

ACTUALIZACIÓN TECNOLÓGICA Y BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS (BPA) EN EL CULTIVO DE AGUACATE





ACTUALIZACIÓN TECNOLÓGICA Y BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS (BPA) EN EL CULTIVO DE AGUACATE

Jorge A. Bernal Estrada

I.A. M.Sc. en Horticultura. Investigador Máster, Corpoica
C.I. La Selva. Km 7 vía Las Palmas - Rionegro, Sector Llanogrande.
Rionegro, Antioquia,
Colombiajbernal@corpoica.org.co

Cipriano A. Díaz Díez

I.A. M.Sc. en Ciencias Agrícolas. Investigador Máster. Corpoica
C.I. La Selva. Km 7 vía Las Palmas - Rionegro, Sector Llanogrande.
Rionegro, Antioquia, Colombia
cdiaz@corpoica.org.co

Carolina Osorio Toro

Ingeniera Agrónoma, Inspectora Globalgap y BPA.
La Ceja, Antioquia, Colombia
osorio.carolina@gmail.com

Álvaro Tamayo Vélez

I.A. M.Sc. Suelos. Investigador Máster. Corpoica
C.I. La Selva. Km 7 vía Las Palmas - Rionegro, Sector Llanogrande.
Rionegro, Antioquia, Colombia
atamayo@corpoica.org.co

Walter Osorio Vega

I.A. Ph.D. Docente e Investigador.
Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín
nwosorio@unal.edu.co

Oscar Córdoba Gaona

I.A. Ph.D. en Ciencias Agrarias – Línea Fisiología de la Producción
Vegetal. Investigador Ph.D. Corpoica
Corpoica. C.I. El Nus. San Roque, Antioquia, Colombia
ocordoba@corpoica.org.co

Pablo J. Tamayo Molano

I.A. M.Sc. en Fitopatología. Investigador Máster. Corpoica
C.I. La Selva. Km 7 vía Las Palmas - Rionegro, Sector Llanogrande.
Rionegro, Antioquia, Colombia
ptamayo@corpoica.org.co

Takumasa Kondo Rodríguez.

I.A. Ph.D. en Entomología. Investigador Ph.D. Corpoica
C.I. Palmira. Contiguo a la Penitenciaría, Palmira,
Valle del Cauca, Colombia
tkondo@corpoica.org.co

Arturo Carabalí Muñoz

I.A. Ph.D. en Ciencias Biológicas-Entomología. Investigador Ph.D.
Corpoica
C.I. Palmira. Contiguo a la Penitenciaría, Palmira,
Valle del Cauca, Colombia
acarabali@corpoica.org.co

Edgar H. Varón Devia

I.A. Ph.D. Investigador Ph.D. Corpoica
C.I. Nataima. Km 19 vía Espinal, Chicoral, Tolima, Colombia
evaron@corpoica.org.co

Ana M. Caicedo Vallejo

I.A. Ph.D. en Entomología. Instituto Colombiano Agropecuario
– ICA.
Bogotá, Colombia
anam.caicedo@gmail.com

Angélica Sandoval Aldana

I.Q. Ph.D Ingeniería énfasis Alimentos.
Docente Universidad del Tolima. Ibagué, Tolima, Colombia
apsandovala@ut.edu.co

Freddy Forero Longas

I.A. Ph.D Ingeniería énfasis Alimentos. Investigador Ph.D.
Corpoica
C.I. Nataima. Km 19 vía Espinal, Chicoral, Tolima, Colombia.
fforero@corpoica.org.co

Jairo García Lozano

I.A. Ph.D Ciencias Agropecuarias - Área Agraria Corpoica
C.I. Nataima. Km 19 vía Espinal, Chicoral, Tolima, Colombia.
jgarcia@corpoica.org.co

Mauricio Londoño Bonilla

Administrador de Empresas Agropecuarias. Esp. Poscosecha.
Investigador Profesional. Corpoica
C.I. La Selva. Km 7 vía Las Palmas - Rionegro, Sector Llanogrande.
mlondonob@corpoica.org.co

Bogotá D.C., Colombia 2014

Bernal Estrada, Jorge; Díaz Diez, Cipriano; Osorio Toro, Carolina; Tamayo Vélez, Álvaro; Osorio Vega, Walter; Córdoba Gaona, Óscar; Londoño Zuluaga, Martha Eugenia; Kondo Rodríguez, Demian Takumasa; Carabalí Muñoz, Arturo; Varón Devia, Edgar; Caicedo Vallejo, Ana María; Tamayo Molano, Pablo Julián; Sandoval Aldana, Angélica; Forero Longas, Freddy; García Lozano, Jairo; Londoño Bonilla, Mauricio/Actualización Tecnológica y Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) en el Cultivo de Aguacate.

Medellín (Colombia): Corpoica, 2014. 410 p.

Palabras Claves: AGUACATE, AGUACATERO, PALTA, AVOCADO, TECNOLOGÍA PARA EL CULTIVO, PERSEA AMERICANA, FRUTALES, COLOMBIA.



Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - Corpoica - ,
Línea de atención al cliente: 018000121515
atencionalcliente@corpoica.org.co

www.corpoica.org.co

ISBN:

Segunda edición: Febrero 2014

Tiraje:

Impreso por SUIMAGEN CREATIVA S.A.S.

