciones se harán en toda la zona de goteo y, en el caso del fertilizante, aplicar de la zona de goteo hacia dentro, calculando medio metro. Las aplicaciones se recomienda realizarlas tres veces al año, en el inicio del periodo lluvioso, en los meses de mayo, agosto y la segunda semana de octubre. La dosis de *Trichoderma* es de un kilo o litro de producto por estañón.

Algo importante previo a la utilización de los hongos antagonistas como *Trichoderma* es formar un sustrato de materia orgánica, ya que retiene una buena cantidad de humedad en el suelo. Se deben de tomar materiales de lenta degradación como los pastos, cáscaras, tronco, burucha, los estiércoles que aportan los minerales (Garro 2014).

Es importante mencionar que no todos los aislamientos de *Trichoderma* son efectivos, hay que realizar una investigación, para conocer cuales cepas son las que están activas, para que este realice un control eficiente (Garro 2014).

En el momento de sacar material del bosque para realizar, por ejemplo, microorganismos de montaña, debe de tener especial cuidado que el bosque que se ha seleccionado sea un bosque primario que tenga al menos 10-15 años de estar en barbecho, para evitar recoger material de un bosque secundario que venga contaminado por hongos fitopatógenos (Garro 2014).

Utilización de extractos vegetales: En la etapa de floración se debe de cuidar la plantación de insectos como los trips, este insecto afecta el cuaje. Se debe de monitorear y realizar las aplicaciones en el momento en que se encuentre 5 trips por flor.

Un producto que se utiliza es el Chilagro, que se aplican 300 gramos del producto por estaño y extracto de madero negro. Se puede hacer con las hojas, con la corteza, con las ramas y con las raíces. Se recomienda 1 kilo de hojas por cada 2 litros de agua. La aplicación es de 2 litros por estaño de agua.

Todos estos productos son fotosensibles porque hay que almacenarlos en lugares oscuros o en envases de color ámbar o galones. Para aplicar se debe utilizar el jabón azul para utilizarlo como pega (Garro 2014).

Se recomienda el M5, que es un producto formado por una mezcla de distintas plantas disponibles en la finca; se utiliza también chile, cebolla, ajo. Los extractos ayudan a manejar las plagas no las eliminan (Garro 2014).

Para la elaboración de los extractos se recomienda que los materiales sean diferentes, a los menos tres tipos, ya sea de hojas o de frutas. Se mezclan bien, se dejan reposar y se dejan por 8 días y se cuelan. Se pueden agregar los minerales para cubrir las deficiencias. La dosis recomendada es de 2 galones de producto por estaño. Se debe almacenar en la parte baja de la refrigeradora y a temperatura ambiente no debe de exceder los 22 días. En agricultura orgánica no es recomendable guardar producto; se debe de aplicar lo que se va haciendo.

La aplicación de los fertilizantes foliares: Se recomienda realizar la fertilización foliar durante los meses de mayo, agosto y la segunda semana de octubre, con extracto de hojas, frutas o extractos medicinales y melaza. En una proporción de kilo de hojas o frutas por un litro de melaza. Si se utiliza melaza sola se puede agregar 1-3 galones de melaza por estaño. Se debe disolver bien y colarla para que no tape las boquillas.

Otras recomendaciones:

- En la agricultura convencional como en la agricultura orgánica, debe llevar registros para conocer cuáles árboles producen.
- En el proceso de transición de agricultura convencional a orgánica, el primer año se dice que la producción disminuye en tres cuartas partes, recuperándose progresivamente en tres años. Por tal razón, para evitar descensos bruscos en la producción, se recomienda que el proceso de transición se realice gradualmente, con fertilización química y orgánica.

15. Contenido técnico: cambio climático

Ing. Sergio Abarca Monge

El cambio climático está trayendo un incremento del número de eventos y mayor severidad e intensidad de los fenómenos. El Polo Norte es una evidencia de que la temperatura va en aumento. En términos de diez años hemos contribuido para que se diera un aumento en la temperatura del planeta. Este cambio se da por un aumento en las concentraciones de dióxido de carbono y otros gases. Las temperaturas mínimas también se encuentran en aumento.

15.1. El cambio climático en la agricultura

El concepto de mitigación

La mitigación es de interés global y está ligado al mercadeo de productos.

Se refiere a reducir la contaminación, mediante la disminución de los gases de efecto invernadero como el dióxido de carbono CO₂, metano CH₄, óxido nitroso N₂O.

Conforme aumenta la temperatura, los rendimientos van bajando. La planta empieza a sufrir un estrés térmico y generalmente tiende a concentrar su energía evapotranspirando. Por eso, es importante el punto de mitigación.

La captura y retención de CO₂

Las plantas son las que pueden capturar y retener CO₂. Por lo tanto, se debe generar un cambio en la estructura ambientalista, en el punto de que si ya la planta no crece y no produce, es mejor cortar y sembrar otra, para que se pueda volver a capturar y retener el CO₂. Esto va a depender de las condiciones del árbol o la planta.

Adaptación

La adaptación es de importancia local y se relaciona con la competitividad. Implica la realización de los ajustes en los sistemas de producción, adecuación de las labores de cultivo, podas, fertilización, mejoramiento genético, inducción a floración y nuevos sistemas de producción. Aumentar la resiliencia o resistencia de los sistemas de producción ante el cambio climático.

