

21076



República de Colombia



Ministerio de Agricultura
y Desarrollo Rural

BIBLIOTECA AGROPECUARIA
DE COLOMBIA



El Aguacate

Manejo Integrado del Cultivo

Jaime Morales González

Víctor Hugo Morales Núñez

Jairo López González

BOLETIN TECNICO

BUCARAMANGA, 2005

CONTENIDO

	Pág.
PRESENTACION	5
INTRODUCCION	5
1. IMPORTANCIA DEL AGUACATE	9
1.1 ORIGEN DEL AGUACATE	9
1.2 DISTRIBUCION GEOGRAFICA	9
1.3 IMPORTANCIA DEL AGUACATE EN LA SALUD HUMANA	9
1.4 IMPORTANCIA SOCIOECONOMICA	10
1.5 PAISES PRODUCTORES	10
2. GENETICA DEL AGUACATE	10
2.1 TAXONOMIA	10
2.2 RAZAS DE AGUACATE	11
3. CULTIVARES Y PORTAINJERTOS	11
3.1 PRINCIPALES CULTIVARES	12
3.1.1 Cultivares Subtropicales	12
3.1.2 Cultivares Tropicales	13
3.1.3 Cultivares Criollos	14
4. PROGRAMAS DE MEJORAMIENTO GENETICO DEL AGUACATE	
UNIVERSIDAD DE CALIFORNIA RIVERSIDE (E.U.)	15
4.1 FUNDACION SALVADOR SANCHEZ COLLIN - CITAMEN MEDICO	15
4.2 VOLCANI CENTER - ISRAEL	16
5. PROPAGACION - PORTAINJERTOS	16
5.1 PORTAINJERTOS PARA TOLERANCIA A <i>Phytophthora cinnamoni</i>	16
5.2 INFLUENCIA DEL PORTAINJERTO SOBRE LA CALIDAD DEL FRUTO	18
6. FISIOLOGIA REPRODUCTIVA DEL AGUACATE	18
6.1 FACTORES QUE PROMUEVEN LA FLORACION	18
6.2 FENOLOGIA DE LA FLORACION	18
6.3 ALTERNATIVA REPRODUCTIVA	20
7. RENDIMIENTO	20

	Pág.
8. MANEJO DEL RIEGO	22
8.1 AMBIENTE DEL HUERTO	22
8.2 NECESIDADES DE RIEGO	23
8.3 METODOS DE RIEGO	23
9. NUTRICION	24
9.1 MANEJO DE LA FERTILIZACION	24
9.2 INTERACCIONES - FERTILIZACION	25
9.3 EPOCA Y METODOS DE APLICACION	25
9.4 FERTIRRIGACION	26
9.5 FUNCIONES DE LOS NUTRIENTES	28
9.6 FERTILIZACION SOLAR	29
9.7 FERTILIZACION Y CALIDAD DEL AGUACATE	29
10. PRINCIPALES PLAGAS DEL AGUACATE DE IMPORTANCIA ECONOMICA	30
10.1 TRIPS	30
10.2 BARRENADOR DE RAMAS	31
10.3 BARRENADOR DE LA SEMILLA	32
10.4 PERFORADOR DEL FRUTO	32
10.5 GUSANO ENROLLADOR DE LA HOJA	34
10.6 ACAROS	34
10.7 LEPIDOPTEROS DESFOLIADORES	34
11. ENFERMEDADES	35
11.1 ENFERMEDADES DEL FRUTO	38
11.2 ENFERMEDADES DE LA RAIZ	39
12. INDICES DE MADUREZ	44
13. COSECHA	45
13.1 POSCOSECHA	45
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	46



PRESENTACION

En Colombia en los últimos años, el cultivo del aguacate ha adquirido un gran auge, el cual se ha hecho evidente con el aumento de áreas destinadas a su siembra. Esta actividad se muestra como una alternativa importante para contribuir a solucionar problemas de tipo social y económico, así como al deterioro de los recursos naturales, debido a la creciente demanda en mercados nacionales e internacionales.

El crecimiento mostrado por el sector frutícola, además de impactar positivamente en los aspectos productivos del nivel regional y local, también ha sido fundamental para el desarrollo socioeconómico de las zonas productoras. Lo anterior se sustenta principalmente en indicadores como la potencialidad para la generación de empleo rural, la posibilidad de obtener ingresos agropecuarios no tradicionales, la identificación de alternativas sostenibles para espacios con problemas de degradación de recursos naturales, especialmente suelo y agua.

Teniendo en cuenta lo antes expuesto, la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA y el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, han unido sus esfuerzos y conocimientos para producir el Boletín Técnico "Manejo Integrado del Cultivo del Aguacate", en el cual se presenta la información dirigida a técnicos, estudiantes y productores, para ayudarlos a solucionar las deficiencias tecnológicas sobre el manejo, producción y cosecha, tendientes a mejorar la producción y por ende, hacer la actividad frutícola más eficiente, rentable y sostenible.

La información aquí presentada es el resultado tanto de las experiencias obtenidas en el país, como aquella desarrollada en otras regiones productoras del mundo, especialmente en México y Estados Unidos.

JAIME MORALES GRANADOS
Investigador Corpoica Bucaramanga

INTRODUCCION

El Aguacate, *Persea americana*, es una de las frutas más populares y de consumo generalizado en el país, con grandes perspectivas para ubicarse entre los principales productos no tradicionales de exportación dadas las ventajas de los precios y el nivel de demanda del mercado internacional.

La producción de aguacate en Colombia, con excepción de aquella cosechada en algunos huertos tecnificados establecidos en los últimos años, se caracteriza por una gran heterogeneidad de formas, tamaños, colores y calidad en razón de provenir de plantas a pie franco, empleadas como sombra para los cultivos de café y cacao, así como de huertos caseros.

El aguacate criollo aún predomina en la mayor parte de las regiones productoras del país, el cual se maneja sin ninguna técnica; sus períodos de cosecha son definidos, causando por consiguiente la caída de los precios; hay calidades buenas, regulares y malas.

Colombia día a día encuentra las posibilidades que brinda el cultivo del aguacate en extensas zonas, con climas que van desde el cálido hasta el templado. Se ha adquirido conciencia que con la siembra de variedades mejoradas y manejo técnico integral, es posible obtener una producción por períodos más largos y por consiguiente, una mejor comercialización del producto y mejores precios.

1. IMPORTANCIA DEL AGUACATE

1.1 ORIGEN DEL AGUACATE

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

1.2 DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

Después del descubrimiento de América y de la conquista de México, Centro América, Colombia y Perú el aguacate se distribuyó a otros lugares del mundo (Cuadro 1).

Cuadro 1. Distribución del aguacate de América hacia el mundo

PAIS	AÑO	PAIS	AÑO	PAIS	AÑO
España	1600	Hawai	1810	Filipinas	1890
Jamaica	1650	Senegal	1824	India	1892
Cuba	1700	Singapur	1830	Zanzibar	1892
Ghasa	1750	Florida	1833	Mali	1892
Barbados	1751	California	1848	Sudafrica	1904
Mauritus	1780	Australia y Chile	1850	Nueva Zelanda	1910
Madagascar	1802	Uganda	1856	Israel	1931
Brasil	1809	Egipto	1870	Turquia	1932

1.3 IMPORTANCIA DEL AGUACATE EN LA SALUD HUMANA

El consumo del aguacate tiene efecto en la disminución del colesterol, al promover un aumento en las lipoproteínas de alta densidad, reducción en triglicéridos y en niveles de insulina en ayuno (J. Carranza. IV Congreso Mundial del Aguacate).

El fruto, las hojas y las semillas se utilizan en medicina natural para eliminar microbios y parásitos, contra la disentería y algunos desarreglos digestivos. Se dice que la energía proteínica del fruto y la combinación con las vitaminas y sales minerales le dan propiedades afrodisíacas.

Cuadro 2. Análisis de 100 gramos de pulpa de aguacate Hass

Contenido	Cantidad	Contenido	Cantidad
Fibra	0.4 g	Vitamina C	15.00 mg
Carbohidratos	5.9 g	Vitamina E	1.53 mg
Proteínas	1.8 g	Vitamina B6	0.25 mg
Grasa total	18.4 g	Folate	10.00 %
Acidos grasos:		Acido pantotenico	0.87 mg
Saturados	3.0 g	Calcio	24.0 mg
Monosaturados	8.9 g	Hierro	0.5 mg
Poliinsaturados	2.0 g	Magnesio	45.0 mg
Retinol (A)	17.0 mg	Sodio	4.0 mg
Tiamina	0.1 mg	Potasio	604.0 mg
Riboflavina	0.1 mg	Zinc	0.42 mg
Niacina	1.8 mg	Kilocalorías	181.0 Kc

1.4 IMPORTANCIA SOCIOECONÓMICA

Producción Mundial. La importancia socioeconómica del cultivo del aguacate se debe al beneficio que aporta a productores, comerciantes, industriales y consumidores. Los huertos generan empleo al demandar mano de obra para las diferentes labores como podas, riego, manejo fitosanitario, cosecha, transporte, selección, empaque y ventas.

En 1997 se produjeron aproximadamente 2.3 millones de toneladas. La importancia del aguacate en el mercado internacional ha crecido sostenidamente al dejar de ser una fruta exótica para incorporarse en la dieta de muchos países. La producción mundial se ha incrementado en 550.000 toneladas durante los últimos 15 años. El aguacate tiene gran mercado como consumo en fresco y también en la industria de aceite, cosméticos, jabones, champú y productos procesados como guacamole, pastas y productos congelados.

1.5 PAÍSES PRODUCTORES

Cuadro 3. Principales países productores de aguacate

PAÍS	MILES DE TONELADAS	%
México	782	34.0
Indonesia	227	9.9
Estados Unidos	177	7.7
República Dominicana	154	6.7
Brasil	108	4.7
Israel	85	3.7
Otros	767	33.3
TOTAL	2.300	100.00

Fuente: (FAOSTAT Database results, 1990 - 1996).

Principales Países Importadores. El principal país importador es Francia, que absorbe el 39% de las importaciones mundiales; Estados Unidos compra el 10% para redistribución. Los líderes del comercio internacional del aguacate son Sudáfrica, Israel y España. México exporta hacia E.U.

y Europa; Japón ha comenzado a importar grandes volúmenes.

2. GENÉTICA DEL AGUACATE

México es uno de los países con amplia diversidad de tipos y existen en este país al menos veinte (20) especies diferentes relacionadas con el aguacate. La gran variabilidad puede deberse a las diferentes condiciones ambientales existentes en el territorio nacional ya que la naturaleza ha conferido al aguacate mecanismos que facilitan su cruzamiento con otros tipos que incrementan la variabilidad genética y amplían la adaptación a un mayor número de ambientes (Bergh, 1992).

Los recursos genéticos del aguacate son una fuente única de genes (caracteres) que pueden utilizarse para el mejoramiento genético de cultivares, portainjertos. Estos recursos han desaparecido muy rápido en las últimas décadas debido a factores como el cambio en el uso del suelo, sequías e incendios, factores que han traído gran devastación. La deforestación se ha acelerado dramáticamente en los trópicos. A las tasas actuales, los países en desarrollo perderán cerca del 40% de su cubierta forestal entre 1978 y la vuelta del siglo (Westoby, 1989). Todos estos resultados llevan a lo que se conoce como erosión genética.

2.1 TAXONOMÍA

El aguacate pertenece al género *Persea* y a la familia Lauraceae. El género *Persea* se divide en dos subgéneros: *Persea* y *Eriodhapne* (Koop, 1966), que se diferencian por la pubescencia de la cara interior de los sépalos. *Persea* tiene ambas caras pubescentes y en *Eriodhapne* la cara interna es sin pubescencia. *Persea ame-*



ricana Mill pertenece al subgénero *Persea*, que se conoce como el de los verdaderos aguacates.

2.2 RAZAS DE AGUACATE

Se conocen tres razas de aguacate; Mexicana, Guatemalteca y Antillana. Actualmente se considera a las tres razas dentro de la especie *Persea americana* Mill. La raza Mexicana tiene como principal ventaja la resistencia al frío, así como su alto contenido de aceite y el olor a anís de sus hojas. La raza Guatemalteca presenta cáscara bastante gruesa, lo que da resistencia al transporte. El tamaño es pequeño y redondo. La raza Antillana se adapta al clima tropical y es usado como patrón por su tolerancia a enfermedades y a condiciones adversas de suelo y clima.