Impreso en Colombia

Printed in Colombia

DISEÑO, DIAGRAMACIÓN & CORRECCIÓN DE ESTILO

Oficina Asesora de Comunicaciones, Identidad y Relaciones Corporativas // **Corpoica**

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	6
INTRODUCCIÓN	8
I. MANEJO DEL CULTIVO	10
II. BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS (BPA)	152
III. NUTRICIÓN Y FERTILIZACIÓN	182
IV. ARVENSES	213
V. INSECTOS Y ÁCAROS	227
VI. ENFERMEDADES Y DESÓRDENES ABIÓTICOS	285
VII. COSECHA, MANEJO POSCOSECHA Y AGROINDUSTRIA	314
VIII. ESTRUCTURA DE COSTOS DE PRODUCCIÓN	358
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	368



AGRADECIMIENTOS

Los autores expresamos nuestros agradecimientos a: Juan Lucas Restrepo Ibiza, Director Ejecutivo de Corpoica; Jairo Osorio Cardona, Gestor de Innovación de la Red de Frutales; María del Rosario Cabo Andrade, Jefe de la Oficina de Comunicaciones, Identidad y Relaciones Corporativas y a Francisco Ceballos Bermúdez, Director del Centro de Investigación La Selva por el respaldo institucional y apoyo administrativo para nuestras actividades.

Igualmente, un reconocimiento a la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural de Antioquia en cabeza de su Secretario, Diego Miguel Sierra Botero; a Carlos Mario Valencia Valencia, Ángela María Álvarez Álvarez y Mario Montoya Gaviria, Profesionales Universitarios de la Unidad Regional de Planificación Agropecuaria - URPA por apoyo financiero y técnico que permitió la publicación de este documento.

Mención especial a la Investigadora Luz Adriana Vásquez Gallo, por sus observaciones, aportes y permanente apoyo técnico en la planeación y ejecución de actividades, que permitieron consolidar información de importancia para esta publicación. Igualmente a German Ríos Gallego, Investigador que revisó los contenidos y aportó ideas para la versión final de este documento. Agradecemos a Julio César Tabares Suaza, Manuel Hincapié Zapata, Arlex González Herrera, Miguel Ángel Zapata Cuartas, Óscar Loaiza Loaiza, Maritza López Aguirre y María Vargas Arcila, Asistentes de Investigación de Corpoica, C.I. La Selva por su dedicación, empeño y responsabilidad en la toma de información y en las actividades de investigación relacionadas con el manejo del cultivo de aguacate.

Nuestra gratitud también a los propietarios y administradores de las fincas donde se realizaron actividades de investigación que aportaron información relevante sobre el desarrollo del aguacate cv. Hass en Antioquia. Támesis: Mauricio Aristizábal Henao, Iván Arley Jaramillo Castañeda; Venecia: Juan Fernando Mesa Piedrahita, Ovidio Duque Ramírez, Rafael Moreno, Huber Cartagena; Jericó: Jose Bustamante Cano, John Mario Zuleta Flórez; Rionegro: Ricardo Uribe, Alfonso García; Marinilla: Joaquín Cuervo Tafur, Rubén Darío Osorio Ramírez; Entreríos: Juan Camilo Ruíz Pérez, Juan Fernando Vásquez Palacio. Sea la oportunidad para reiterar un agradecimiento especial a los colegas Eduardo Mejía Vélez (Asistente Técnico particular) y José Régulo Cartagena Valenzuela, (Docente Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín).

A los colegas mexicanos, Salvador Ochoa Ascencio (Docente de la Facultad de Agrobiología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo) y Marcelino Cortés Rojas (Investigador del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias INIFAP - Campo Experimental Uruapan, Michoacán), por su acompañamiento técnico y asesoría en el cultivo de aguacate durante la estadía en ese país de uno de los autores, de gran ayuda para confrontar la información que contiene este manual.

A Germán Franco (Investigador Corpoica, C.I. La Selva), Danilo Ríos Castaño (Gerente Profrutales), Roberto Aguilar (Asistente Técnico particular), Gilma Orrego (Asistente Técnico particular) y Andrés Eduardo Mejía Hernández (Secretario Técnico del Consejo Nacional del Aguacate) por sus desinteresados aportes técnicos y experiencias, las cuales permitieron consolidar la tecnología disponible de este cultivo en Colombia.

Nuestra gratitud a Nilsen Anvary Sánchez Garzón profesional de la Unidad de de Comunicaciones, Identidad y Relaciones Corporativas por la revisión y edición del documento; a las Auxiliares Administrativas Ruth Stella Torres Restrepo, Martha Eugenia Gallego Echeverri y Alba Mery Escobar Aguirre de Corpoica, C.I. La Selva por su dedicación.





INTRODUCCIÓN

La presente publicación es el resultado del desarrollo de múltiples trabajos y experiencias de investigación, transferencia de tecnología e innovación, adelantados por investigadores y especialistas que integran la Red de Frutales de Corpoica y de otras entidades, en torno al cultivo del aguacate en Colombia.

La “Actualización Tecnológica y Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) del Cultivo de Aguacate”, recopila información acerca de la producción de este frutal, desde trabajos que hiciera el Instituto Colombiano Agropecuario - ICA, para finalizar con los estudios realizados por Corpoica y otras instituciones públicas y privadas, recogiendo tanto las experiencias de los investigadores, como la de productores exitosos y además, consultando la literatura disponible. Para la realización de este trabajo, participaron fitomejoradores, fisiólogos, entomólogos, fitopatólogos, edafólogos y especialistas en poscosecha, entre otros.