Gestión de riesgos

Gestión de riesgos se relaciona con las pérdidas de producción debido al clima. Es la vulnerabilidad de los sistemas productivos ante los eventos meteorológicos extremos.

Una forma de ayudar al ambiente es consumir lo que se produce en el país, ya que se estarían reduciendo las emisiones de gases por transporte. Según Arauz (2012), consumir un kilo de frijoles ticos reduce en medio kilo la emisión de CO₂, en relación con los frijoles importados de Asia.

En un estudio realizado por investigadores del INTA sobre la contaminación de la caña de azúcar, se logró determinar que si el bagazo es utilizado para alimentar las calderas del ingenio, se convierte en carbono neutro, lo que sucede es que de esta manera se produce más energía que la que se ocupa en el ingenio.

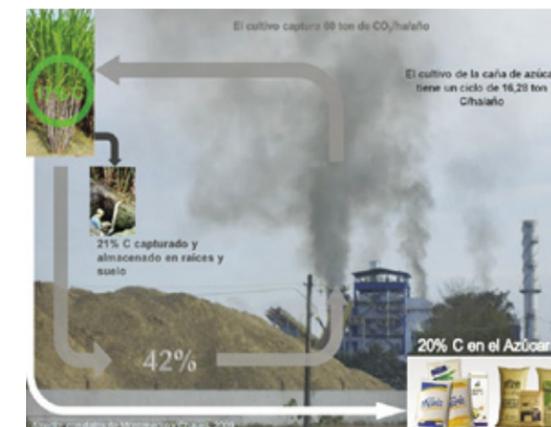


Figura 40. El cultivo de caña de azúcar captura 60 ton de CO₂/ha/año.

La figura 40 muestra que el humo generado en el ingenio no sería contaminante, ya que al seguir sembrando caña de azúcar, este sería absorbido de nuevo por la planta.

El cambio climático ha generado que si anteriormente las tormentas tropicales eran de mediana duración (como lo indica el color celeste de la figura 41), a partir de los años 60 hasta la fecha, las tormentas han variado, según se indica con el color naranja.

Las tormentas antes eran de mediana duración y se había varios días de lluvia. Actualmente, las tormentas son de corta duración, pero con mayor intensidad. Posiblemente sea la misma cantidad de lluvia, pero lo que ha cambiado es la distribución.

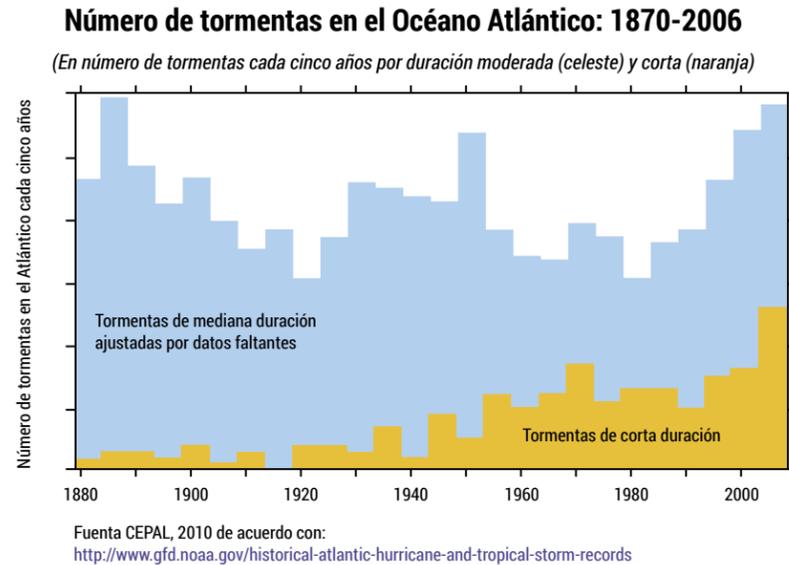


Figura 41. Número de tormentas en el océano Atlántico entre 1870 y 2006

El cambio climático incide en el tema de la floración. La figura 42 indica que entre más nubosidad hay, se presenta menos floración, mientras que si la temperatura va en aumento, hay un incremento en la floración.

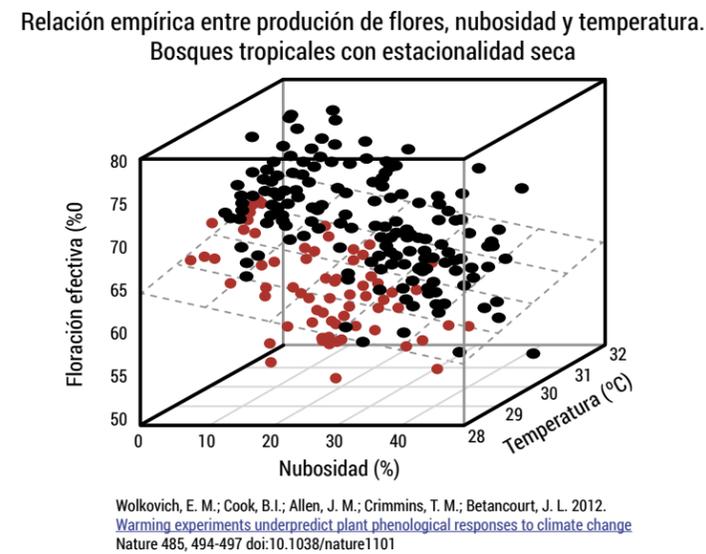


Figura 42. Relación empírica de la floración con factores como la nubosidad y temperatura en bosques tropicales con estacionalidad seca.