3. CULTIVARES Y PORTAINJERTOS DE AGUACATE

Los árboles de aguacate procedentes de injerto están conformados por dos partes: la copa y la raíz. La copa tiene su origen del cultivar injertado y también forma parte del tallo o tronco, mientras que la raíz la aporta el portainjerto y también contribuye con parte del tronco.

Dentro de los programas de mejoramiento genético de aguacate se están obteniendo nuevos cultivares que cada vez se asemejan más al cultivar Hass, entre estos programas se encuentran los de California (E.U.), México, Israel y Sudáfrica. Los cultivares más importantes en la actualidad han surgido de plantas sembradas a pie franco (semilla sexual) los cuales fueron elegidos debido a sus atributos por dueños, exploradores e investigadores.

De esta forma surgieron en el mundo los dos principales cultivares "Fuerte" y

"Hass", y en la actualidad no han obtenido un cultivar que reemplace a estos dos. En México y California la principal variedad cultivada es "Hass", mientras que en Israel y Sudáfrica es "Fuerte".

Para los portainjertos, se buscan atributos que confieran principalmente una buena adaptación al árbol y que resulte en una buena unidad productiva. Su elección es de mucha importancia ya que de ello depende el éxito o fracaso de una plantación. A partir de 1970, se inició la técnica de propagación clonal de portainjertos seleccionados en plantaciones comerciales que le confieran al árbol adaptación a condiciones adversas del suelo (Brokaw, 1977).

Los portainjertos clonados son utilizados actualmente en California, Israel y Sudáfrica. En otros países como México y Brasil, la utilización de portainjertos de

este tipo no es común, ya que utilizan semillas de origen local que han dado resultados satisfactorios.

La selección de portainjertos deseables para una región determinada permitiría la posibilidad de obtener uno que exprese un potencial productivo superior a los utilizados de semillas que presentan variabilidad genética y dan una productividad variable. El uso de portainjertos seleccionados permite obtener cultivos uniformes de características de interés.

3.1 PRINCIPALES CULTIVARES

Los árboles de aguacate se adaptan de acuerdo con su ascendencia en las diferentes razas.

3.1.1 Cultivares Subtropicales

HASS. Es el primer cultivar comercial en el mundo. Originario de California, seleccionado por Rudolph G. Hass en 1920 y patentado en 1935. De progenitores desconocidos (muy posiblemente guatemalteco).



El fruto pesa entre 170 y 350 gramos, de pulpa cremosa, sabor excelente, sin fibra, contenido de aceite de 23.7%, cáscara rugosa, color púrpura oscuro al madurar, semilla pequeña y adherida a la cavidad, es muy buen productor y el fru-

to se puede mantener en el árbol por varios meses después de madurez fisiológica. Tiene flor tipo "A", el cual tiene su primera apertura como hembra en la mañana y su segunda apertura como flor macho a la tarde del día siguiente.

Los nuevos cultivares, en su mayoría, provienen de la combinación de dos y en ocasiones de las tres razas de aguacate. En el caso de Hass cuenta con un 10 - 15 % de genes de raza Mexicana y el resto de la raza Guatemalteca (Bergh y Ellstrand, 1986) Este cultivar se adapta desde 1.500 hasta 2.500 m.s.n.m., esta gran variación permite cosechar fruta todo el año (Gallagos, 1983).

FUERTE. Originario de México, Atlixco, Puebla, colectado en 1911 por Carl Schmidt en el solar del señor Alejandro Le Blanc (Noriega, 1948). Se dice que es un híbrido entre la raza Mexicana y Guatemalteca. El fruto pesa entre 227 a 397 gramos, su forma es piriforme, cáscara verde, de grosor medio, pulpa de color amarillo, de muy buen sabor y alto contenido de aceite (18%). El árbol posee alternancia en la producción de flor tipo B.



BACON. Originario de California (E.U.), seleccionado por James Bacon. Es un híbrido Mexicano - Guatemalteco. El fruto pesa entre 198 - 340 gramos, ovoide, cásc-

cara verde oscuro, lisa, delgada, pulpa de color amarillo-verde pálido, de buen sabor, contenido medio de aceite y excelente productor. Su tipo de flor es "B".

COLIN V-33. Originado de México, seleccionado por Salvador Sánchez Colín, de una población segregante de polinización libre de "FUERTE" sembrada en 1957 (Sánchez, 1987). El fruto pesa 350 gramos; forma piriforme; cáscara verde oscuro, ligeramente rugosa, pulpa de color verde - amarillo pálido, de muy buen sabor y alto contenido de aceite; semilla muy pequeña adherida a la cavidad. Se considera enano el árbol que a los 16 años alcanza dos metros de altura. Como patrón es enanizante; tiene flor tipo "B".



REED. De origen Californiano (E.U.). La fruta es redonda de 226 a 283 gramos, cáscara gruesa y de color verde, de muy buen sabor, de contenido de aceite de 18 a 20%, la fruta permanece en el árbol después de la maduración fisiológica. Su flor es tipo "A".



PINKERTON. Originada en Ventura, California (E.U.), seleccionada por Jhon Pinkerton, patentado en 1975. El fruto pesa 300 gramos; piriforme, color verde oscuro, cáscara rugosa, semilla muy pequeña y pegada a la cavidad; pulpa de color crema y de muy buen sabor. Árboles muy productivos. Flor tipo "A".

GWEN. Originada en la Universidad de California Riverside, seleccionada por el Dr. Bob. O. Bergh, liberada en 1982, proviene de Hass y tiene genes de raza mexicana.

El fruto pesa entre 198 y 453 gramos, color verde oscuro, cáscara verde rugosa, semilla muy pequeña y pegada a la cavidad, pulpa de muy buen sabor. Árboles el doble de productivos a Hass. Flor tipo "A".

3.1.2 Cultivares Tropicales

BOOTH - 8. Originado en la Florida, seleccionado por William Booth y liberado en 1935. Proviene de una semilla de polinización libre de un tipo Guatemalteco (probablemente cruzado con antillano).

El fruto pesa entre 397 y 510 gramos, oblongo ovalado, cáscara verde mate gruesa y rugosa, contenido de aceite entre 6 y 8 %. Árbol muy productivo.



CHOQUETTE. Originado en Miami, seleccionado por R. D. Choquette y liberado en 1939. Guatemalteco X Antillano. El fruto pesa entre 850 y 1130 gramos, de forma oval, cáscara casi lisa y brillante, verde oscuro y coriacea; pulpa amarilla, semillas de tamaño medio, contenido de aceite de 13%, de muy buena calidad. Resistente a enfermedades comunes del fruto y el árbol alterna su producción.

3.1.3 Cultivares Criollos

El aguacate criollo por ser una especie polimorfa y por su sistema de propagación por semilla sexual, presenta gran variedad de características como: Tamaño de la hoja, tamaño y forma del fruto, coloración del fruto, calidad, tamaño del árbol, tolerancia o susceptibilidad a las principales enfermedades y plagas de importancia económica.

La característica de variabilidad de la población da la oportunidad a técnicos fitomejoradores de seleccionar árboles con características deseables en productividad, calidad, precocidad, y tolerancia a los principales problemas fitosanitarios de importancia económica.

Para la selección y caracterización de los mejores materiales criollos en cada uno de los municipios productores, San Vicente, El Carmen, Landázuri y Rionegro, se realizaron las siguientes actividades :

- Visita técnica a las zonas de producción de cada uno de los municipios
- Visita a cada una de las fincas en compañía del propietario concededor del cultivo
- Identificación y marca de los árboles más productivos y longevos de cada finca según el propietario.
- Evaluación agronómica de los árboles identificados.

- Caracterización morfoagronómica de los árboles seleccionados utilizando descriptores.
- Análisis de la composición de frutos de los materiales seleccionados
- Copia y multiplicación de los mejores árboles seleccionados mediante la injertación de yemas terminales utilizando el injerto de hendidura o ene (N).

El resultado es la obtención de variedades criollas, estandarizadas y homogeneizadas, en cuanto a forma del fruto, color, calidad, tolerancia a las principales enfermedades y plagas, con el fin de competir frente a las variedades introducidas presentes en el mercado nacional.

Además, se busca la conservación de germoplasma nativo como fuente de variabilidad y de preservación de genes criollos. Se seleccionaron los siguientes materiales genéticos:





Selección Rionegro Bambú



Selección San Vicente NA



Selección San Vicente UR



Selección Landázuri Abril 21



Selección Rionegro La Sulka



Selección Landázuri AMO

4. PROGRAMAS DE MEJORAMIENTO GENÉTICO DEL AGUACATE UNIVERSIDAD DE CALIFORNIA RIVERSIDE (E.U.)

Este programa es el más antiguo, se inició en los años treinta. Entre 1960 y 1980, recibió un gran impulso de parte del doctor Bob O. Bergh. En 1980 se lanzaron tres cultivares producto del programa: "Whitsell", "Esther" y "Gwen" (Bergh y Witsell, 1982). A partir de 1990 se obtuvieron cultivares de cáscara negra: "Lamb Hass" y "Sirprice".

4.1 FUNDACIÓN SALVADOR SÁNCHEZ COLLIN - CITAMEN MEXICO

Este programa de mejoramiento genético del aguacate es el segundo más antiguo (Sánchez y Barrientos, 1987). Ha liberado varios cultivares de cáscara verde: "Colin V-

101"; "Aguilar", "Rincoatl", "Colinmex" y "Colin V-33" (enano), además, se están evaluando varias selecciones. En la actualidad se tienen dos selecciones procedentes del ev "Hass" de cáscara negra: "Fundation II" y "Encinos" que presentan buenas características.

4.2 VOLCANI CENTER - ISRAEL

Desde este programa de mejoramiento genético se han liberado los cultivares "Iriel" (Lahav et al, 1989) y "Adi" (Lahav et al, 1992), derivados del ev Hass. La fruta es piriforme de 300 a 350 gramos, con cáscara color negro brillante, semilla pequeña y de sabor excelente.

5. PROPAGACIÓN - PORTAINJERTOS

El principal medio de propagación del aguacate es por injerto, el cual asegura la fiel reproducción de la variedad o copa seleccionada. Existen diferentes tipos de injertos entre los cuales se destacan: de púa terminal, de púa lateral, de bisel y en N.

El portainjerto o patín proporciona el sistema de anclaje o de sostenimiento del árbol mediante el sistema radicular. El patrón más utilizado en Santander es el aguacate común o criollo, que ha sido propagado por semilla en casi todas las zonas de producción. Su rusticidad le permite adaptarse a las más variadas condiciones de clima y suelo.

Se considera al portainjerto como la otra mitad del árbol, la cual se ha llamado la "mitad escondida", debido a la poca importancia que se le da a las raíces, no obstante constituya parte fundamental del sistema planta.

En el nivel mundial se han realizado estudios sobre la importancia de los portainjertos a diferentes factores como: tolerancia a enfermedades, a condiciones de clima y suelo, porte del árbol y sobre todo la productividad entre otros.

5.1 PORTAINJERTOS PARA TOLERANCIA A *Phytophthora cinnamomi*.

En California la enfermedad causada por el hongo *P. cinnamomi*, que ataca las raíces, apareció en 1940. A partir de esta época se inició la búsqueda de portainjertos que toleran dicha enfermedad. Los esfuerzos más grandes fueron realizados por el doctor Arthur Schroedor en su comienzo y posteriormente Dr. George A. Zentnyer de la Universidad de California en los Ángeles y Riverside respectivamente, quienes determinaron que existe resistencia a *P. cinnamomi* en algunas especies del subgénero *Eriodaphe* pero son incompatibles vegetativamente con el aguacate.

Otro logro del programa es la cierta tolerancia que se encontró en el material "Duque" que ha dado progenie superior, bajo condiciones de esta enfermedad; este material es "Duque 7", que es en la actualidad el portainjerto estándar mundial.

En Islas Canarias se ha encontrado que individuos locales de la raza Antillana resistieron a pruebas de selección resultando un 29,3 % de sobrevivientes y en progenie del portainjerto Israelí "Maoz"





Perfecta compatibilidad del injerto entre patrón y copa.