Según el Dane (2013) el aguacate fue una de las frutas con mayor crecimiento en área de la última década; actualmente ocupa el tercer lugar en importancia del sector frutícola nacional. Es una fruta que cuenta con alta demanda debido a su sabor y múltiples usos, tanto en la industria alimenticia, como en la cosmética y farmacéutica, sin contar con sus cualidades nutracéuticas. El aguacate fresco es la forma preferida de consumo en Colombia, como acompañante de comidas o en ensaladas; se preparan también cocteles, bebidas y diversos sorbetes sin licor o con éste. Es una fruta versátil que se lleva bien con alimentos salados y dulces.

De acuerdo con Mejía (2013) (Información personal) se estima que para 2013 el consumo de aguacate en Colombia, el cual viene en aumento, es de 5,2 kg/persona/año, considerando una población de más de 47 millones de habitantes y una producción de 245.000 toneladas, de las cuales 230.000 es producción interna y 15.000 toneladas son importadas.

Según las proyecciones de la FAO (2013), la cosecha de aguacate ascenderá a 3,9 millones de toneladas en 2014 y se obtendrá más del 86% en los países en desarrollo. América Latina y el Caribe serán las principales regiones productoras del mundo puesto que México y Chile son dos de los mayores exportadores de aguacate y actualmente, Perú y Colombia vienen ascendiendo en este mercado. Para 2011, la producción de aguacate en el mundo llegó a 4,2 millones de toneladas, de las cuales Colombia aportó el 5,1%, ocupando el 6º lugar, con aproximadamente 215.000 toneladas, lejos de México como primer productor, con un 30% de la producción mundial, seguido por Chile con un 8,7%.

De acuerdo con estadísticas del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, durante 2012 se registró en Colombia una producción de 215.090 toneladas de aguacate, obtenidas en 27.555 hectáreas, que se encuentran altamente dispersas desde el punto de vista geográfico, pues el cultivo está presente en 15 departamentos del país. El 21,3% (5.864 ha) del área total sembrada en Colombia, se concentra en el departamento del Tolima, seguido por Bolívar y Antioquia con una participación del 12,4% (3.406 ha) y el 14,8% (4.083 ha), respectivamente. El rendimiento promedio nacional fue para el año 2011 de 9,3 t/ha.

Este cultivo representa el 2% del área frutícola cosechada nacional, así como el 2% de la producción de todo el sector. Su área cosechada creció un 6% y su producción un 10%, en el período 1992 - 2000.

La principal amenaza del cultivo es la enfermedad causada por el hongo *Phytophthora cinnamomi*, que ha afectado tanto a las variedades no mejoradas, es decir, las variedades criollas procedentes de la raza Antillana, producidas en la Costa Atlántica, especialmente en Bolívar y Cesar, como a las variedades mejoradas, entre las que se destacan Lorena, Booth 7 y 8, Trapp, Trinidad, Hass, Fuerte, Choquette y Santana, que se localizan especialmente en Antioquia, Valle del Cauca, Eje Cafetero y Tolima. La producción nacional de aguacate es limitada, ya que no cubre la demanda interna del producto y su cultivo es, en general, disperso y poco tecnificado.

En la última década, según el Dane (2013) la variedad de aguacate Hass ha venido mostrando un auge importante, tanto para mercado nacional como para mercados internacionales. Para el año 2012, el área sembrada de esta variedad en Colombia llegó aproximadamente a las 7.000 ha, presentando un incremento del 75% frente a 2008. Los principales departamentos productores de aguacate Hass son Antioquia con 3.000 ha, Tolima 2.000 ha, Caldas 800 ha, Eje Cafetero (Quindío y Risaralda) 700 ha, Cauca y Valle del Cauca 600 ha.

Un capítulo de esta publicación hace mención a las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA), las cuales se originan como gestión de la calidad en la producción de alimentos frescos, que se desarrolló por el alto grado de sensibilidad de los consumidores, hacia la inocuidad de los productos alimenticios de buena calidad.

Las expectativas que los productos sean manipulados en condiciones higiénicas y libres de riesgos para la salud, también en la producción de aguacate, han llevado a los productores, empacadores, transportistas, exportadores y comerciantes de todo el mundo a hacer mayores esfuerzos para asegurar la aceptabilidad de sus productos. La producción bajo el esquema de BPA asegura a los consumidores de frutas y hortalizas frescas, un producto sano e inocuo para el consumo humano, protegiendo además el medio ambiente y la salud de los trabajadores.

I. MANEJO DEL CULTIVO



I. MANEJO DEL CULTIVO

Jorge A. Bernal E.¹
Cipriano A. Díaz D.²

Origen

El aguacate tiene como su centro de origen a América (Avilán *et al.*, 1992). Su distribución natural va desde México hasta Perú, pasando por Centro América, Colombia, Venezuela y Ecuador (Téliz, 2000). Los primeros pobladores de Centro y Suramérica, domesticaron este árbol varias centurias antes de la llegada de los europeos a América (Téliz, 2000). El origen del aguacate como especie frutal de acuerdo con Williams (1977b) tuvo lugar en las partes altas del Centro y Oriente de México y Guatemala. Esta misma región está incluida en lo que se conoce como Mesoamérica, y también es considerada como el área donde se llevó a cabo la domesticación del mismo.