Por causa del cambio climático, se afecta también la polinización; así, genera lo que se conoce como erosión genética. Si las flores cambian sus días de apertura, los mejores insectos polinizadores (los más agresivos) llegan posiblemente cuando la flor esté muerta y los insectos más débiles llegan a la segunda época de floración. En este caso los insectos que se estarían propiciando no serían los mejores polinizadores o en el peor de los casos es que no existan los insectos polinizadores.

El sector rural y la agricultura, según la figura 43 en color celeste, muestra cuáles son los sectores más afectados con el cambio climático por periodos de sequías e inundaciones. Después de un evento meteorológico extremo, es importante advertir que comienza una irrupción de plagas.



Figura 43. Los sectores sociales más vulnerables de acuerdo al tipo de evento.

En Costa Rica la mayoría de eventos climáticos extremos que afectan la agricultura, se originan en los fenómenos ENOS (El Niño y La Niña Oscilación Sur) y la intensidad de la temporada de huracanes del Caribe en la segunda mitad del año.

Los fenómenos meteorológicos extremos están ligados con los fenómenos del niño y la niña. El cambio climático, también ha provocado que el ciclo del fenómeno de El Niño haya cambiado. Antes este fenómeno entraba en los meses de abril, marzo y junio. A partir del 2010, el niño empieza a entrar en los meses de agosto, setiembre y octubre. También este fenómeno ha entrado en octubre, noviembre y diciembre.

15.2. El fenómeno de El Niño

¿Qué pasa con la longitud de los periodos lluviosos de invierno, y de menor precipitación, los secos o verano?

Normalmente el periodo lluvioso es muy fuerte pero más corto, por lo que el periodo de menos precipitación entra más temprano y se alarga hasta mayo del siguiente año.

Cuando hay niño el periodo lluvioso es más corto, pero es más fuerte.

Hace cien años en Cañas, Guanacaste la precipitación era de 1886 mm y actualmente es de 1205 mm, con una reducción del 20%.

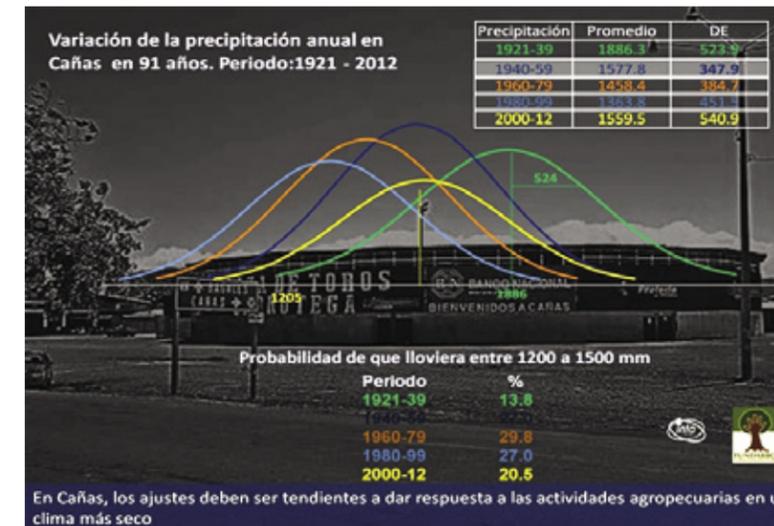


Figura 44. Variación de la precipitación anual en Cañas en 91 años, periodo 1921 - 2012

Como respuesta a la variación en la precipitación que se presenta en la figura 44. Se deben de realizar ajustes en las actividades agropecuarias, para que se adapten a un clima mucho más seco.

Zona	Precipitación anual			
	1961-1990	1991-2005	Dif (mm)	Dif (%)
Valle del General	3850	3609	241	-6
Cuenca Térraba	3623	3513	110	-3
Fila Brunquera	2598	2573	25	-9
Valle de Coto Brus	4159	4081	78	-2
Península de Osa	4982	4423	559	-11

Comité Regional de Recursos Hidráulicos (2008)

Figura 45. Variación de precipitación en la Zona Sur de Costa Rica. Periodos 1961-1990 y 1991-2005

De acuerdo con lo expuesto en la figura 45 en el Valle del General, durante los años 61-90, había una precipitación de 3850 mm, mientras que para el 91-2005, la precipitación era de 3600 mm menos, con una diferencia del 6%.

En la provincia de Cartago, el cambio en las temperaturas ha venido afectando cultivos como el repollo. La temperatura máxima disminuyó en 0.6 y la mínima aumentó en 0.8. En este caso se tuvo que hacer un ajuste cambiando la variedad, cambiar de cultivo, etc.

Otros cultivos como el rambután en un periodo de cuatro años no produjeron floración. Para Calvo, INTA (2012). La época de floración está influenciada por condiciones climáticas, principalmente, por la temperatura y la precipitación, la variedad utilizada, el manejo que reciba el árbol y la madurez de hojas y yemas previo a la diferenciación.