28,7% de sobrevivientes, el cual también es de la raza Antillana (Gallo, 1992).

5.2 INFLUENCIA DEL PORTAINJERTO SOBRE LA CALIDAD DEL FRUTO

Los portainjertos de aguacate tienen la capacidad de traslocar diferentes niveles de nutrimentos, lo cual puede influir sobre la calidad interna del fruto. Kremer - Khone y Khone (1992) evaluaron materiales y observó variación de algunos nutrimentos en la pulpa de aguacate por efecto del portainjerto. También encontró que la fruta obtenida en el portainjerto "Duque 7", fue significativamente más redonda que en otros dos portainjertos (Khone, 1992).

Kadman y Ben-Ya'acov (1976) encontraron que el porcentaje de aceite acumulado en el fruto, es mayor cuando se utilizan portainjertos de la raza Mexicana.

6. FISIOLÓGÍA REPRODUCTIVA DEL AGUACATE

La fisiología de la floración en árboles frutales ha tenido pocos estudios en razón al gran tamaño y complejidad morfológica de los árboles, lo cual hace difícil su manejo experimental en ambientes controlados. La velocidad de experimentación en el campo es baja, las plantas originadas de semilla de la mayoría de los perennes tienen una prolongada fase juvenil.

6.1 FACTORES QUE PROMUEVEN LA FLORACIÓN

Los principales factores que influyen la floración son: Fotoperíodo, temperatura y disponibilidad de agua. Las plantas que no requieren de una temperatura o fotoperíodo en particular para su floración son descritas como plantas de floración autónoma, las cuales son sensibles a la irradiación (Bernier et al, 1993).

El fotoperíodo y la irradiación son percibidos principalmente por las hojas maduras. La temperatura es percibida por todas las partes de la planta, aunque la baja temperatura (vernalización) es especialmente percibida por el ápice del brote (Bernier et al, 1993). La disponibi-

lidad de agua es percibida por el sistema radical (Davies y Zhang, 1991).

Los diferentes factores que originan la floración son percibidos por diferentes partes de la planta. En la actualidad se desconoce si en el aguacate la inducción a floración ocurre debido a cambio en las condiciones ambientales o al tiempo de transición del estado juvenil a adulto.

Según Buttrose y Alexander (1978), encontraron que la longitud del día y la temperatura estimulan la floración del aguacate "Fuerte". Cuando la temperatura fue mayor de 20°C se observó la iniciación de la floración.

6.2 FENOLOGÍA DE LA FLORACIÓN

El aguacate presenta un sistema de reproducción inusual, que durante muchos años ha llamado la atención de los investigadores. Las flores presentan un ciclo dual de comportamiento conocido como dicogamia.

Cuando la flor abre por primera vez, el estigma está receptivo y las antenas no presentan dehiscencia o liberación de





Variedad Santa Ana de buena producción.

polen, por tanto la flor es funcionalmente femenina. Después de permanecer abierta por varias horas la flor cierra pero reabre al día siguiente. En esta vez, el estigma está seco y no receptivo y es cuando las anteras están maduras y liberan polen; en este caso la flor es funcionalmente masculina.

Además de lo anterior, el aguacate posee dos tipos sexuales. La flor tipo A presenta su estado femenino en la mañana y reabren como masculinas en la tarde del día siguiente. Por otro lado, las flores tipo B abren primero como femeninas en la tarde y reabren como masculinas a la mañana del día siguiente. En condiciones de campo, la combinación de dos cultivares complementarios parecería necesario para obtener altos rendimientos (Bergh, 1977). Sin embargo, es conocido que la fenología dicógama es afectada por la temperatura. La baja temperatura retrasa la apertura de las flores, lo que incrementa la oportunidad para autofecundación (Bergh, 1969; Sedgley y Grant 1983).

Por lo anterior surge la pregunta de si es o no conveniente establecer huertos comerciales de aguacate con mezcla de dos tipos de flor. Los estudios realizados arrojan información casuística difícil de ser reproducible pero indican que la polinización cruzada tenía un efecto positivo en el rendimiento de árboles cercanos a tipos polinizadores complementarios.

6.3 ALTERNANCIA REPRODUCTIVA

Los problemas de la baja producción se pueden incrementar por la alternancia reproductiva, problema común en la mayoría de áreas productoras de aguacate, la cual se caracteriza por un año de cosecha abundante, seguido de un año de baja producción (Monselise y Goldschmidt, 1982. Se encontró que la alternancia productiva es más severa en climas subtropicales templados que en semicálido húmedo. El índice se calcula por la siguiente fórmula:

$$\text{IAP (\%)} = \frac{\text{Diferencia en rendimiento entre el año anterior y el presente}}{\text{Suma de rendimiento de los dos años en cuestión}} \times 100$$

(Salazar, García y Lovatt, 2002)

7. RENDIMIENTO

Los árboles de aguacate producen un número excesivo de flores (1-2 millones de flores por árbol), sin embargo, sólo uno o dos frutos de cada inflorescencia alcanzan la madurez. Un buen número de frutos cosechados por árbol podría ser entre 200 y 300 (Bergh, 1985; Whiley et al. 1988), aunque esto puede variar entre cultivares, pudiendo llegar a más de 1000 frutos por árbol. La producción de frutos en el aguacate puede estar entre 0.002 y 0.02% de la cantidad de flores producidas inicialmente.

En California, un buen rendimiento para el aguacate "Fuerte" está entre 5,6 y 11,2 t/ha y para "Hass" de 7,8 a 13,4. (Gustafson y Rock, 1976). En México, el promedio nacional es de 7,5 t/ha (CONAFRUT, 1988). En general, se puede considerar, con fines de planeación, 10 t/ha en rendimiento.





Diversidad de forma y tamaño de fruto en materiales criollos.

8. MANEJO DEL RIEGO

La zona aguacatera en Santander es de clima tropical húmedo y topografía inclinada, lo que da lugar a microclimas específicos. Los requerimientos de agua, ya sea en forma de lluvia o de riego, son más altos durante el período de floración y formación del fruto hasta la madurez del mismo, según Rodríguez (1982). Deficiencias de agua en estos períodos, originan baja producción y aborto de los frutos.

8.1 AMBIENTE DEL HUERTO

El aguacate recibe el efecto de las condiciones en que se desarrolla, el medio ambiente es un catalizador de las funciones fisiológicas del árbol, la respuesta del frutal se manifiesta en el porte, el follaje, el color y finalmente en su supervivencia. Los factores ambientales más importantes son:

Suelo

Es el medio de anclaje del árbol y requiere de ciertas propiedades para que el árbol tenga un desarrollo adecuado (Alvarez, 1981).

Propiedades Físicas		Propiedades Químicas	
Arena (%)	30 – 70	C J.C. (meq/100g)	5 – 3
Limo (%)	10 – 60	C.E. (ds/M)	1
Arcilla (%)	5 – 25	pH	5.5 – 6.8
Densidad aparente	0.8 – 1.1	N	
Cap. Campo (%)	10 – 30	P	
P. marchitez (%)	6 – 20	K (ppm)	300 – 500
M. Orgánica (%)	2 – 5		

El árbol de aguacate es muy susceptible a fallas de cualquier condición del suelo como: suelos duros arcillosos, lenta permeabilidad, sales, pH > 7 y nivel freático superficial.

Capacidad de almacenamiento de humedad del suelo.

Todo programa de riego, al establecer un cultivo, debe contemplar la obtención de la capacidad de almacenamiento de la humedad del suelo, variable que permita realizar los cálculos del inicio del riego después de la temporada de lluvias, número de riegos, día que se va a regar, volumen de agua que se aplica o tiempo que se va a regar.

Aguilera y Martínez (1989) propusieron la siguiente fórmula para calcular HA.

$$HA = (CC - PMP) Da Pr$$

donde:

- CC = Capacidad de campo (g/g)
- PMP = Punto de marchitez permanente (g/g)
- Da = Densidad aparente (g/cc)
- Pr = Profundidad radical del cultivo (m)

Clima

La condición del clima es esencial para obtener fruto de alta calidad. Las variables climáticas que se van a tener en cuenta para realizar el riego son: temperatura, precipitación y evaporación.



Según Ortiz (1982), la evaporación contempla radiación solar, temperatura, viento y humedad relativa. En el Cuadro 4, a manera de ejemplo, se muestran los factores climáticos más importantes para la planeación del riego.

Cuadro 4. Variables climáticas promedio de 20 años, de la región de Uruapan, Michoacán. 1998 México.

MES	T° Máxima °C	T° Mínima °C	Radiación (ly/cm)	Lluvia (mm)	Evaporación (mm)	E.T. Potencial (mm)
Enero	23.9	6.9	374.7	28.5	92.2	69.5
Febrero	24.9	7.2	458.1	6.8	109.1	82.4
Marzo	26.5	7.4	456.1	8.2	155.0	116.3
Abril	28.5	9.7	450.7	14.3	167.1	125.3
Mayo	28.6	11.3	427.2	62.7	161.8	121.4
Junio	26.3	13.9	356.2	148.1	125.1	93.8
Julio	24.4	13.8	370.2	30.0	109.3	81.8
Agosto	24.5	13.5	417.8	292.5	108.6	81.4
Septiembre	24.4	13.2	344.0	270.8	100.0	75.0
Octubre	24.8	11.8	385.1	95.9	95.1	71.3
Noviembre	24.6	9.4	372.1	24.8	74.5	5.9
Diciembre	24.0	8.2	355.5	9.7	65.4	49.1

Fuente: Campo Experimental Uruapan. Estación climática Barranca del Cuparitzro. México.

De acuerdo con la información anterior, el balance lluvia /ETP es favorable; sin embargo, su distribución no es tan uniforme a lo largo del año como la evaporación, por lo que en el período noviembre a mayo, la evaporación es más alta que la lluvia. Si los suelos en donde se produce el aguacate, son de baja capacidad de almacenamiento de humedad, el requerimiento del riego es indispensable para una alta productividad del cultivo.

directa y por transpiración del cultivo (García y Briones, 1986).

El conocimiento de las necesidades de agua del cultivo es el primer paso para determinar cuándo y cuánto regar y la respuesta al cómo regar, queda condicionada a la infraestructura del huerto y al capital del productor.

8.3 MÉTODOS DE RIEGO

El método de riego que se va a establecer depende de muchos factores entre los cuales se destacan:

Factores Agronómicos: La edad del huerto, topografía, posición respecto al sol, tipo, profundidad y textura del suelo, erosionabilidad, malezas y desarrollo del árbol.

Factor Hídrico: El gasto disponible, calidad del agua, energía, potencial, fuente de energía para su distribución interna, horario, seguridad, duración temporal y costo.

8.2 NECESIDADES DE RIEGO

La práctica del riego se realiza para reponer el consumo de humedad que en conjunto, pierde el suelo por evaporación

Factor Social: Hay que tener en cuenta el capital del agricultor, la competencia con otras fuentes de demanda de agua, otros agricultores y núcleos veredales.

Factor Ambiental: Se debe tener en cuenta la sustentabilidad de los recursos agua y tierra, contaminación de materiales, arroyos, pozos de almacenamiento y subtipos climáticos.

En general, los riegos localizados son ideales cuando hay limitaciones de agua, topografía inclinada, que requieren de ca-

pital y fuente de energía. El riego por manguera o superficial requiere de grandes volúmenes de agua, mucha mano de obra pero poca inversión de capital.

Un buen manejo del agua de riego es una condición que se requiere para mantener el cultivo en condiciones óptimas de desarrollo y producción y para mantener el recurso suelo en su fertilidad natural. La diferencia en producción entre los huertos que no cuentan con riego y los que sí cuentan es muy marcada.

9. NUTRICIÓN

El árbol de aguacate se caracteriza por tener una relativa baja demanda de elementos debido a que muy pocos nutrientes son removidos del suelo. Según Lahav (1999), la extracción de N-P-K en una tonelada de fruta es de 11 - 2 - 20 Kg de NPK respectivamente.

Los requerimientos nutricionales del aguacate son variables durante su desarrollo y

depende de la edad del árbol, la fenología y la variedad.