El origen del aguacate y sus variedades ha sido ubicado en el área de Mesoamérica; sin embargo, existen todavía algunos aspectos que no han sido suficientemente explicados (Galindo y Arzate-Fernández, 2010). Los mismos autores aseguran que la integración de estudios geológicos, arqueológicos y paleológicos, permitieron examinar los ancestros más antiguos, su distribución geográfica y sus posibles rutas de dispersión. A la luz de los datos recolectados por los autores, proponen que el centro de origen del aguacate posiblemente estuvo en el área que actualmente ocupa la Sierra Nevada de California y que esto pudo ocurrir cuando las montañas emergieron hace cerca de 5 a 8 millones de años. Después de lo anterior, el aguacate emigró hacia el Sur en donde ocurrieron diferentes domesticaciones y evolucionaron las actuales variedades comerciales. Cada variedad se adaptó a diferentes condiciones ecológicas y empezó a ser domesticada por diferentes grupos culturales (Galindo y Arzate-Fernández, 2010). Las evidencias arqueológicas indican que el uso y la selección de este frutal en México, comenzó hace unos 10.000 años. El aguacate era bien conocido por el hombre desde tiempo atrás, ya que la demostración más antigua del consumo de aguacate fue encontrado en una cueva en Coxcatlán, región de Tehuacán, Puebla, México, fechados entre los años 8.000-7.000 a.C. (Smith, 1966); además el hecho de encontrar semillas de aguacate en este lugar, de un tamaño mayor a las encontradas en excavaciones anteriores, demuestra que, durante ese tiempo se produjo una selección progresiva en busca de un mayor crecimiento del fruto, entre otras cualidades (Smith, 1966, 1969).

¹I.A. M.Sc. en Horticultura. Investigador Máster. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica, C.I. La Selva. Rionegro, Antioquia, Colombia. Correo electrónico: jbernal@corpoica.org.co

²I.A. M.Sc. en Ciencias Agrícolas. Investigador Máster. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica, C.I. La Selva. Rionegro, Antioquia, Colombia. Correo electrónico: cdiaz@corpoica.org.co



Dispersión y domesticación

Este frutal se dispersó desde México hasta el Perú en el período precolombino y fue domesticado por los Aztecas; es de anotar que en Suramérica sólo se conocía en la región oriental, comprendida entre la Sierra Nevada de Santa Marta en Colombia y el Norte de Chile (Téliz, 2000). El aguacate domesticado se extendió por varias regiones de México y Centro América. La reproducción de nuevos árboles se hacía por semilla y así fue como se promovió una gran diversidad genética, que facilitó la adaptación del aguacate a diversas regiones (INIFAP, 2011).

En el período colonial, esta especie fue llevada a Las Antillas, Brasil y al Sur de Europa, entre los siglos XVI y XVII; a Hawaii, La Florida y California fue introducida en el siglo XIX; en Sudáfrica, Argentina e Israel, se iniciaron cultivos comerciales en la primera mitad del siglo XX (Ibar, 1979; Knight, 2007). El aguacate ha sido utilizado y seleccionado en lo que actualmente es el estado de Puebla en México, desde hace aproximadamente 9.000 años (Smith, 1966, 1969). El primer material utilizado corresponde a un ejemplar de la raza Mexicana nativo de esta zona; sin embargo, en el Valle de Atlixco, también en el estado de Puebla, árboles de semilla de las razas Mexicana y Guatemalteca habían sido ya encontrados, así como la aparente hibridación interracial entre éstas (Knight y Campbell, 1999).

Existe evidencia directa de la domesticación, en el período Clásico Maya, del maíz, calabaza, yuca, algodón, aguacate, camote y el agave, lo cual está sustentado por restos de plantas en el contexto arqueológico y lingüístico que le dan validez a esta lista de cultivos (Turner y Miksieck, 1984). Las culturas antiguas también contaban con un buen conocimiento acerca del aguacate y de sus variantes, como se muestra en el Códice Florentino, donde se mencionan tres tipos de aguacate, que de acuerdo con su descripción; "aoacatl" podría tratarse de la raza Mexicana, "tlacacolaocatl" a la raza Antillana y "quilaoacatl" a la raza Guatemalteca (Scora, *et al.*, 2007). Por otra parte en el Códice Mendocino existen jeroglíficos donde se indica el poblado Ahuacatlan ("lugar donde abunda el aguacate"). Después del descubrimiento de América y la conquista de México, Centro América, Colombia y Perú, el aguacate fue llevado a España en 1600 y posteriormente comenzó su distribución a nivel mundial (Barrientos-Priego y López-López, 2002; Smith *et al.*, 1992) (Tabla 1) (Figura 1).

Tabla 1. Dispersión geográfica del aguacate y año de origen.

País-Región	Año	País-Región	Año	País-Región	Año
España	1600	Senegal	1824	Filipinas	1890
Jamaica	1650	Singapur	1830	India	1892
Cuba	1700	La Florida	1833	Tanzania	1892
Ghana	1750	California	1848	Malí	1892
Barbados	1751	Asia	1850	Malasia	1900
Islas Mauricio	1780	Australia	1850	Sudáfrica	1904
Madagascar	1802	Chile	1850	Nueva Zelanda	1910
Brasil	1809	Uganda	1856	Israel	1924
Hawai	1810	Egipto	1870	Turquía	1932

Fuente: Smith *et al.*, 1992.