Del año 2004-2010 este frutal cayó de 1100 a 320 toneladas en el mercado local y en el mercado de exportación de 1000 a 0.25 toneladas de exportación. El periodo de La Niña en el sur, afecta porque prevalece un periodo de lluvia cuando tiene que haber verano. No hay estrés hídrico en las plantas en ese periodo. Como ajuste se trasladó el cultivo a la zona de Corredores con 30% de floración y posteriormente a Pérez Zeledón con 85% de floración, Osa con 60% de floración.

La importancia de la adaptación como respuesta al cambio climático

Adaptación puede ser desde la introducción de una técnica para seguir produciendo, hasta una nueva zonificación de cultivo y cambio de actividad en una localidad o región.

En agricultura es difícil y compleja, además está relacionada directamente con el clima, las costumbres de los pueblos y los individuos, lo que implica un doble esfuerzo.

En Centroamérica además se suman la alta cantidad de microclimas, zonas de vida, unidades fisiográficas y biodiversidad, que implican soluciones y ajustes a la medida de cada una de ellas.

En las primeras etapas, se debe conocer las variaciones ambientales que están ocurriendo en una localidad y el nivel de plasticidad de los sistemas productivos para soportar los efectos negativos que podrían acarrear.

Ajustes a los sistemas de producción actuales

Los ajustes a los sistemas de producción consisten en la verificación de la variación de las variables climáticas en cada región, para ajustar

- los periodos de zafra y cosecha;
- los calendarios agrícolas por rubro;
- las actividades y labores agrícolas;
- los métodos de control de plagas;
- el procesos de producción.

En agricultura, para adaptarse al cambio climático la investigación científica y la transferencia tecnológica son la mejor herramienta.

16. Contenido técnico: Bio - fertilizantes

Arturo Olaso Solórzano

16.1. El término bioles, actualmente llamado biofertilizantes

El término primero se llamó caldo africano, este se desarrolló en África. Posteriormente, esta técnica pasó a Suramérica y en Brasil se le llamó bioabono, actualmente se les conoce como biofertilizantes. Hoy día existen las fábricas de biofermento en lugares como África, Asia, México, Italia, España, Francia.

16.2. Factores para lograr una adecuada nutrición en los cultivos

Es fundamental practicar una agricultura de precisión, donde se consideren varias informaciones para la toma de decisiones, con el objetivo de tener un sistema más rentable y más productivo. Los factores que se deben de tener en cuenta son las características del suelo, las características del material por elaborar y el clima (figura 46).



Figura 46. Factores para lograr una adecuada nutrición

Las características del suelo

Comprende características físicas del suelo como el porcentaje de arena, limo arcilla y las características químicas y las características biológicas que es la vida que tiene el suelo.

El clima

Comprende factores como la temperatura que, hoy en día, se habla que ha cambiado en 2 a 3°C: la humedad, la precipitación y la luminosidad. En el caso de los cítricos han cambiado los arreglos espaciales o densidades de siembra: pasó de una densidad de 300-400 plantas por hectárea a densidades de 800-1400 plantas por hectárea utilizando material que se adapte a las condiciones del clima. Una superficie que sea densa o más poblada va a tener menos radiación solar y menos pérdida de agua va existir en el sistema.

Producción y rentabilidad

Es importante producir bastante con un bajo costo, para que el margen de utilidad por unidad producida sea mayor. Esto es significativo en una agricultura de precisión basada en la nutrición. En los últimos años se han incorporado nuevos conceptos y metodologías en los sistemas de producción agropecuarios; entre los más utilizados se pueden mencionar los siguientes:

- la cromatografía de suelos
- los biofertilizantes (biofermentos, lactofermentos, purines, microorganismos benéficos, etc.)
- los abonos orgánicos (compost y vermicompost, etc.)
- los abonos orgánicos remineralizados, entre otros.

16.3. La cromatografía

La cromatografía fue inventada por los holandeses, posteriormente esta herramienta en Suramérica se empieza a afinar.

La cromatografía es un método para hacer análisis cualitativo de suelos y compostas de forma rápida. Este va a permitir determinar la calidad del caldo que se está elaborando y permite ver cuando es el momento más oportuno para aplicar el biofertilizante. Es una herramienta que permite manejar a nivel de nutrición un plan a corto, mediano y largo plazo, para realizar modificaciones. Se puede realizar el análisis cada seis meses.

Este método es también una forma independiente, y rápida de conocer la salud de las tierras. De esta forma se obtienen datos acerca de su manejo biológico, físico y químico. Este es un "análisis del suelo integral", que permite su diagnóstico y acompaña su tratamiento de forma autointerpretativa. Asimismo, es un sistema cualitativo y un complemento de los análisis físicos y químicos. La cromatografía sirve como herramienta para diagnóstico.

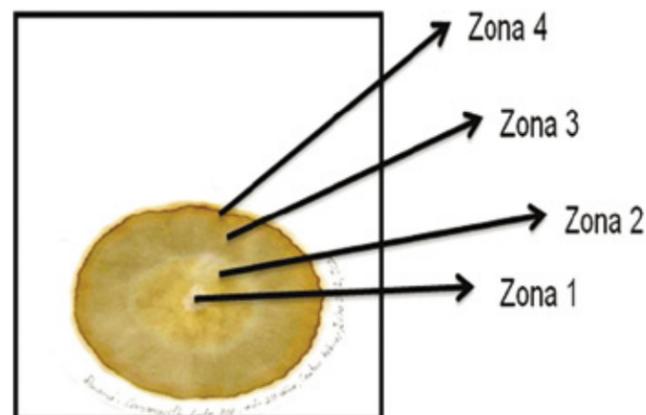


Figura 47. Áreas de un cromatograma

En la figura 47 el área o zona 1 va a indicar si existe aireación y nitrógeno, ya sea sintético o biológico, el área 2 permite conocer si existe presencia de minerales, el área 3 nos va a indicar la materia orgánica y el grado de descomposición y finalmente, el área 4 la presencia de microorganismos.