Según Tirado (1977), un árbol de aguacate de la variedad Fuerte extrae del suelo en promedio 3.2 Kg de N por tonelada de pulpa, 1,2 Kg de P₂O₅ y 4,2 Kg de K₂O, mientras que la variedad Hass extrae 7,0 Kg de N, 1,7 de P₂O₅ y 19,1 Kg de K₂O.

Cuadro 5. Extracción de nutrientes del suelo (en g /Kg de pulpa) por el aguacate variedad Hass.

Variiedad	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Fe	Cu	Mn	Zn	B
Hass	7.0	1.7	19.1	0.8	1.5	0.022	0.012	0.006	0.019	0.015
Fuerte	3.2	1.2	4.2							

Tomado de: El Aguacate y su manejo integrado.

9.1 MANEJO DE LA FERTILIZACIÓN

La fertilización es una práctica importante de manejo del aguacatero que tiene como objetivo aumentar la concentración de nutrientes en la solución del suelo, cuando no existe suficiente cantidad de estos, para satisfacer las demandas nutrimentales del cultivo.

Hay factores que influyen sobre el rendimiento y la calidad del aguacate entre los cuales se menciona:

- Edáficos o relativos al suelo: contenido de nutrientes, materia orgánica, pH, estructura, textura, profundidad efectiva, entre otros.
- Climáticos: cantidad y distribución de lluvias, temperatura, intensidad lumínica.
- Bióticos: variedad o copa y portainjerto o patrón.

- Manejo del cultivo: sistema de plantación o siembra, combate de plagas, enfermedades y malezas, riego y fertilización.

Es importante resaltar que el sistema radical del aguacate no es muy extenso y carece de pelos absorbentes, es necesaria la presencia en el suelo de una cantidad elevada de nutrientes de fácil disponibilidad.

Con el fin de suministrar todos los elementos necesarios a la planta de aguacate para obtener altos rendimientos de excelente calidad, se hacen aplicaciones de fertilizantes inorgánicos, orgánicos y foliares. La fertilización del aguacate, al igual que la de otros frutales, requiere de varios años de investigación para obtener resultados convincentes (Aguilar et al, 1990, 1992; Arpaia et al, 1997; Lahav, 1997; Meyer et al, 1997).

La fertilización tiene como objetivo el incremento de la producción en calidad y cantidad; tiene presente el aspecto económico y se ha basado en los niveles óptimos de los diferentes nutrientes en las hojas (Lahav et al, 1990; Ulrich, 1976), debido a que la concentración de nutrientes está controlada principalmente por el abastecimiento de nutrientes en general (Hewit, citado por Bould, 1996).

La fórmula de fertilización del cultivo variará dependiendo del sistema de riego, variedad, edad del árbol, entre otros; se ha establecido que altas cantidades de nitrógeno aumentan el desarrollo vegetativo y disminuye la producción, cantidades bajas disminuyen a ambas, mientras que cantidades medias favorecen la producción, esto se relaciona con la concentración de este nutriente en las hojas (Goodall et al, 1981).

Cuadro 6. Programa de fertilización del aguacatero en Kg/árbol/año (tentativo).

Edad (años)	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Zn	Ca	Mg	B	Estilércol
1-7	0.06 - 0.24	0.4 - 0.5	0.1 - 1.0	0.5 - 1.5	—	—	—	4 - 18
8-15	0.35 - 0.7	0.5 - 1.0	1 - 2	2 - 5	3	2	0.5	50
16-20	1 - 2	1 - 2	1 - 2	4 - 5	—	1	—	50
> 20	2 - 3	2 - 3	2 - 3	3 - 6	—	—	0.05 - 0.1	5

Tomado de: El Aguacate y su manejo integrado.

9.2 INTERACCIONES - FERTILIZACIÓN

No obstante el efecto benéfico de los fertilizantes, es común observar interacciones entre ellos. Algunos reportes indican que la adición al cultivo de grandes cantidades de N, inducen deficiencias de K, Cu, Zn y B (Embleton and Jones, 1966; Lahav et al, 1990; Loupassaki, 1997) y reducen la concentración de Mg e incrementan la de Fe y Mn en las hojas (Embleton and Jones, 1966). Aplicaciones altas de fósforo incrementan la concentración de N, Mg y

Mn, y disminuyen la de K, Zn, Cu (Embleton and Jones, 1966) y (Arpaia et al, 1997); también se consideró que el exceso de Ca puede inducir deficiencias de K, Fe y Mg en las hojas (Embleton and Jones, 1966).

9.3 ÉPOCA Y MÉTODOS DE APLICACIÓN

Según la función del nutriente y la etapa fenológica del cultivo, éste deberá aplicarse en forma parcial, con el propósito de evitar pérdidas por la fijación de N, P y K, lixiviación o lavado y volatilización del N.

Cuadro 7. Distribución de los fertilizantes durante el ciclo del cultivo (% de la dosis recomendada).

Etapa Fenológica	N	P	K
Floración normal (%)	35	15	25
Brotación vegetativa y amarre (%)	35	15	25
Brotación vegetativa (%)	35	15	25
Floración temprana (%)	15	15	25

Fuente: Fertilización y Nutrición del Aguacatero. (El Aguacate y su Manejo Integrado).

Los fertilizantes deben ser aplicados en forma apropiada para obtener máximo beneficio; los minerales se deben adicionar al suelo en forma uniforme, a 10 cm de profundidad en la zona de goteo, en donde se encuentran la mayor cantidad de raíces. El fertilizante se puede aplicar mediante alguno de los siguientes métodos:

- Aplicación superficial en banda
- Aplicación en hoyos
- Aplicación en zanjas
- Aplicación foliar de fertilizantes líquidos
- Aplicación con el agua de riego (fertilización)

Para el caso de los fertilizantes sólidos y orgánicos, éstos deberán incorporarse al suelo.

9.4 FERTIRRIGACIÓN

La fertirrigación es la aplicación de fertilizantes disueltos en el agua de riego (Ludwick, 1997), a una parte del sistema radical mediante riegos localizados, tales como goteo y microaspersión.

El fertirriego se ha incrementado durante los últimos años, debido al ahorro de agua y fertilizantes, así como el aumento de la producción y la calidad de las cosechas (Bielorai, 1983; Layne et al, 1996; Ludwick, 1997), debido a una mejor precisión en la programación de aplicación de los fertilizantes, teniendo en cuenta

el desarrollo o estado fenológico del cultivo (Bussi et al, 1994; Rodríguez, 1992; Villarreal et al, 1997).

En el riego localizado en comparación con el riego convencional, las raíces se encuentran en un volumen de suelo más limitado, por lo que los fertilizantes también se aplican en forma localizada y frecuente, de ahí el aumento de la eficiencia de su recuperación, ya que son puestos en la proximidad de las raíces y se presenta menos pérdida por lixiviación y volatilización (Pizarro, 1990; Rodríguez, 1992).

También se puede anotar que el contenido de humedad permanente en el suelo favorece la disolución y asimilación de los nutrientes por las plantas. La mayor disponibilidad de nutrientes se debe a una mayor concentración de éstos, por la localización de los fertilizantes en las proximidades de las raíces, y a una permanente y más uniforme distribución de la humedad en la zona radical (Pizarro, 1990; Rodríguez, 1992).

El efecto benéfico del fertirriego es conocido en varios frutales como durazno (Bussi et al, 1991; Funt et al, 1996) manzana (Hipps, 1992); aguacate (Kalmard and Lahav, 1983; Rodríguez, 1992); el cual ha inducido un mayor crecimiento del tronco de los árboles, longitud de brotes, peso de frutos y mayores rendimientos, esto probablemente como una consecuencia del mejoramiento de la eficiencia del suministro de nutrientes por medio del fraccionamiento de la fertilización.

Los resultados obtenidos en forma experimental y en huertos comerciales en Israel y California indican que en el aguacatero, el riego por goteo es apropiado y actualmente es ampliamente difundido en Israel y Europa. La producción se incrementa en cantidad y calidad, de-





Desarrollo en el campo de una variedad mejorada y un material criollo injertado en suelos de buena fertilidad.

bido a la eficiencia en el uso del agua y la fertilización, por la eliminación de períodos críticos (saturación del suelo por exceso de agua) para el cultivo.

Los árboles son más vigorosos, el tamaño del fruto y contenido de aceite es mayor, e inclusive se dice que el fertirriego puede adelantar el inicio de la cosecha (Levinson and Adato, 1991; Rodríguez, 1992).

9.5 FUNCIONES DE LOS NUTRIENTES

Como nutrimentos se entienden todos aquellos elementos que son requeridos por la planta para su crecimiento y formación de sustancias orgánicas. De acuerdo con los criterios de esencialidad se ha determinado que la planta requiere de dieciséis (16) elementos: 3 orgánicos (C, H, O) y 13 minerales; estos últimos se clasifican como macroelementos, elementos secundarios y microelementos.

Cuadro 8. Funciones de los nutrientes y síntomas de deficiencia.

Elemento	Funciones	Síntomas de deficiencia
Nitrogeno (N)	<ul style="list-style-type: none"> Forma parte de todas las proteínas Forma parte estructural de la clorofila 	<ul style="list-style-type: none"> Restricción del crecimiento Amarillamiento, reducción y caída prematura de las hojas Frutos pequeños y escasos con bajos contenidos de N, P, K y Ca Plantas sensibles a las heladas
Fósforo (P)	<ul style="list-style-type: none"> Fotosíntesis Almacenamiento y transferencia de energía Acelera la madurez Formación de semillas 	<ul style="list-style-type: none"> Reducción del crecimiento Reducción del tamaño de las hojas y caída prematura de éstas Marchitamiento de las hojas con presencia de quemaduras
Potasio (K)	<ul style="list-style-type: none"> Activación de enzimas Fotosíntesis Resistencia a fitopatógenos Calidad del fruto 	<ul style="list-style-type: none"> Coloración café en el envés de la hoja y manchas cloróticas entre las venas
Calcio (Ca)	<ul style="list-style-type: none"> Crecimiento Resistencia a enfermedades 	<ul style="list-style-type: none"> Quemaduras en el ápice de la hoja Rigidez de las células
Magnesio (Mg)	<ul style="list-style-type: none"> Activador enzimático Forma parte de la clorofila Respiración 	<ul style="list-style-type: none"> Restricción del crecimiento Amarillamiento de las hojas con manchas café en las márgenes
Azufre (S)	<ul style="list-style-type: none"> Síntesis de aminoácidos y proteínas Fotosíntesis 	<ul style="list-style-type: none"> Amarillamiento de las hojas y necrosis en las márgenes
Zinc (Zn)	<ul style="list-style-type: none"> Activación enzimática 	<ul style="list-style-type: none"> Amarillamiento internerval de las hojas jóvenes Hojas pequeñas Arrojamiento de los brotes Frutos pequeños y redondos
Hierro (Fe)	<ul style="list-style-type: none"> Fotosíntesis Síntesis de proteínas Respiración Transferencia de energía 	<ul style="list-style-type: none"> Hojas jóvenes amarillas con las nervaduras verdes
Cobre (Cu)	<ul style="list-style-type: none"> Fotosíntesis 	<ul style="list-style-type: none"> Coloración café-rojo de las nervaduras de las hojas Defoliación prematura Brotación anormal
Manganeso (Mn)	<ul style="list-style-type: none"> Crecimiento (activación enzimática) Reproducción 	<ul style="list-style-type: none"> Clorosis internerval Manchas necróticas en las hojas Amarillamiento internerval
Boro (B)	<ul style="list-style-type: none"> Crecimiento, reproducción, floración y desarrollo del fruto 	<ul style="list-style-type: none"> Caída de las hojas, hojas nuevas secas, enrolladas y quebradas
Cloro (Cl)	<ul style="list-style-type: none"> Fotosíntesis del agua en la fotosíntesis 	<ul style="list-style-type: none"> No se tienen evidencias al respecto pero teóricamente los síntomas podrían presentarse como una clorosis generalizada en las hojas
Molibdeno (Mo)	<ul style="list-style-type: none"> Reducción de nitratos 	<ul style="list-style-type: none"> No se tienen evidencias sobre deficiencias de molibdeno en aguacate

Fuente: El Aguacate y su Manejo Integrado. GIA. México. 2003.