Figura 1. Dispersión del aguacate desde su centro de origen después de la conquista (adaptado de Smith et al., 1992)

El aguacate es cultivado principalmente en tres zonas climáticas distintas: los climas frescos, semiáridos, con lluvias predominantes en invierno, como California, Chile e Israel; los climas subtropicales húmedos, con lluvias predominantes en verano, por ejemplo en el Este de Australia, México y Sudáfrica; y los climas tropicales y semitropicales con veranos lluviosos, como en Brasil, La Florida e Indonesia (Wolstenholme, 2007). Cabe destacar que estos autores no hacen referencia a las áreas de siembra establecidas en Colombia (24.512 ha), según MADR (2012), el cual ocupa el tercer lugar en área sembrada y el sexto en producción, a nivel mundial (FAO, 2012). Las zonas productoras de aguacate en Colombia presentan grandes variaciones en altitud, radiación solar, humedad relativa, temperatura y precipitación, entre otros factores. Esto proporciona gran variación en la respuestas de los cultivares en cuanto a comportamiento agronómico, productividad, rendimiento y calidad de fruta, sumado al hecho de que existe gran cantidad de genotipos criollos, que son producto del cruce entre las diferentes razas, lo cual hace que exista un suministro casi permanente de fruta y por lo cual la producción total del país es consumida internamente.

Lo anterior pone de relieve el vacío que existe en la información sobre las condiciones en las cuales se desarrolla el cultivo en Colombia, pues éstas son bastante diferentes a las zonas mencionadas por Whiley y Schaffer (1994), lo cual ha traído como consecuencia la adopción de prácticas procedentes de otras latitudes, las cuales deben ser validadas con el consecuente riesgo de pérdidas de dinero y tiempo. Es por ello que se hace imperioso adelantar trabajos de investigación básicos en el país, con miras a mejorar las condiciones de cultivo en ambientes de características tan particulares.





Actualmente el aguacate se produce en los cinco continentes, en países tropicales y subtropicales, aunque los mayores cultivos se encuentran en América, destacándose México como el primer productor mundial, seguido de Chile, República Dominicana, Estados Unidos (California y La Florida), Colombia, Perú, Brasil y Guatemala, entre otros (FAO, 2012). En la **Tabla 2** se relacionan los primeros 20 países productores de aguacate, por orden de importancia en producción e incluyendo área cosechada y rendimiento promedio por hectárea. En el ámbito mundial, los principales países importadores en su orden son: Estados Unidos, Francia, Países Bajos, Japón, Reino Unido, Alemania, Canadá, España y El Salvador.

Tabla 2. Países productores de aguacate a nivel mundial (2010).

Posición	Región	Producción (t)	Área aproximada (ha)	Rendimiento (t/ha)
1	México	1.264.141	126.598	9,99
2	Chile	368.568	36.388	10,13
3	República Dominicana	295.080	10.648	27,71
4	Indonesia	275.953	21.653	12,74
5	Estados Unidos	238.544	24.261	9,83
6	Colombia	215.095	24.514	8,77
7	Perú	212.857	19.314	11,02
8	Kenia	201.478	11.246	17,92
9	Brasil	160.376	10.753	14,91
10	Ruanda	143.281	16.046	8,93
11	China	108.500	16.000	6,78
12	Guatemala	91.457	9.246	9,89
13	España	83.426	10.558	7,90
14	Congo	83.210	8.881	9,37
15	Venezuela	81.590	7.673	10,63
16	Israel	75.287	6.780	11,10
17	Sudáfrica	75.237	16.346	4,60
18	Camerún	69.532	13.999	4,97
19	Etiopía	57.299	7.212	7,94
20	Haití	51.676	9.731	5,31

Fuente: Estimación FAO. <http://faostat.fao.org/> © FAO.

En Colombia, de acuerdo con la raza de origen, el aguacate puede crecer desde el nivel del mar hasta los 2.500 msnm, en zonas de cordillera. En la **Tabla 3**, aparece el área sembrada de aguacate en Colombia, entre 2005 y 2012 (**Figura 2**) (MADR, 2012).

Tabla 3. Superficie cosechada, producción y rendimiento de aguacate, obtenido por departamento en Colombia (2005 – 2012).