La cromatografía posee 4 membranas:

La primera membrana representa la presencia de nitrógeno y la aireación. Este va a permitir saber si el nitrógeno presente es sintético o es biológico. La cromatografía va a indicar un blanco intenso, si el nitrógeno que está presente es sintético y si es nitrógeno biológico presenta un blanco más oscuro.

La importancia de la determinación de nitrógeno en el suelo, radica en que si la cromatografía indica que la mayor parte del nitrógeno que está presente en un suelo es sintético, se va a tener una plantación más susceptible al ataque de plagas y enfermedades. Por eso es importante que en el momento que aparezca el ataque de alguna plaga o enfermedad, se reduzca la cantidad de nitrógeno.

Cuando un suelo tiene problemas de aireación o de oxígeno se va a reflejar según el contenido de hierro; por ejemplo, cuando este elemento se encuentra por encima de 5 ppm, el contenido de minerales y pH disminuye, mientras que los contenidos de aluminio aumentan.

La segunda membrana indica los minerales presentes y cada mineral tiene un color. Para que exista una buena cantidad de minerales, esta membrana tiene que tener diferentes coloraciones. Si por el contrario, la membrana presenta un color homogéneo, esto nos va a indicar que a ese suelo le hacen falta minerales. Este análisis sirve para realizar una comparación con el análisis químico.

La tercera membrana es la cantidad de materia orgánica presente en el suelo. Este debe de ir en asociación con el aporte de microorganismos para que se dé el proceso de descomposición. La materia orgánica mejora la porosidad del suelo. Se recomienda compostear en un tiempo aproximado de mes y medio. La relación de carbono-nitrógeno de 3:1.

La cuarta membrana es la que representa los microorganismos como actinomicetos, bacterias, hongos. Es decir, la vida que tiene del suelo. Estos microorganismos quelatan los minerales y mejoran

la aireación. Si existe una buena oxidación-reducción, esto nos va a indicar la disponibilidad de los elementos y la calidad.

En la cromatografía, si no hay presencia de microorganismos, se puede observar la presencia de anillos.

¿Qué se busca, entonces en un cromatograma?

Se busca la lectura de la vida, o mejor, de la "calidad de vida del suelo" en determinado momento.

Así es posible saber, si un determinado mineral está en armonía con la materia orgánica, pH, biodiversidad de microorganismos o grado de oxidación/reducción de enzimas, vitaminas y proteínas, y como se puede alterar positivamente la situación encontrada para alcanzar esta meta.

La presencia esencial de pequeñas cantidades de minerales permite activar enzimas, vitaminas y otras estructuras.

En el suelo, cada mineral tiene un color característico que al combinarse con los factores de meteorización, fermentación y respiración resultan en color específico por lo cual se puede medir su fertilidad y calidad.

Patrones de fertilidad

De acuerdo con la figura 48, de derecha a izquierda se pueden observar patrones bajos, medios y altos de fertilidad.

En la primera foto se puede observar que en ese suelo no hay presencia de minerales. Además se observa la presencia de nitrógeno sintético y materia orgánica sin descomponer. Los anillos indican, que no hay presencia de microorganismos. Por esa razón, se presenta la coloración oscura, ya que no hay microorganismos descomponedores. Este corresponde a un suelo de fertilidad baja.

En la segunda foto que corresponde a un suelo con fertilidad media, se observa ya la presencia de minerales, esto se puede apreciar de acuerdo con las diferentes coloraciones. Un suelo en estas condiciones va a mejorar la CICE. La capacidad de intercambio catiónico CICE, que se refiere a la capacidad que tiene el suelo para que los elementos se encuentren disponibles para las plantas. Esta capacidad se debe encontrar entre 12-25. Hay que tener cuidado con las altas aplicaciones de calcio, para no crear un desbalance entre bases como el calcio, el magnesio y el potasio.

La tercera foto corresponde a un suelo con una fertilidad alta, donde la materia orgánica se fue descomponiendo. De ahí que se adquirió una coloración más clara, gracias a que se fue inoculando con microorganismos que se encargaron de realizar el proceso de descomposición.



Figura 48. Patrones de fertilidad

16.4. ¿Qué es el Biofermento?

Es el proceso de fermentación de forma anaeróbica de estiércol de animales; este puede ser sustituido por pasto fermentado. Se podría decir que consiste en una estrategia para aprovechar el estiércol de los animales, los cuales son sometidos a un proceso de fermentación anaeróbica que da como resultado un fertilizante foliar que contiene principios hormonales vegetales (auxinas y giberelinas).

Este fertilizante foliar se puede utilizar en drench, mejora las raíces absorbentes de las plantas, por lo que mejora la nutrición y mejora las condiciones del suelo.

16.4.1. ¿En qué se utilizan los Biofermentos?