9.6 FERTILIZACIÓN FOLIAR

En frutales, el análisis de suelo no es una guía satisfactoria para generar recomendaciones de fertilización, puesto que la absorción del nutrimento está sujeta a algunos factores que no es posible determinar con exactitud, el volumen de suelo explorado por las raíces de los árboles y la cantidad de nutrientes disponibles en el suelo a la profundidad de enraizamiento del cultivo en un momento determinado durante la etapa de crecimiento (Bould, 1966).

No hay relación entre la concentración de algunos nutrientes del suelo con la concentración de los mismos en las hojas. El análisis foliar ha contribuido al conocimiento de la nutrición del aguacate, y se ha considerado que es una herramienta que integra los efectos de los fac-

tores que influyen en ella y los resultados pueden ser usados en la determinación del estado nutricional del árbol (Embleton and Jones, 1966; Robinson, 1985).

Se ha establecido que para el análisis foliar se deben tomar hojas maduras (de 5 a 7 meses de edad) y completas (pecíolo más limbo), las cuales deben ser seleccionadas de ramas sin frutos, no sombreadas por otras partes de la copa, a una altura de 1,3 a 2,0 m del suelo (Embleton and Jones, 1966; Marchall, 1986; Plessis et al, 1997).

Para el diagnóstico de los resultados, se compara la concentración de nutrientes encontrados, con los valores de referencia para el cultivo. Goodall et al, 1981, propusieron normas para la concentración de nutrimentos en las hojas (Cuadro 9)

Cuadro 9. Valores de contenido de nutrientes en las hojas de aguacate.

Elemento	Unidad de Medida	Deficiente	Óptimo	Exceso
N	%	< 1,60	1,6 – 2,0	> 2,0
P	%	< 0,08	0,08 – 0,25	> 0,3
K	%	< 0,75	0,75 – 2,0	> 2,0
Ca	%	0,5	1,0	> 1,0
Mg	%	< 0,25	0,25 – 0,80	> 1,0
S	%	< 0,20	0,20 – 0,60	> 1,0
Na	%	—	—	> 0,25
Cl	%	—	—	> 0,25
Fe	ppm	20 - 40	50 - 200	> 200
Mn	ppm	10 - 15	30 - 500	> 1000
Zn	ppm	10 - 20	30 - 150	> 300
Cu	ppm	2 - 3	5 - 15	> 25
B	ppm	10 - 20	50 - 100	> 100
Mo	ppm	0,01	0,05 - 1,0	> 1,0

Fuente: Manejo Integrado del Cultivo de Aguacate.

9.7 FERTILIZACIÓN Y CALIDAD DEL AGUACATE

El comportamiento fisiológico del aguacate en poscosecha generalmente se encuentra asociado a deficiencias o excesos de nutrientes. La calidad comercial y organoléptica del fruto está relacionada con el manejo del huerto.

Cuadro 10. Anomalías en calidad del fruto de aguacate derivadas de problemas nutricionales.

Anomalías en la calidad del fruto	Problemas nutricionales
Mesocarpio (pulpa) de color gris	Bajos contenidos de Ca
Daños por frío en mostrador	Altos contenidos de N
Manchado de la fruta	Bajos contenidos de Ca y Zn
Heterogeneidad en maduración	Deficiencias en contenidos de Ca
"Bitter - pit"	Altos contenidos de N
Frutos pequeños, de textura harinosa	Deficiencias de P
Frutos puntiagudos	Deficiencias de K
Frutos pequeños y redondos	Deficiencias de Zn

Fuente: Fertilización y Nutrición del Aguacatero. (El Aguacate y su Manejo Integrado)

10. PRINCIPALES PLAGAS DEL AGUACATE DE IMPORTANCIA ECONÓMICA

Los barrenadores de ramas, tronco y semilla del aguacate son las plagas que tienen un mayor impacto económico, por el tipo de daño que causan.

Otras plagas que han adquirido importancia en plantaciones comestibles son los trips, los cuales provocan deformación de frutos demeritando la calidad estética e impidiendo su comercialización en el exterior.

También hay que mencionar los ácaros de las hojas, los cuales requieren manejo especial debido a su amplia distribución y sus altas poblaciones pueden afectar tanto el desarrollo normal de los árboles como la producción.

Para estas plagas es necesario determinar umbrales y niveles de daño económico, para establecer la estrategia de su manejo integrado, con el fin de reducir el número de aplicaciones de insecticidas, disminuir costos e incrementar la producción.

10.1 TRIPS

(Insecto: Thysanoptera)

Son pequeños insectos de color blanco, amarillo pálido o castaño oscuro que pueden medir de 0,3 a 14 mm de longitud (Lewis, 1973; Johansen y Mojica - Guzmán, 1997). Poseen un aparato bucal picador chupador (Ullman et al, 1992). Los Trips se pueden localizar en la hojarasca, musgos, hongos y líquenes. La mayoría son fitófagos, aunque también existen especies depredadoras y parasitoides (Johansen y Mojica - Guzmán, 1997). Los trips prefieren alimentarse de tejidos tiernos, como los botones foliares y florales, hojas jóvenes y frutos en desarrollo, pueden causar caída prematura de éstos.

Daños: El daño principal ocurre cuando los trips se alimentan de frutos en estado de formación en los cuales provocan deformaciones en la superficie del pericarpio en forma de protuberancias o crestas



(Salgado, 1993), deformaciones que son más evidentes en frutos ya desarrollados y maduros.

Las heridas provocadas a los frutos por este daño, pueden favorecer la entrada de enfermedades como la de la roña del fruto (*Shaceloma perseae*) (O. Sequera, 1991; Morales y Vidales, 1994).

Medidas de control: Teniendo en cuenta la fluctuación poblacional de los trips, se recomienda realizar medidas preventivas o de manejo después de la época de lluvias, lo cual coincide con el inicio de la floración del cultivo, con el fin de prevenir que las poblaciones se incrementen. Posteriormente se recomienda otra medida de control a principios del año (febrero) que es cuando las poblaciones de trips tienden a aumentar y una tercera en marzo, que es cuando hay altas temperaturas y altas poblaciones del insecto.

Jiménez (1987), recomienda realizar medidas de control cuando el umbral económico alcanza un 7% de infestación por trips (ninfas) en hoja, panícula o fruto. Como medida cultural se recomienda mantener los huertos libres de malezas, los cuales son hospederos alternantes de los trips.

El control químico de los trips del aguacate se recomienda hacer de tres a cuatro aplicaciones de insecticidas cuando se tenga alrededor del 10% de la floración, la segunda cuando se tenga el 100% de la floración, y la tercera cuando el fruto esté en estado de "canica" o cabeza de fósforo. Los insecticidas utilizados son: el malathion CE 50, en dosis de 1,2 lt/100 lt de agua; o dermetrina en dosis de 0,02 - 0,03 lt/100 lt de agua. También se ha encontrado buen control con aplicaciones de dimetoato.

10.2 BARRENADOR DE RAMAS

Copturus aguacatae Kissinger
Coleóptero: Curculionidae

Los adultos son robustos y de color pardo - rojizo. Los machos tienen una longitud aproximada de 4 mm y las hembras 5,2 mm. Las larvas son de tipo curculioniforme, de color blanco lechoso. Los adultos permanecen caminando en las ramas y en las hojas. Las hembras ovopositan en los brotes tiernos.

Daños: El daño inicial consiste en múltiples lesiones producidas por el aparato bucal de los adultos en brotes tiernos. Las larvas que eclosionan perforan a través de la epidermis hasta llegar a la médula de la rama. El daño inicial se caracteriza por la presencia de secreciones que toman consistencia polvosa blanquecina y al paso del tiempo aumentan de tamaño transformándose en montículos sobre la epidermis de las ramas barrenadas.

A consecuencia de esto puede ocurrir defoliación y aborto de flores y frutos. La marchitez y la muerte de las ramas está asociada a los ataques severos del barrenador. La ruptura de ramas barrenadas es frecuente debido al tamaño y debilidad de estas, así como al número y peso de frutos que sostienen, a la acción del viento o durante la cosecha por la fuerza ejercida al cosechar los frutos.

Medidas de control

- **Control Cultural:** Consiste en podar y quemar ramas con indicios de daño.
- **Control Químico:** Aplicación de insecticidas organofosforados de contacto cada 10 - 15 días dependiendo de las condiciones climáticas. Se utiliza el Malathion C.E.

- **Control Biológico:** Aplicación de *Beauveria*.

10.3 BARRENADOR DE LA SEMILLA

Conotrachelus perseae Barber
Coleóptera: Curculionidae

La larva cuando completa su desarrollo alcanza un promedio de 6 mm de longitud. El cuerpo es carnoso, de color blanco amarillento.

Las hembras adultas miden alrededor de 5 mm, de color café rojizo, depositan sus huevos en los frutos dentro de las perforaciones que hacen con el pico, de tal manera que quedan en contacto con la pulpa del fruto y aislados del exterior con un sello que deja la hembra base de una sustancia que se endurece al contacto con el aire. Cada hembra pone en promedio 70 huevos durante su vida. (Bayer de Méjico, 1984).

Daños: Este insecto es considerado como la plaga más importante en el cultivo de aguacate, ya que puede causar pérdidas entre 40 - 80 % en la producción, al provocar la caída de frutos.

El fruto dañado cae al suelo, las larvas al terminar su desarrollo atraviesan la cáscara para abandonar el fruto y llegar al suelo, se entierran a una profundidad de 2,5 a 5,0 cm, dependiendo de la textura del suelo, en donde empupan.

Los adultos son de actividad nocturna, durante el día los adultos se encuentran en cualquier hueco del árbol o en hojas enrolladas, producen daño en las ramas tiernas, pedúnculos, frutos y flores en forma de cicatrices superficiales (Llenderal y Ortega, 1990).

El fruto puede ser atacado por el adulto después de que ha cuajado, produciendo-

le perforaciones. Las lesiones de ovoposición se ven desde el exterior en forma de media luna y frente a la cara interior se ve el aserrín humedecido sobre un orificio circular. La hembra prefiere ovopositar en la parte basal del fruto.

Medidas de control

- **Cultural:** Recolección y destrucción de frutos caídos, esta labor se debe hacer continuamente durante la época de cosecha. Control de malezas entre los surcos.
- **Químico:** Uso de insecticidas en las épocas de picos de población de adultos, utilizar Malathion CE en dosis de 0,125 lt/100 lt de agua.
- **Biológico:** Aplicación del hongo del género *Beauveria* a larvas y pupas.

10.4 PERFORADOR DEL FRUTO

(*Stennotoma catenifer*)



La larva penetra en el fruto cuando está en desarrollo, perforando la piel y la pulpa. Para su control se recomiendan aplicaciones mensuales de carbaril, a partir de la formación del fruto. Como control cultural se recomienda la recolección de frutos caídos, los cuales hay que destruirlos.





Mantidae, insecto predador de plagas del cultivo.

10.5 GUSANO ENROLLADOR DE LA HOJA

(*Platynota spp*)

Es una larva de color verde claro que adhiere una hoja nueva con otra. Raspa la epidermis inferior de las hojas y produce su desecación que se puede extender a todo el follaje.

El control se realiza con insecticidas, cuando se inicia el brote de renuevos foliares; generalmente se utiliza el tricorfon

10.6 ÁCAROS

Dentro del grupo de los ácaros se han detectado dos familias (*Tetranychidae* y *Phytoceiidae*), asociados al cultivo del aguacate.

Los ácaros son organismos de cuerpo suave con estrías, pasan por el estado de huevo, larva, protoninfa, deutoninfa y adulto.

Daños: El daño es producido por las ninfas y adultos, que chupan el contenido de las células en el haz de las hojas produciendo una coloración café rojiza conocido como bronceado de las hojas, debido a la pérdida de clorofila y vigor del árbol (Aguilera y Salazar, 1991).

También se ha observado que los daños afectan la transpiración, debido a que el ácaro al alimentarse reduce la apertura estomatal, limitando la fotosíntesis y obstruyendo importantes procesos de la planta y en altas infestaciones pueden causar defoliación (Sanses et al, 1982).

Los factores ambientales como la temperatura, humedad relativa y lluvia influyen fuertemente sobre la densidad poblacional de los ácaros. Las poblaciones más altas se observan en épocas ca-

lurosas y secas en el verano, temperaturas bajas y alta humedad relativa tienden a reducirlas (Gallegos, 1983).