Dpto.	Variable	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Antioquia	Superficie	1.159	1.224	1.829	2.041	2.376	2.907	3.196	4.083
	Producción	11.112	12.004	19.984	20.103	23.115	28.819	28.316	38.040
	Rendimiento	9.588	9.807	10.928	9.850	9.729	9.913	8.860	9.317
Bolívar	Superficie	3.797	4.816	3.308	3.475	3.890	3.533	3.493	3.406
	Producción	49.000	61.858	43.080	45.180	39.992	35.304	34.990	34.804
	Rendimiento	12.905	12.844	13.023	13.001	10.281	9.993	10.017	10.218
Caldas	Superficie	374	531	705	839	954	1.341	1.723	2.300
	Producción	3.204	4.400	5.471	6.741	8.327	12.134	15.122	23.679
	Rendimiento	8.576	8.286	7.759	8.036	8.724	9.051	8.775	10.296
Cesar	Superficie	1.826	2.000	1.854	1.884	1.614	1.657	1.827	2.124
	Producción	14.079	14.153	14.078	11.985	11.222	11.478	12.938	16.745
	Rendimiento	7.710	7.077	7.593	6.361	6.953	6.927	7.082	7.884
C/marca	Superficie	28	28	131	195	114	272	272	506
	Producción	112	112	1.091	2.108	480	1.493	1.649	3.046
	Rendimiento	4.000	4.000	8.335	10.833	4.220	5.481	6.058	6.018
La Guajira	Superficie	116	140	296	364	393	412	450	428
	Producción	490	740	1.284	1.598	1.726	1.834	2.155	1.940
	Rendimiento	4.224	5.286	4.338	4.390	4.391	4.457	4.789	4.533
Meta	Superficie	18	36	36	60	67	150	161	535
	Producción	230	510	511	610	908	1.983	2.328	6.938
	Rendimiento	12.778	14.137	14.194	10.167	13.552	13.220	14.460	12.968
Quindío	Superficie	332	449	454	494	560	717	714	667
	Producción	2.779	3.722	3.746	3.469	4.051	4.603	4.515	4.894
	Rendimiento	8.377	8.290	8.254	7.029	7.240	6.424	6.325	7.335
Risaralda	Superficie	465	525	575	458	553	984	996	1.261
	Producción	3.970	6.094	5.336	5.172	6.515	9.112	8.921	12.458
	Rendimiento	8.538	11.608	9.280	11.301	11.781	9.260	8.958	9.880
Santander	Superficie	3.305	2.542	2.114	1.672	1.913	1.379	2.127	2.833
	Producción	33.115	23.624	18.685	12.690	15.633	12.406	17.799	22.499
	Rendimiento	10.020	9.293	8.838	7.592	8.174	8.998	3.367	7.943
Sucre	Superficie	370	374	266	268	269	562	642	600
	Producción	1.657	1.850	1.730	1.871	1.972	2.948	3.830	4.805
	Rendimiento	4.478	4.947	6.504	6.981	7.329	5.246	5.965	8.008
Tolima	Superficie	5.142	4.703	4.507	4.398	4.892	5.835	6.810	5.864
	Producción	46.670	44.575	41.593	41.504	58.202	63.475	58.317	51.855
	Rendimiento	9.076	9.478	9.228	9.437	11.897	10.878	8.563	8.843
Valle	Superficie	1.101	1.231	1.128	1.181	1.174	1.130	1.168	1.422
	Producción	9.749	13.510	12.322	12.658	11.774	12.065	15.636	21.309
	Rendimiento	8.855	10.975	10.923	10.718	10.031	10.678	13.387	14.985
*Otros	Superficie	358	467	385	499	485	712	933	1.527
	Producción	3.888	5.376	5.024	5.467	5.113	7.789	8.574	12.167
	Rendimiento	10.860	11.512	13.041	10.960	10.532	10.940	9.186	7.970
Total	Superficie	18.391	19.066	17.588	17.826	19.253	21.590	24.513	27.555
	Producción	180.055	192.528	173.934	171.155	189.028	205.442	215.090	255.180
	Rendimiento	9.791	10.098	9.889	9.602	9.818	9.516	8.775	9.261

* Otros: Amazonas, Arauca, Boyacá, Casanare, Cauca, Córdoba, Huila, Nariño y Norte de Santander
Fuente: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 201

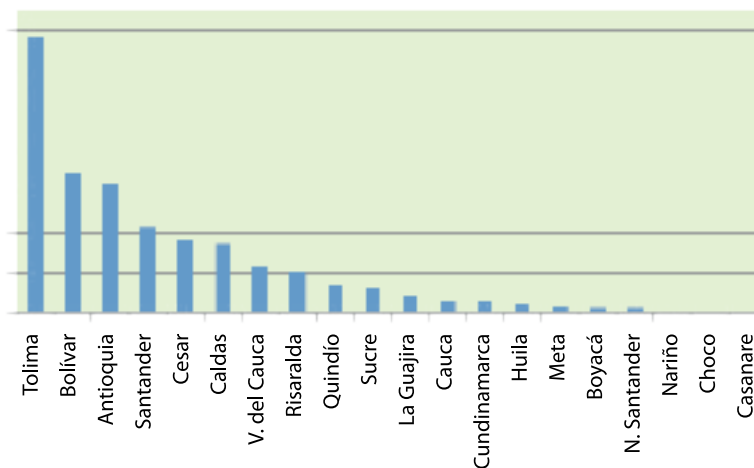


Figura 2. Área (ha) sembrada de aguacate en Colombia por departamento (2012).

En la **Tabla 4**, se pueden observar, por orden de importancia, los principales departamentos productores de aguacate en Colombia, el área cultivada en ha, la producción en t y el rendimiento en kg/ha, en 2011 (MADR, 2012).

Tabla 4. Orden de importancia del área cosechada, producción y rendimiento de aguacate en Colombia, por departamento para 2012.