El biol, puede ser utilizado en una gran variedad de plantas, sean de ciclo corto, anuales, bianuales o perennes (gramíneas, forrajeras, leguminosas, frutales, hortalizas, raíces, tubérculos y ornamentales),

Con las aplicaciones dirigidas al follaje, al suelo, a la semilla y/o a la raíz; mejora los rendimientos en biomasa, la floración y la calidad de los productos.

16.4.2. Las dosis de biofertilizantes

En plantaciones de tres años en adelante las dosis de los biofertilizantes en frutales 20-25 litros por hectárea, en café 30-40 litros, las aplicaciones se deben hacer en horas frescas por las mañanas o tardes.

En plantaciones pequeñas las dosis van entre 10-15 litros por hectárea y en plantaciones recién trasplantadas se baja la dosis a 5 litros por hectárea con buenos resultados.

16.4.3. Tipos de Biofertilizantes

- Biol
- Caldo bacteriano
- Microorganismos benéficos
- Purines

Diferentes técnicas de los biofertilizantes:

Biofertilizante básico (insumos para un estañon de 200 l) :

- 20 Kg. de estiércol fresco de rumiante (vaca)
- Pasto fermentado
- 1 galón de melaza (jugo de caña, azúcar)
- 3 litros de leche cruda (sin hervir)
- 0,5 Kg. de levadura
- 1 galón de microorganismos benéficos

Cuando se utiliza estiércol se tiene que dar un proceso de maduración de 15-22 días, y cuando se utilizan sales a los cinco días ya se puede utilizar.

Biofertilizante enriquecido:

Se utiliza estiércol, pasto fermentado, levaduras y melaza, más sales como sulfatos de calcio, magnesio, de manganeso, de hierro y de zinc. Estas sales son las que son más rápidas de asimilar por parte de las plantas, aparte que los microorganismos se encargan de quelatar estos elementos y hacerlos más disponibles para la planta.

Si se requiere una respuesta rápida se debe aplicar biofertilizante con sales, ya que con este tipo de biofertilizante se pueden hacer medidas correctivas.

Los ingredientes son los siguientes:

- 180-190 l de agua limpia, que no sea del acueducto porque tiene cloro
- 0,5 k de ácido cítrico como agente quelatante
- 10-15 k de sulfato de potasio
- 5 k de sulfato de magnesio
- 5 k de sulfato de zinc
- 250-500 grs de sulfato de hierro
- 250-500 grs de sulfato de manganeso
- 1 k de boro (bórax)
- 2 k de sulfato de calcio
- 10 k de harina de roca
- 20 l de té de lombriz.

Biofertilizante Supermagro Colombia: Es un biofertilizante que es la mezcla de los dos anteriores. En este se está aportando materia orgánica y elementos biológicos y con el otro se aporta las sales.

Abonos orgánicos: Es el proceso de fermentación que hay que darle a una materia. En él es muy importante la relación carbono-nitrógeno.

Harinas de rocas: Utilizadas en Brasil y México, estas lo que cumplen es la re mineralización del suelo. Según análisis estos tienen de 18-19 elementos.

El purín: Trabaja con la parte sólida y la parte líquida. Se pone en un recipiente 50% y 50% de agua y se deja fermentar por 7 días con microorganismos.

16.4.4. Recipientes de Biofertilizantes

Se recomienda un sistema cerrado, como se puede observar en la figura 49, donde exista una válvula por donde salga el gas y un sello de agua, para que adentro se dé el proceso de fermentación. Se debe colocar una llave de paso, para sacar el producto que se necesita. Este sistema debe ser completamente anaeróbico.



Figura 49. Sistema completamente anaeróbico

Se probaron varios sustratos con el fin de que el sistema resultara más amigable con el ambiente, se utilizaron materiales como ceniza, carbón y otros, para determinar cuál fijaba más carbono y liberaba más oxígeno. La ceniza fue la que mostró mejores resultados ya que fijaba más carbono. Por tal razón, se recomienda colocar tres o cuatro centímetros en la base de la botella, para que el carbono sea fijado y se produzca liberación de oxígeno.

Materiales que se requieren para la elaboración del recipiente (figura 50)

- 1 estañon plástico limpio con tapa hermética ancha y aro de metal
- 1 envase plástico de 2 litros (botella desechable)
- 1 metro de manguera verde transparente de 3/4 de pulgada
- 1 adaptador hembra PVC de 1/2 pulgada
- 1 adaptador macho PVC de 1/2 pulgada
- 1 trozo de hule de neumático
- 13 cm de tubo PVC de 1/2 pulgada

Estañon plástico con tapa hermética y aro de metal.

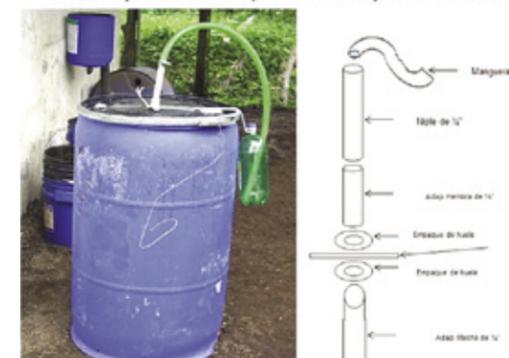


Figura 50. Materiales para la elaboración de recipiente

A continuación, el cuadro 17 muestra un análisis químico realizado a abonos orgánicos enriquecidos con fuentes minerales.