- **Control natural:** Se han encontrado varias especies de trips como depredadores eficientes de ácaros. Dentro de los depredadores más comunes en California se encuentran *Stethorus picipes* Cossey, responsable de suprimir las poblaciones cuando existen altas densidades (McMurty y Johnson, 1966).

La diversidad de ácaros depredadores encontrados, han mostrado buena capacidad de regulación de las poblaciones, por lo que se requiere de estudios específicos para cada una de ellas y se sugiere el uso de aquellas que ofrezcan mejores características como biorreguladores.

- **Control Cultural:** Supervisión constante del huerto, mediante la revisión del follaje para detectar brotes de la plaga. El follaje se debe recoger para evitar la dispersión de hembras grávidas a distintas partes del huerto.

La colecta de polen y su distribución en el follaje durante las épocas en que las especies plaga se encuentren en bajas proporciones, mantiene activa la población de ácaros depredadores en el follaje.

- **Control Químico:** El uso de productos químicos para el control de ácaros asociados al aguacate no han mostrado resultados satisfactorios.

10.7 LEPIDÓPTEROS DESFOLIADORES

El aguacate, es preferido por muchos insectos que con el tiempo se manifiestan como plagas secundarias o se pueden in-



crementar como plagas de importancia cuando se presentan las condiciones de temperatura, humedad y biológicas.

11. ENFERMEDADES

Las enfermedades que afectan la productividad y la vida útil del árbol de aguacate pueden ser de origen biogénico, causadas por microorganismos como los hongos, bacterias, virus, viroides y nemátodos. También se presentan enfermedades abiogénicas, debidas a condiciones ambientales como heladas, deficiencias nutrimentales, acidez del suelo, salinidad, etc.

Las enfermedades biogénicas son transmisibles; los microorganismos que las causan pueden diseminarse entre árboles y huertos vecinos por medio de las herramientas de trabajo, suelo contaminado para viveros, portainjertos, el viento, por arrastre en el agua de riego, por insectos, entre otras.

Las enfermedades abiogénicas no son transmisibles. Las enfermedades que atacan el aguacate se pueden clasificar según el área afectada:

Cuadro 11. Enfermedades del tronco y ramas.

Enfermedad	Patogeno
CHANCROS (CANKER) Chancro del tronco y ramas (trunk and branch canker)	<i>Nectria galligena</i> (<i>Fusarium episphaeria</i>), <i>F. solani</i> , <i>F. oxisporum</i> , <i>Phytophthora cinnamomi</i> , <i>P. citricola</i> , <i>P. boehmeriae</i> , <i>P. hevede</i> , <i>Physalospora perseae</i> , <i>Botryosphaena ribis</i>
Marchitez de puntas (tip wilt)	<i>Glomerella cingulata</i>
Marchitez necrótica o pudricion de ramas	<i>Dothiorella spp</i>
Agalla de la corona (crown gall)	<i>Agrobacterium tumefaciens</i>
Chancro de ramas (Branch canker)	<i>Botryosphaena disrupta</i> , <i>Physalospora perseae</i> <i>B. obtusa</i> = <i>Physalospora obtusa</i> <i>B. quercum</i> = <i>P. glandicula</i> <i>B. rhodina</i> = <i>P. rhodina</i> <i>Botryosphaeria ribis</i> (<i>Dothiorella gregaria</i>) <i>B. abdita</i> = <i>P. fusca</i>
Chancro bacteriano (bacterial canker)	<i>Xanthomonas campestris</i> , <i>Pseudomonas syringae</i>

Enfermedad	Patógeno
Muerte regresiva (Dieback)	<i>Lasiodiplodia</i> (<i>Diplodia</i>) <i>cacaoicola</i> <i>Phomopsis</i> sp., deficiencia de cobre
Raya negra (Blackstreak)	Causa desconocida
Madera picada (trunk pitting)	Transmisible por injerto
Pudriciones de la madera	<i>Fomitella suprina</i> = <i>Polyporus supinus</i> <i>Laetiporus sulphureus</i> = <i>Polyporus sulphureus</i> (anamorfo <i>Sporotrichum versisporum</i>) <i>Rigidoporus ulmarius</i> = <i>Fomes geotropus</i> <i>Trames hirsuta</i> = <i>Polyporus hirsutus</i>
Pudrición acuosa (watery rot, butt rot)	<i>Ganoderma lucidum</i> , <i>Ganoderma zanatum</i> = <i>G. sulcatum</i>)
Pudrición del corazón (Heart rot)	<i>Oxyporus latemarginatus</i> = <i>Poria latemarginata</i>

Cuadro 12. Enfermedades de las raíces.

Enfermedad	Patógeno
Tristeza (root rot, avocado tristeza)	<i>Phytophthora cinnamomi</i>
Pudrición del corazón (Heart rot)	<i>Oxyporus latemarginatus</i> = <i>Poria latemarginata</i>
Pudrición de raíces (root rots)	<i>Pytium</i> sp, <i>Fusarium</i> sp
Pudrición blanca (white rot, <i>Dematophora</i> root rot)	<i>Dematophora</i> (<i>Rosellinia</i>) <i>necatrix</i> , <i>Rosellinia bunodes</i>
Pudrición por Armillaria (Armillaria root rot)	<i>Armillaria mellea</i> (anamorfo <i>Rhizomorpha subcorticalis</i>)
Pudrición por Clitocybe (Clitocybe root rot)	<i>Armillaria tabescens</i> = <i>Clitocybe tabescens</i>
Pudrición de semilla y raíces por Rhizoctonia	<i>Rhizoctonia solani</i> (teleomorfo <i>Thanatephorus cucumens</i>)
Pudrición rosa (Pink rot)	<i>Trichothecium roseum</i> = <i>Cephalothecium roseum</i>
Pudrición texana (Texas root rot)	<i>Phymatotrichopsis omnivorum</i>
Pudrición del cuello (Collar rot)	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>
Pudrición de la corona (Crown rot)	<i>Phytophthora cinnamomi</i> , <i>P. citricola</i>
Pudrición vascular por <i>Verticillium</i> (vascular rot)	<i>Verticillium alboatrum</i>
Tizón de plántulas	<i>Phytophthora palmivora</i> , <i>Sclerotium rolfsii</i> (Teleomorfo <i>Athelia rolfsii</i>)

Cuadro 13. Enfermedades en el fruto.

Enfermedad	Patógeno
Antracnosis, viruela, clavo, sarampión (anthracnose)	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i> (teleomorfo: <i>Glomerella cingulata</i>)
Roña (scab)	<i>Sphaceloma perseae</i>
Anillamiento del pedúnculo (fruit stem girdling)	Asociado a varios organismos y deficiencias
Putridiones del fruto (Fruit rots)	<i>Alternaria</i> sp <i>Botryodiplodia</i> sp, <i>botryosphaeria obtusa</i> <i>B. quercuum</i> <i>Botrytis cinerea</i> = <i>B. Vulgaris</i> (teleomorfo: <i>Botryotinia fuckeliana</i>) <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> <i>Cylindrocladium scoparium</i> (teleomorph <i>Calonectria kytensis</i>) <i>Dothiorella aromatica</i> <i>D. gregaria</i> <i>F. roseum</i> , <i>Fusarium decemcellulare</i> (teleomorfo <i>Nectria rigidiuscula</i>) <i>Lasiodiplodia theobromae</i> = <i>Diplodia natalensis</i> <i>N. pseudotrichia</i> (anamorfo <i>Tubercularia lateritia</i>) <i>Restatotiopsis</i> sp., <i>P. versicolor</i> <i>Phomopsis perseae</i> <i>Phytophthora citricola</i> , <i>P. bhemeriae</i> <i>Rhizopus stolonifer</i> , <i>R. nigricans</i> <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> = <i>S. Libertiana</i>
Mancha bacteriana del fruto y tizon (bacterial fruit spot and blast)	<i>Pseudomonas syringae</i>
Mancha de sol (sun blotch)	Viroide con ARN circular, monocatenado de 247 nucleótidos



Forma de frutos en materiales criollos de aguacate.

Cuadro 14. Enfermedades del follaje

Enfermedad	Patógeno
Manchas foliares (leaf spots)	
Cenicilla	<i>Oidium</i> sp.
Fumagina o negrilla (sooty mold)	<i>Capnodium</i> spp.
Mancha afelpada o por algas (velvety or algal spot)	<i>Cephaleuros virescens</i>
Mancha de chapopote (tar spot)	<i>Phyllachora griseissima</i>
Mancha de hollín (sooty mold)	<i>Akaropeltopsis</i> sp.
Mancha de sol (sun blotch)	Viride con ARN circular, monocatenado de 247 nucleótidos
Mancha foliar (leaf spot)	<i>Pestalotiopsis</i> sp., <i>P. versicolor</i> , <i>P. adusta</i> <i>Bipolaris sorokiniana</i> (teleomorfo) <i>Cochliobolus sativa</i> <i>Phyllosticta micropuncta</i> = <i>P. perseae</i>
Mancha plateada (silver spot)	<i>Mycosphaerella</i> sp.
Mancha por Phomopsis (Phomopsis spot)	<i>Phomopsis</i> sp.
Mancha púrpura (purple spot, blotch)	<i>Pseudocercospora purpurea</i>
Mancha tiznada (smudge spot)	<i>Helminthosporium</i> sp.
Mildiu negro (Black mildew)	<i>Asteridiella perseae</i> = <i>Urene perseae</i>
Perforaciones de la hoja	<i>Pseudomonas</i> sp.
Hojitas rosetadas (Littleleaf rosette)	Deficiencia de zinc
Quemadura de puntas (Tip burn)	Toxicidad por sales

11.1 ENFERMEDADES DEL FRUTO

ANTRACNOSIS.

(*Colletotrichum gloesporioides*). Esta enfermedad se conoce popularmente como viruela, clavo o sarampión, es endémica y demerita la apariencia del fruto y causa problemas en su comercialización.

El hongo infecta a los frutos durante el período de desarrollo en el campo, permaneciendo latente mientras el fruto ten-

ga una consistencia dura. Una vez que el fruto comienza su ablandamiento, el hongo invade la cáscara y la pulpa causando su pudrición.

Síntomas y daños: El principal síntoma de esta enfermedad se observa en los frutos después de la cosecha. Sobre el fruto aparecen manchas circulares, el centro de estas manchas puede hundirse ligeramente y agrietarse. Cuando hay alta humedad, el centro de las manchas muestra un



polvillo y granos de color rosa, que son las esporas del hongo. La infección ocurre durante la floración pero se manifiesta hasta después de la cosecha.

En lugares con alta humedad ambiental los síntomas se pueden presentar en las hojas en forma de manchas de color café claro que llegan a juntarse. Cuando las panículas son infectadas se ennegrecen originando la caída de las flores o el aborto de los frutos, en los cuales se observan pequeñas protuberancias de color verde brillante. Las lesiones en el fruto son circulares y de color café claro, de consistencia corchosa conocida como viruela o clavo.

Diseminación: El hongo se dispersa a través de frutos de aguacate desprendidos que se encuentran en proceso de descomposición, así como ramas y hojarasca infectadas en el suelo e incluso ramas secas adheridas al árbol.

Supervivencia: Se lleva a cabo en frutos infectados y residuos de cosecha tirados en el suelo.

Manejo de la enfermedad

- **Cultural:** Podar las ramas secas e improductivas. Realizar raleo de ramas en árboles que muestran entrecruzamiento dentro del huerto, con el fin de reducir el porcentaje de humedad, la cual favorece el desarrollo de enfermedades. Los árboles de guayabo son hospederos del hongo, razón por la cual se deben evitar dentro del huerto.
- **Químico:** Los fungicidas a base de cobre, como oxiclورو de cobre, sulfato de cobre, hidróxido de cobre, maneb, zineb, han dado buen resultado para el control del hongo. El

control de la enfermedad se debe hacer cuando las yemas están hinchadas (Martínez, 1977 y Morales 1996).

ROÑA (*Sphaceloma perseae*). El hongo ataca el fruto, hojas y ramas jóvenes. Los frutos desde recién polinizados hasta que estén completamente formados; presentan lesiones de color café, de aspecto corchoso, de forma redonda o irregular que al unirse puede cubrir parte del fruto o el fruto completo. En el fruto los daños son exclusivos del pericarpio y no de la pulpa, aunque las lesiones pueden facilitar la entrada de otros organismos (McMillan, 1976).