Posición	Departamento	Área	%	Producción (t)	%	Rendimiento (t/ha)
1	Tolima	5.864	21,3	51.855	20,3	8,8
2	Antioquia	4.083	14,8	38.040	14,9	9,3
3	Bolívar	3.406	12,4	34.804	13,6	10,2
4	Santander	2.833	10,3	22.499	8,8	7,9
5	Caldas	2.300	8,3	23.679	9,3	10,3
6	Cesar	2.124	7,7	16.745	6,6	7,9
7	Valle	1.422	5,2	21.309	8,4	15,0
8	Risaralda	1.261	4,6	12.458	4,9	9,9
9	Quindío	667	2,4	4.894	1,9	7,3
10	Sucre	600	2,2	4.805	1,9	8,0
11	Meta	535	1,9	6.938	2,7	13,0
12	Cundinamarca	506	1,8	3.046	1,2	6,0
13	La Guajira	428	1,6	1.940	0,8	4,5
14	Otros	1.527	5,5	12.167	4,8	7,9
	TOTAL	27.555	100	255.180	100	9,2

* Otros: Amazonas, Arauca, Boyacá, Casanare, Cauca, Córdoba, Huila, Nariño y Norte de Santander
Fuente: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2011.

De acuerdo con información suministrada por Mejía (2011), las variedades de aguacate se distribuyen en Colombia de la siguiente manera: aproximadamente el 49% del total del área sembrada, corresponde a aguacates criollos, el 26% corresponde a la variedad Hass y el 25% restante a aguacates tipo Papelillo y a otros como Lorena, Santana, Choquette, Booth 8, Semil 40, Edranol y Trinidad, entre otros. Dentro de los aguacates criollos, los departamentos de Bolívar y Cesar aportan el 59%, para el Hass el 75% está sembrado en los departamentos de Antioquia y Tolima y para los Papelillos el 65% está representado por el departamento del Tolima y la región del Eje Cafetero.

Etimología

La palabra aguacate proviene de la lengua azteca “nahuatl” en la que para designar este fruto usaban un símil que por su forma y posición en el árbol lo comparaban a un testículo (Avilán *et al.*, 1992); la palabra empleada era ahuacatl y fue usada por primera vez por Francisco Cervantes de Salazar, en su obra “México en 1554” (Popenoe, 1920; Galán-Saúco, 1990). El nombre más común de este fruto en español es aguacate o ahuate. De ella también deriva su nombre en inglés, “avocado”; holandés “advocaat” o “avocat”; en alemán, “abakate” y “abacat” en portugués; el nombre inca de Palta aún se utiliza en Perú, Ecuador y Chile (Ibar, 1979). Paltas es el nombre de una pequeña tribu que habitaba la región de Zaraguro en el Norte de la Provincia de Loja. Los Quechuas al conquistar el Sur de Ecuador le llamaron Palta a este fruto (Popenoe *et al.*, 1997).



Taxonomía

Reino:	Vegetal
División:	Spermatophyta
Subdivisión:	Angiospermae
Clase:	Dicotyledoneae
Subclase:	Dialypetalae
Orden:	Ranales
Familia:	Lauraceae
Género:	<i>Persea</i>
Especie:	<i>Persea americana</i> Miller

(Gutiérrez, 1970; 1984).

El aguacate pertenece a la familia de las Lauráceas, que está formada por 52 géneros y cerca de 3.500 especies; esta es una de las familias más primitivas de las dicotiledóneas. En esta familia hay especies de gran importancia económica, productoras de aceites esenciales, como el alcanfor (*Cinnamomun camphora*) y de especias como la canela (*Cinnamomun zeylanicum* Ness) y maderas finas (Avilán *et al.*, 1989). Los miembros de esta familia han sido utilizados con fines alimenticios, condimentarios, medicinales, cosméticos e industriales con propósitos ornamentales y para la extracción de madera. (Scora *et al.*, 2007).

El género *Persea* está formado por 150 especies distribuidas, en las regiones tropicales y subtropicales, especialmente en Asia, Islas Canarias y América, donde existen 80 especies (Vargas, 2002), la mayoría de las cuales se encuentran desde el Sur de los Estados Unidos de Norteamérica (*Persea borbonia*) hasta Chile (*Persea lingue*). Solo son las excepciones *Persea indica* que se encuentra en las Islas Canarias (España) y probablemente otras del Sur de Asia que se piensa pertenecen a *Persea* (Barrientos-Priego y López-López, 2002).



El género está formado por árboles de hojas coriáceas y aromáticas; inflorescencias axilares o subterminales, dispuestas en panículas corimbosas o racimosas; flores pediceladas o sésiles, hermafroditas, con ovario globoso y subgloboso, estilo delgado, estigma triangular peldado; frutos en bayas globosas o elípticas (Vargas, 2002). Dentro del género *Persea* podemos distinguir el subgénero *Eriodaphne*, de origen eminentemente suramericano, el cual presenta frutos mas pequeños que los del otro subgénero y el subgénero *Persea* de origen mesoamericano, al cual pertenece el aguacate comestible (Scora *et al.*, 2007).

En el subgénero *Persea* se reconocen tres especies: *P. schiedeana* Nees, *P. parvifolia* Williams y *P. americana* Mill. Esta última es poliforme, y está constituida por varios taxones separados, que pueden ser considerados como variedades botánicas o subespecies y en la literatura técnica son descritas como razas "hortícolas". Dentro de este grupo están las variedades de aguacate que se comercializan actualmente, a saber, *P. americana* var. *americana* Mill., que corresponde al aguacate Antillano o de tierras bajas (Scora y Bergh, 1992), *P. americana* var. *drymifolia* (Schlect y Cham) Blake, que corresponde al aguacate Mexicano o de tierras altas y *P. americana* var. *guatemalensis* Williams, perteneciente a los aguacates Guatemaltecos. Estas tres son consideradas ecotipos geográficos. Además del aguacate, se encuentran en este grupo: *Persea nubigena* (aguacate de monte), *Persea steyermarkii* (aguacate de montaña), *Persea schiedeana* (chinini, chinene, chenene, yas, hib), *Persea floccosa* (aguacate cimarrón). Por otra parte en este subgénero Williams (1977a) incluyó a *Persea parvifolia* (aguacatillo de Veracruz, México) y *Persea primatogena* (guaslipe de Nicaragua), este último reclasificado como de otro género diferente al del aguacate llamado *Beilschmiedia*.