Cuadro 17. Análisis químico de biofertilizantes enriquecidos con diferentes fuentes minerales

ANÁLISIS QUÍMICO DE ABONOS ORGÁNICOS										
Identificación	mg/kg	%					mg/kg			
	P	Ca	Mg	K	S	Fe	Cu	Zn	Mn	B
Mn y P	0,04	0,13	0,02	0,23	0,06	20	1	2	719	1
Ca y P	0,02	0,21	0,02	0,24	0,02	19	1	2	8	1
Mg y P	0,04	0,15	0,05	0,23	0,05	20	1	1	7	1

16.5. Compostaje

En términos generales el compostaje se puede definir como una biotécnica que permite ejercer un control sobre los procesos de biodegradación de la materia orgánica.

Un compost debe tener una altura de 1 metro y de ancho 80 cm para que alcance altas temperaturas en corto tiempo (figura 51). El volteo del material se realiza para que este no alcance temperaturas que puedan llegar a afectar o matar los organismos benéficos. Un compost debe estar entre 70-80 % de humedad.



Figura 51. Camas de material para compostear

16.5.1. Relación Carbono-Nitrógeno (C/N)

Cuando se realiza un compost hay tener material vegetal y material animal.

Un material que presente una relación C/N superior a 30, requerirá para su biodegradación un mayor número de generaciones de microorganismos, y el tiempo necesario para alcanzar una relación C/N final entre 12-15 (considerada apropiada para uso agronómico) será mayor. Si el cociente entre estos dos elementos es inferior a 20, se producirán pérdidas importantes de nitrógeno.

Los residuos de ORIGEN VEGETAL, presentan por lo general una RELACIÓN C/N ELEVADA.

Los residuos de ORIGEN ANIMAL presentan por lo general UNA RELACIÓN C/N BAJA.

Si se utiliza por ejemplo, estiércol de ganado y aserrín. La relación (C/N) debe ser 1:3. Se utilizan 3 sacos de estiércol y uno de aserrín de maderas blancas.

De acuerdo con la figura 52, de izquierda a derecha. Se puede observar la falta de elementos minerales en el compost, por lo que se suplió de harinas y se elevó la cantidad de microorganismos. Las cromatografías se realizaron a la 1, 2, 3 y 4 semana. Los cambios se fueron notando a medida de que se evidenció la presencia de diferentes coloraciones característica de los minerales y se observó una coloración más clara de la materia orgánica en proceso de descomposición.

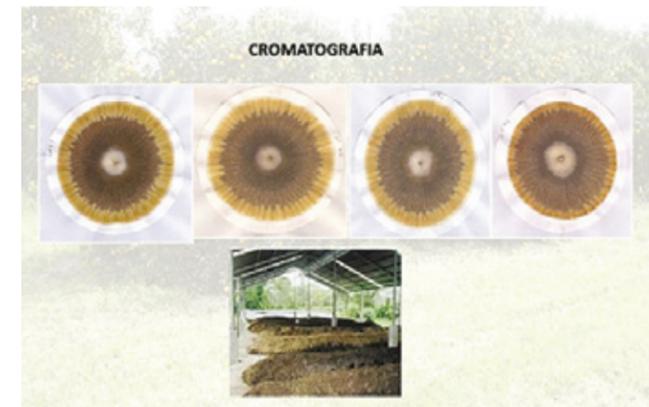


Figura 52. Análisis de una cromatografía de un compost a la 1, 2, 3 y 4 semana

Los colores oscuros es presencia de materia orgánica que aún no está disponible para las plantas.

16.5.2. Aporte de minerales al compost

Para el compost se recomienda la aplicación de 1 kg de harina de roca por cada saco de estiércol (50 kg) agregado (2% del volumen).

La frecuencia de aplicación en cultivos de ciclo corto es de todas las semanas, en cultivos como la fresa y chile. En frutales, se recomienda una vez al mes como mínimo. Esto va a depender del resultado de la cromatografía. Se pueden realizar inoculaciones con microorganismos por un lapso de tres meses y posteriormente se reducen a un mes. Es importante considerar la fenología del cultivo.

16.6. Lombricompost

El té de lombriz es muy importante, porque ayuda a degradar la materia orgánica. La humedad y temperatura deben tener un balance.

El cuadro 18 muestra la composición del humus de lombriz:

Cuadro 18. Composición de humus de lombriz

Humedad	30 - 60%
Ph	6,8 - 7,2
Nitrógeno	1 - 2,6%
Fósforo	2 - 8%
Potasio	1 - 2,5%
Calcio	2 - 8%
Magnesio	1 - 2,5%
Materia orgánica	30 - 70%
Carbono orgánico	14 - 30%
Ácidos fúlvicos	14 - 30%
Ácidos húmicos	2,8 - 5,8%
Sodio	0,02%
Cobre	0,05%
Hierro	0,02%
Manganeso	0,006%
Relación C/N	10 -11%

Para colocar las lombrices, se puede disponer de una batea de 1 m de ancho por 1 m de altura, por 10 m de largo, con un desnivel y forrado de plástico negro, para ir colocando el desecho. En este espacio se puede fabricar entre 100-200 sacos de abono.

Las lombrices se comen su peso vivo por día, lo que se recomienda es pesar para saber cuánto alimento se les debe suministrar. El alimento se debe de colocar en lomillos.