El hongo requiere de alta humedad relativa y temperaturas altas para su desarrollo. El período más susceptible del fruto es desde el amarre hasta la mitad de su tamaño, ya que al madurar el fruto, el pericarpio se endurece.

Control: Eliminar frutos enfermos para que no se propague la enfermedad en el huerto. La humedad alta promueve a la enfermedad, por lo que la aireación dentro del huerto es importante. Las podas fitosanitarias de ramas secas contribuye a reducir el inóculo y ayuda a la aireación interna de los árboles. El control químico consiste en proteger a los frutos de la infección por lo que las aspersiones durante la floración y el desarrollo del fruto son efectivas. El uso de fungicidas a base de cobre han dado buenos resultados.

11.2 ENFERMEDADES DE LA RAÍZ

TRISTEZA DEL AGUACATE (*Phytophthora cinnamomi*). Es una de las enfermedades más importantes y devastadoras en el mundo. El hongo vive en el suelo y deteriora o pudre las puntas de las raíces con diámetro menor a 5 mm produciendo

una coloración negra, las raíces dañadas son frágiles y se quiebran fácilmente y cuando se reduce la absorción de agua y el transporte ascendente aparecen los síntomas en el follaje.

Si se observan los árboles enfermos con tristeza se detecta más humedad a su alrededor que los árboles sanos, debido a que el agua no es absorbida por las raíces, la cual debía ser enviada hacia arriba y transpirada por las hojas; cuando el árbol pierde más agua por transpiración que la absorbida por un sistema radical podrido por el hongo, comienza a mostrar los síntomas de marchitamiento de hojas o tristeza.

La falta de agua también reduce la capacidad de las hojas para formar clorofila, lo cual se manifiesta en clorosis o amarillamiento de las hojas. El hongo puede atacar la base del tronco y causar pudriciones en forma de manchas oscuras con exudación de apariencia blanca. También se afecta la nutrición, presentándose escaso follaje, amarillamiento, aborto de flores y frutos.

Los árboles pierden vigor progresivamente por efectos de la enfermedad y cuando están próximos a morir producen gran cantidad de frutos pequeños, los cuales no llegan a la madurez; en casos severos el árbol muere.

Se ha observado un efecto secundario al incrementarse el daño por acción del barrenador de las ramas (*Copturus aguacatae*), insecto considerado como una de las plagas importantes en México (Cuevas et al, 1989).

Importancia. El hongo *P. cinnamomi* es un parásito facultativo y cosmopolita, lo cual quiere decir que es un habitante natural en la mayoría de los suelos de todo el mundo, se alimenta de residuos de co-

secha en estado de descomposición, pero bajo algunas condiciones favorables puede atacar las raíces vivas y el cuello de más de sesenta plantas de interés económico entre las cuales se mencionan: mango, piña durazno, papaya, macadamia, pino, ciprés, eucalipto y otros (Zentmyer, 1980).

Ciclo. El hongo sobrevive en el suelo por varios años en forma de clamidiosporas u oosporas en raíces o residuos de aguacate y otras plantas cultivadas o en las malezas.

Cuando la temperatura sube y la humedad es excesiva por efectos de riego continuo, lluvia abundante o por inundación o cuando hay mal drenaje, las clamidiosporas germinan y origina el hongo el cual tiene el aspecto de telaraña y se conoce como micelio el cual origina los esporangios que tienen en su interior las zoosporas, las cuales se consideran como las semillas del hongo; que tienen movimiento propio y se desplazan con facilidad sobre la superficie del agua e infectan las raíces nuevas y el cuello del árbol o contagian árboles vecinos.

Con el avance de la infección se pudre una gran cantidad de raíces y los árboles desarrollan los síntomas de la enfermedad. Al morir el árbol, el hongo forma nuevamente clamidiosporas para soportar la falta de alimento. Cuando se presentan nuevas condiciones favorables, las clamidiosporas germinan y reinician el ciclo de la enfermedad sobre árboles de aguacate de resiembra o sobre otros cultivos.

Manejo y control de la enfermedad

Prácticas culturales. Debido a la capacidad que tiene las zoosporas de atacar árboles vecinos con la ayuda del agua, se recomienda aplicar riegos ligeros y en



forma individual. La enfermedad es más severa en suelos donde el agua drena lentamente y se presenta con menos severidad en aquellos bien drenados. Cualquier práctica que tienda a reducir el tiempo de permanencia del agua en el suelo reduce la severidad de la enfermedad; esta práctica comprende la selección del sitio para la siembra y la aplicación cuidadosa del riego, de modo que el suelo no quede completamente saturado. Se deben establecer drenajes donde sea necesario.

Control. Prevenir la enfermedad es la medida más económica, por lo que se recomienda adquirir las plántulas sanas en viveros confiables y debidamente registrados. Lo más recomendable en viveros en que se presente esta enfermedad es la eliminación de toda la planta.

Se recomienda podar las ramas, por lo menos 10 cm debajo de la mancha oscura y sellar las heridas con pintura y fungicida a base de pasta bordelesa. Aplicaciones periódicas de fungicidas preventivos cada 30 días en plantaciones menores de tres años o plantas en vivero.

Exclusión del hongo. Consiste en evitar la dispersión del hongo mediante el uso de semillas limpias y patrones sanos. Se deben tomar medidas sanitarias cuidadosas, de modo que el hongo no sea transportado desde áreas infectadas a través del suelo o el agua. Se debe hacer tratamiento de desinfección de la semilla del patrón con una mezcla de fungicida e insecticida.

NUEVAS TECNOLOGÍAS EN EL CONTROL Y PREVENCIÓN DE LA TRISTEZA DEL AGUACATE.

Un problema que afecta el cultivo del aguacate en la región productora del mundo localizada en Uruapan, Michoacán

en México, es la primera enfermedad conocida como la tristeza del aguacate, producida por el ataque a la raíz del hongo patógeno *Phytophthora cinnamomi*.

Las resiembras en las zonas afectadas no sobreviven más allá de 3 ó 6 meses. Los árboles enfermos muestran un amarillamiento en las puntas y pierden progresivamente el follaje hasta secarse completamente en poco tiempo.

La sintomatología es muy evidente sobre todo al observar la raíz, la cual muestra un color oscuro por fuera y una coloración rojiza al hacer un corte longitudinal.

Para el control de esta enfermedad se requiere un buen conocimiento no solo del ciclo de crecimiento y reproducción del patógeno, sino también de los factores responsables de su proliferación y de los resultados recientes de investigación, lo cual puede ayudar a los productores a reducir considerablemente los costos, implantando medidas preventivas.

Causas de la enfermedad. La tristeza del aguacatero es el resultado del desequilibrio en la microflora del suelo, en donde las poblaciones de los organismos predadores naturales del patógeno disminuyen ocasionando la proliferación excesiva del parásito y consecuentemente la manifestación del daño en el cultivo.

Según Plant Health Care, Mex (1999), en la rizosfera existen mecanismos de autorregulación, donde las poblaciones de microbios (bacterias y hongos principalmente) benéficos y patógenos guardan un equilibrio favorable para el crecimiento de las plantas.

Cuando se rompe este "equilibrio" se manifiesta la enfermedad, como en el caso de un brote de tristeza.

Uno de los principales factores que alteran este "equilibrio natural", es la compactación progresiva del suelo que ocasiona la aplicación excesiva de fertilizantes químicos, aunado a una incorporación deficiente de materia orgánica. De esta forma las partículas que forman el suelo pierden su estructura natural.

Se reduce la aireación, así como los procesos biológicos de descomposición de la materia orgánica y por tanto también se reduce el alimento necesario para que proliferen los microorganismos benéficos que controlan las poblaciones de los microorganismos patógenos.

Si a lo anterior se suma la aplicación excesiva de fungicidas a base de cobre y azufre, los cuales no sólo eliminan los organismos patógenos, sino también a muchos organismos benéficos, el cuadro clínico tiende a complicarse aún más.

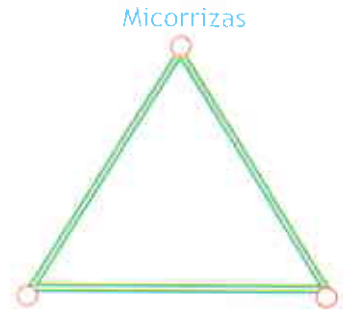
Está demostrado en numerosas publicaciones científicas que mediante la aplicación correcta de materia orgánica debidamente compostada, así como el restablecimiento de un balance adecuado de poblaciones de microorganismos, es posible controlar y prevenir enfermedades como la tristeza del aguacate.

La empresa Plant Health Care de México, ha iniciado una serie de pruebas en Michoacán, que comprueban la efectividad del uso de microorganismos en el control y prevención de esta importante enfermedad del aguacate.

¿En qué consiste esta tecnología?. El enfoque utilizado por los científicos y técnicos del PHC, se basa en el uso de tecnología microbiana de punta y la más moderna en la agricultura de hoy. Este enfoque coincide irónicamente, con los conceptos básicos de biodiversidad, utiliza-

dos por las culturas mesoamericanas precolombinas en el manejo tradicional de los agroecosistemas hace cientos de años.

La tecnología se basa en:



Biofertilizantes Control Biológico

Uso de micorrizas. El primer paso es lograr la colonización de las raíces con cepas seleccionadas de hongos endomicorrízicos; los cuales forman una asociación simbiótica en donde el hongo confiere una resistencia a organismos patógenos del suelo, mejora la absorción de nutrientes como nitrógeno, fósforo, potasio y calcio así como otros micronutrientes básicos.

Además la micorrización resulta en una expansión muy importante del sistema radical de la planta, mejorando la absorción de agua, previniendo con esto el estrés hídrico y ahorrando agua de riego, lo cual se traduce en un efecto fitotónico natural y excelente en la prevención de enfermedades ocasionadas por patógenos del suelo.

Plant Health Care, cuenta con una línea de inoculantes micorrízicos comerciales. Se dispone de *Glomus spp*, además Root Dip que es un inoculante con esporas de hongos endo y ectomicorrízicos (*Entrophospora columbiana*, *Glomus etunicatum*, *Glomus clarum*, *Glomus intraradices* y *Pisolithus tinctorias*) bacterias promotoras de crecimiento y bioestimulantes.



Biofertilización. El segundo paso es la aplicación de fertilizantes biológicos u orgánicos, a base de bacterias fijadoras de nitrógeno atmosférico, solubilizadores de fósforo y otros compuestos para mejorar la aireación y descomposición del suelo así como la proliferación de los microorganismos benéficos y además promover el crecimiento de nuevas raíces absorbentes, incrementando el volumen radical.

• **Control biológico.** Finalmente el tercer paso consiste en la aplicación de una mezcla de más de 20 cepas diferentes de bacterias y hongos micoparasitarios (que se alimentan de parásitos de los géneros *Phytophthora*, *Fusarium*, *Pithium*, *Rhizoctonia*, *Sclerotium*, *Verticillium* y otros) entre los cuales se encuentran *Rhizobacterias Basillus spp*, *Pseudomonas spp*, *Atreptomices spp* y cuatro especies del hongo *Trichoderma spp*.

PHC, cuenta con el producto BioPack-F, que es polvo hidrosoluble, formulado con una selección de esporas de 24 cepas de bacterias y hongos hiperparasitarios.

Resultados en vivero. La inoculación de la rizosfera del aguacate con hongos micorrízicos en el vivero, incrementó el volumen de la raíz en un 125% (peso fresco), y en un 60% (peso seco) en 60 días, logrando así la proliferación abundante de raicillas secundarias absorbentes en los tratamientos con respecto al testigo. Como consecuencia se lograron plantas mucho más vigorosas y mejor preparadas para el transporte y por tanto con mayor resistencia a la tristeza.

En campo. Las plantaciones de aguacate altamente infestadas con tristeza en la

región de Tancítaro (México), en donde hace más de tres años la mortalidad de los nuevos trasplantes había sido del 100%, los árboles a los cuales se les aplicó la técnica descrita presentaron por primera vez un crecimiento vigoroso y sano, mientras que los árboles que no fueron tratados murieron a los tres meses.

Como conclusión, la técnica de PHC comprueba así una vez más la eficacia de brindar "soluciones naturales a problemas ambientales" y que "Para ser Mejor hay que tener buenas raíces".

PUDRICIÓN DE LA RAÍZ POR ARMILLARIA

Síntomas: los árboles se marchitan cuando la mayor parte del sistema radical ha sido invadido y puede morir rápidamente. Al levantar la epidermis de las raíces enfermas, se observan algunos filamentos blancos que corresponden al micelio del hongo *Armillaria mellea*.

Control: Las medidas de control comprenden la remoción de los árboles enfermos y el tratamiento del suelo con un fumigante.

PUDRICIÓN POR RHIZOCTONIA

El hongo *Rhizoctonia solani* invade cotiledones y mata el embrión causando una pudrición parda. Ocasionalmente la plántula escapa de la infección y crece a pesar de tener la raíz principal completamente necrosada. Bajo estas condiciones se desarrollan raíces secundarias que continúan el proceso.

Si la infección se presenta después de que la raíz ha crecido varios centímetros, el hongo afecta las partes más jóvenes de la raíz causando lesiones pardas con estrangulamiento. La pudrición es suave y quebradiza. La enfermedad se presenta principalmente en semilleros.

Control: Debido a que el hongo ataca principalmente en condiciones de semillero, se recomienda desinfectar el suelo o sustrato, con fungicidas específicos o con vapor de agua a 82°C. Los frutos destinados para semilla de patrón deben ser tomadas del árbol directamente, sin que entren en contacto con el suelo.

MUERTE PROGRESIVA DEL AGUACATE

Síntomas: Consiste en el marchitamiento de algunas ramas del árbol. La muerte comienza por las puntas de las ramas y avanza hacia las partes más viejas; si se levanta la corteza en el área afectada, se puede ver una coloración anormal de tejidos.

La gravedad del ataque del hongo *Botrydiplodia theobromae* está asociada con algún factor que impide el normal desarrollo del árbol, tal como suelo pesado, mal drenaje, falta de agua o presencia de insectos taladradores del tallo.

Control: El control se efectúa con la poda sanitaria. Se deben cortar las ramas por

las zonas donde no existe coloración anormal interna. Las superficies de corte se deben desinfectar con pasta bordelesa (1 Kg de cal en 4 litros de agua se le agrega una mezcla que contenga ½ kilo de sulfato de cobre en 2 litros de agua). Finalmente los cortes se deben sellar con una pasta cicatrizante.

PUDRICIÓN POR VERTICILLIUM

El hongo se ubica en los vasos del xilema y obstruye el paso ascendente del agua y nutrientes, la planta empieza a presentar un marchitamiento, amarillamiento y secamiento de las hojas. La infección puede ocurrir en algunos sectores del sistema vascular, por lo que los síntomas pueden presentarse inicialmente sólo en una rama o en un lado del árbol, posteriormente el árbol se muere. Los síntomas son más marcados en épocas secas aunque la diseminación es más rápida en épocas de lluvia.

12. ÍNDICES DE MADUREZ

Para proceder a cosechar los frutos de aguacate para su comercialización es necesario determinar el punto de maduración comercial, que es el momento aconsejable para comercialización y consumo. La recolección se puede determinar mediante la aplicación de diferentes índices:

Índices subjetivos: Tamaño y forma de los frutos, color interno del mesocarpio, desarrollo de la zona de abscisión, días transcurridos de floración a cosecha.

Índices objetivos: Firmeza del mesocarpio, para lo cual se utiliza el penetrómetro; contenido de aceite por

método químico, respiración o producción de CO₂ y otros. Una de las técnicas más utilizadas es la determinación del contenido de aceite.

Se conoce que la maduración comercial del aguacate no se realiza solamente en la planta, sino que se concluye después que el fruto ha sido separado del árbol y después que ha alcanzado una maduración interna adecuada. Después de la maduración interna o fisiológica, el aguacate puede permanecer en el árbol un tiempo variable de 14 días a 5 meses, dependiendo de la variedad.



13. COSECHA

Durante la recolección es importante cuidar la forma en que se realiza el corte, ya que un corte deficiente daña la calidad de la fruta. La cosecha debe ejecutarse con tijeras, bolsas y ganchos con red, cuidando que la fruta conserve una porción del pedicelo, de aproximadamente 8-10 mm para no provocar una maduración acelerada ni la penetración de patógenos.

Debe evitarse el contacto directo del fruto con el suelo, colocar las canastillas con fruta en la sombra, no llenar demasiado las canastillas, trasladar al mercado lo más pronto posible.

13.1 POSCOSECHA

La calidad del aguacate disminuye en el proceso de empaque y comercialización, especialmente a mercados distantes. Los daños mecánicos más frecuentes son: golpes, rayaduras, aplastamiento, lesiones ocasionadas por las uñas de los operarios; son defectos originados por el mal manejo en la cosecha y empaque, que se perciben solamente en el mercado, puesto que son difíciles de detectar en el empaque.

Dentro de los problemas más frecuentes que afectan la calidad se tiene: daños fisiológicos, Antracnosis y otras enfermedades, grado de maduración inadecuado, deficiencia en la clasificación, selección y empaque.

Problemas fitosanitarios en poscosecha

ANTRACNOSIS (*Colletotrichum gloeosporoides*). Esta enfermedad es considerada como una de las de mayor frecuencia e importancia, porque además de los daños y efectos que causa en la producción, reduce la calidad del fruto durante el

almacenamiento, comercialización y transporte.

Los factores que favorecen el desarrollo de esta enfermedad, son la humedad relativa alta, frutos y follaje dañados, follaje muerto y frutos manchados antes de alcanzar su madurez fisiológica: Los frutos pasados de cosechar, lo mismo que los frutos muy sombreados y próximos al suelo.

Control: Establecer los huertos con distancias de siembra adecuadas con el fin de proporcionar buena aireación y eliminar el follaje muerto; evitar el follaje excesivo y que las ramas cuelguen al suelo. El control químico se realiza aplicando fungicidas a base de cobre antes de la cosecha.

PUDRICIÓN DEL PEDICELO (Hongos asociados Xanthomonas, Diplodia, Alternaria y Helminthosporium). El daño principal es la caída del fruto que puede ser desde recién formado hasta cerca de la maduración. En árboles con ataques ligeros se pierde entre 10 y 15% de la fruta ya amarrada, por lo que la reducción en la producción es considerable.

En términos generales los sistemas se manifiestan por una incisión o anillo que se forma en el pedicelo del fruto, en el lugar de la unión, el anillo abarca desde 2mm hasta 2 cm. se presenta caída abundante de los frutos, o bien quedan adheridos pero se deshidratan rápidamente y toman un aspecto momificado.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AGUILAR M.,JJ.; LOPEZ A; BACA C.J .; VALENCIA H, A. 1990. Determinación de la fórmula de fertilización más adecuada para el cultivo del aguacate en la región de Coatepec Harinas, México. Cictamex. p 29-39
- AGUILERA C.M y MARTINEZ E.R. 1989. Relaciones agua suelo planta atmósfera. 4 edic. Vach Chapingo. México. p 298
- ALVAREZ , P.P 1981. El aguacate. Pub Ext Agropecuaria. Madrid, España. 190p
- BERGH B. 1992. The origin nature and genetic improvement of the avocado California Avocado Society Yacrbok
- BERGH, B.O 1969. Avocado (*Persea Americana* Miller) In : Ferweda F.P and F Wit (eds) Outlines of pernnial Crop Brooding in the tropics. Landbownhogescholl (Agricultural University) Wageninpen, the Netherlands Misc pap No. 14.
- BUSSI C.J; HUGUET G; BESSET J; GIRARD T. 1994 . Effects of nitrogen fertilization applied during trickie irrigation on the growth and fruit yield of peach. Eur J. Agron. 3 : 243-248
- BOULD C. 1996. Leaf analysis of deciduos fruits. In: Childers N.T (Ed) nutrients of fruit crops: temperatue, subtropical, tropical pp 651-684
- BERNIER G ; HAVELANGE A; HOUSSA C; PETITJEAN A; LEJEUNE P. 1993. Physiological signals that inoluce flowering. Plan Cell 5: 1147-1153
- BUTTROSE MS and D.M ALEXANDER 1978. Promotion of floral initiation In: Fuerte avocado by low temperature and short daylength Scientia Hort. 8: 213-217
- DAVIES W.J and ZHANG 1991. Root signals and the regulation of growth and development of plants in during soil. Annu Rev plant physiol plant mol boil 42: 55-77
- GARCIA C.I. Y BRIONES S.G. 1989. Diseño y evaluación de sistemas de riego por aspersión y goteo . UAAAN Saltillo , Coach
- GOODALL G.E; EMBLETON T.W and PLATT R.C. 1981. Avocado fertilitation. Divition of Agricultural Sciences. University of California 317 p
- GALLEGOS R. 1983. Algunos aspectos de la producción de aguacate en el estado de Michoacán. Universidad Autónoma Chapingo. Patronato Universitario Grupo editorial Gaceta S.A of México.
- GALLO L. 1992. Update of Canary Islands research on west Indian avocado rootstocks tolerance / resistance to phytophthora root rot Prac of second world Avocado Congress 1. : 551-558



- JOHANSEN R.M and MOJICA G. A. 1997.** Importancia agrícola de trips pp 11-18 En: Manual sobre entomología y acarología aplicada. Puebla.
- KREMER - KHONE S AND KHONE J.S. 1992.** Yield and quality of Fuerte and Hass on clonal rootstocks. South African Avocado Growers Association Yearbook 15:69
- LAHAV E. Y BARAND D KALMAR 1990.** Effect of nitrogenous fertilitation on the annual variations in nutrient in vocado leaves . Commun. In soil /Sci. Plan Anl. 21: 1353 -1365
- LAHAV E. ; LAVI D. U.; ZAMET AND GAZIT 1989.** IRIET : A new avocado cultivar . Hort Science 27: 1237
- LAYNE R.E.C ; JAN Ch. S D; HUNTER M; CLINE R.A. 1996.** Irrigation and fertizer application methods affect performance of high density peach orchards . Hort Sci 31: 370-375
- LEWIS T. 1973.** Trips their biology , Ecology and economic importance Academic Press New York 398 p.
- LUDWICK A. 1997.** El manejo de fertilizantes a través de los sistemas de riego : fertirrigación. Informaciones agronómicas. Instituto de la Potasa y el fósforo 2: 1-5.
- MONSELISE S.P. AND GOLDSCHMIDT E.E. 1982.** Alternate bearing in fruit trees. Hort Rev. 4. 128-172
- ORTIZ S.C. 1982.** Agrometereología. Chapingo México 163 p.
- RODRÍGUEZ S.F. 1982.** El Aguacate. AGT editor Buenos Aires, Argentina. 152 p.
- SÁNCHEZ S. 1987.** Nuevas tecnologías en el cultivo del aguacate. Especialidad de Ingeniería Agronómica, Academia Mexicana de Ingeniería D.F México 85 p.
- SÁNCHEZ S. And BARRIENTOS 1987.** Avocado production and breeding in México Sooth African Avocado Growers Association yearbook 10:30
- SEDGLEY M. AND GRANT W. J.R .1983.** Effect of low temperature during flowering on floral cycle and pollen tubegrowth in nine avocado cultivars. Scientia Hort 18: 207-213.
- SALGADO S. M. L. 1993.** Problemas fitosanitarios del aguacate en Coatepec Harinas En: Memorias Centro de Investigaciones científicas y tecnológicas del aguacate en el estado de México. Coatepec Harinas , Mex pp 191- 212.
- TIRADO T. JJ 1977.** Variación de la concentración de N,P,K en hojas de aguacate (fuerte) por efecto de la fertilización y estados fenológicos. Tesis profesional E. N. A. Chapingo, México.
- WESTOBY J. 1989.** Introduction to world forestry. Basil Blackwell. Oxford, England.



010100022566

Publicación Corpoica

Autores

Jaime Morales Granados
Víctor Hugo Morales Núñez
Jairo López Morales

Edición

Nidia Ramírez González

Fotografía

Jaime Morales Granados

Tiraje

500 ejemplares

Diseño

Luis Fernando Rivero Sánchez

Preprensa e Impresión

Litografía La Bastilla Ltda

Bucaramanga, 2005