Las lombrices se multiplican cada 45-60 días.

16.6.1. Condiciones ambientales para su desarrollo

Riego: Los sistemas de riego empleados son el manual y por aspersión. En invierno una vez cada 15-20 días con una humedad en torno al 75% y la temperatura no superior a los 32 °C.

Aireación: Es fundamental para la correcta respiración y desarrollo de las lombrices. Si la aireación no es la adecuada el consumo de alimento se reduce; además, del apareamiento y reproducción debido a la compactación.

Alimentación: El alimento que se les proporcionará será materia orgánica parcial o totalmente descompuesta. Si no es así las elevadas temperaturas generadas durante el proceso de fermentación (hasta 75 °C), matarán a las lombrices.

Suministro de alimentos: En condiciones térmicas óptimas se añadirán entre 20 y 30 Kg de alimento por lecho, en una capa de 10-15 cm. cada 10-15 días, cuyo principal objetivo es mejorar la aireación y en el supuesto de que alguna porción del alimento no estuviera totalmente fermentada.

16.7. Importancia de la materia orgánica

Un descubrimiento reciente en la medicina es que una molécula de ácido fúlvico puede "quelatizar" simultáneamente 67 moléculas de fármacos aumentando su eficacia al mismo tiempo que disminuye sus impactos y efectos colaterales sobre el organismo, al disminuir la dosis, facilitando y barateando el tratamiento. Esta es de cadena sencilla, por lo que se puede lavar muy fácilmente.

Se especula que, por su complejidad, las otras dos fracciones (ácidos húmicos y ácidos himatome-lánicos pueden quelatizar una cantidad muchísimo mayor de moléculas,

- 1 molécula de ácido húmico más de 350 moléculas, este tiene dos cadenas y
- 1 molécula de ácido himatomelánico más de 3500 moléculas, son de cadena triple.

Estas moléculas dependen de la calidad de descomposición que exista en el proceso. No hay que abusar de los ácidos, porque tienden a solubilizar los elementos y se da la pérdida de bases Ca, M, K, que convierten el suelo muy ácido y se reduce la capacidad de intercambio catiónico CICE.



Figura 53. Aporte de materiales al compost o gallinaza

De acuerdo con la figura 53, en el sustrato solo se puede observar una gran cantidad de nitrógeno, materia orgánica oscura aún sin descomponer. A los ocho días, se agregaron las harinas de rocas en una relación de un saco de gallinaza por un kilo de remineralizador y microorganismos: el nitrógeno se redujo, la harina de roca generó la presencia de minerales y la materia orgánica se empezó a descomponer. A los 15 días, se observó la presencia más marcada de minerales en la membrana.

La relación de microorganismos para agregar es de 20 litros de caldo por cada tonelada. Es decir, 2 galones de microorganismos en 200 litros de agua. Los microorganismo de montaña MM se realizan mediante la recolección de mantillo. Se recoge medio saco de mantillo o de microorganismos autóctonos. Posteriormente, se colocan en medio estañon de agua 100 litros, hasta llegar después a los 180 litros. A este estañon se le agrega 1 galón de microorganismos de cualquier casa comercial.

16.8. Aspectos generales sobre los ingredientes

Levadura

- Es una fuente importante de microorganismos;
- acelera la fermentación: se aconseja disolverla en la misma agua con melaza, con la que humedecemos el material;
- el usar la levadura como fuente de inoculación evita utilizar el manto de tierra virgen;
- la levadura es la clave en suministro de microorganismos junto con el estiércol.

Melaza o miel de purga

- Principal fuente energética para la fermentación;
- trabaja como un "disparador" en el proceso de la degradación, cabe destacar que no aporta microorganismos;
- facilita la multiplicación de microorganismos;
- es rica en potasio, calcio, magnesio y boro;
- se recomienda aplicar diluida en agua.

Agua

En agricultura orgánica es muy importante conocer la fuente del agua. En lo posible, se recomienda utilizar agua de quebradas, riachuelos, nacederos, y evitar el agua del acueducto por su concentración de cloro, con capacidad antibacterial.

Estiércol

El estiércol y los orines son las excretas de animales, que durante el proceso de descomposición colaboran en la población microbiana. Se recomienda que la excreta esté lo más fresca posible.

La calidad depende de i) el tipo de animal, ii) la alimentación y iii) el manejo.

17. Literatura consultada

Garbanzo, M. 2011. Cultivo de aguacate. Buenas prácticas de cultivo variedad Hass. 2 ed. San José. 96 p.

M.A.G. (Ministerio de Agricultura y Ganadería) 1992. Manual de viveros frutícolas. San José. pp 7-20

En Costa Rica, el Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA) es el responsable de la ejecución técnica del proyecto PRIICA. Esta labor es acompañada por la Oficina del IICA en Costa Rica, como cooperante técnico y administrador.

El contenido de este documento es netamente responsabilidad de quienes las emitieron. Las opiniones que esta publicación expresa no reflejan necesariamente las opiniones de la Unión Europea, el IICA o el Programa PRIICA.

www.iica.int

www.inta.go.cr

www.priica.sictanet.org



UNIÓN EUROPEA



PROGRAMA REGIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN POR CADENAS DE VALOR AGRÍCOLA

Innovación para la seguridad alimentaria y nutricional en Centroamérica y Panamá