Schiebery Zentmyer (1977) han propuesto la incorporación de *Persea tolimanensis* (aguacate de mico) y *Persea zentmyerii* de Guatemala a este subgénero. Todas estas especies se encuentran localizadas en Mesoamérica, principalmente en México y Guatemala.

En el subgénero *Eriodaphne* se encuentran las especies que tienen frutos pequeños cuyo tamaño varía de una aceituna a un frijol, y cuya distribución va desde el Sur de los Estados Unidos de Norteamérica hasta Chile, muchas de las cuales se conocen como aguacatillos en diversas regiones, especialmente en Suramérica. La importancia que tienen algunas de las especies de este subgénero es su inmunidad a la "tristeza del aguacate", enfermedad que ataca a la raíz y que es causada por el hongo *Phytophthora cinnamomi* Rands; sin embargo, no son compatibles con el aguacate; pero existe la esperanza de encontrar algún tipo que al usarse como injerto intermedio se supere la incompatibilidad vegetativa; de hecho el Dr. Richard E. Litz de la Universidad de Florida, EUA ya obtuvo el primer híbrido intergenérico entre los dos subgéneros, mediante fusión de protoplastos (comunicación personal a Barrientos-Priego y López-López, 2002).

En la Zona Andina de Colombia se encuentran las siguientes especies de *Persea*: *Persea* aff. *rigens* C.K. Allen, *Persea* sp. nov, *Persea subcordata* (R. & P.) Nees, Kunth, *Persea ferruginea* Kunth, *Persea caerulea* Mez. (Vargas, 2002). Escobar (2001) menciona a *Beilschmiedia costaricensis* (Mez & Pittier) C.K. Allen y a *Nectandra macrophylla* (Nees) Mez como dos especies de lauráceas denominadas aguacatillos, que ese encuentran en la región Andina del Valle del Cauca.

Nombres dados al aguacate

Este fruto se ha conocido con diferentes denominaciones, a través de los cinco siglos de registros escritos que se dispone, según los dialectos desde las principales culturas prehispánicas (Mayas, Incas, Aztecas y Chibchas), hasta el dado por los europeos en sus diferentes idiomas y el dado en diferentes países como se ilustra en las **Tablas 5, 6 y 7** (Popenoe *et al.*, 1997).

Tabla 5. Nombres dados al aguacate en diferentes lenguas y regiones.

Nombre	Lengua	Región
México		
Nitzani	Otomí	Veracruz, Tabasco
Cupanda	Purépecha	Michoacán
Ahuacatl	Náhuatl	Centro
Pahua	Náhuatl	
Cucata	Totonaca	Veracruz
Cucatizi	Totonaca	Veracruz
Yasu, Yashua, Ishu, Isu	Zapoteca	Oaxaca
Cuytem	Zoques	Veracruz
Cuchem	Zoque	Texistepec (Istmo)
Cuchpa		San Juan de Guichicovi (Istmo)
Tzitzí, Tzitzitico		Chiapas
On	Maya (Tzental)	Yucatán, Chiapas
Hu	Huasteco	Veracruz, Tamaulipas
Guatemala		
Okh	Quiche	Guatemala
Oh	Kekihl	Norte de Guatemala
Ou	Chicomulteca	Guatemala
Um	Chol	Guatemala y México
Un	Chorti, Chontal	Guatemala y México del Sur
Ol	Maya (Cakchiquel)	Guatemala
On, Onte	Maya (Mam)	Guatemala
Otras Regiones		
Amo	Chibchan-bribri	Centro América
Debo-ua	Chibchan-terraba	Centro América
Di-kora	Chibchan-Guatuso	Centro América
Cura, curo	Chibcha	Colombia (Río Magdalena)
Palta	Quechua	Perú
Aswe	Cuna	Panamá
Beo, Bego	Catío	Colombia
Veó	Chami	Colombia
Okze, Otze	Paez	Colombia (Cordillera Central)
Agualate		Cuba

Adaptado de Popenoe *et al.*, (1997).



Tabla 6. Nombre dado al aguacate en diferentes idiomas.

Idioma	Nombre
Español	Aguacate
Inglés	Avocado, avocado tree, alligator, pears, alvacatas
Francés	Avocat
Portugués	Abacate
Alemán	Avogadobaun, advogato, avvocato
Italiano	Avocado
Holandés	Advokaat

Tabla 7. Nombre dado al aguacate en diferentes países.

País	Nombre
Jamaica	Spanish pear, shell pear
Tailandia	A-wo-kha-do
Indonesia	Avokad
Venezuela	Cura, aguacatillo
Colombia	Aguacate
Chile y Perú	Palta
Cuba, Costa Rica y Las Antillas	Pagua
Francia	Avocatler-persee
Brasil	Avocateira
Africa Occidental	Custard apple (manzana de mantequilla)

Tablas 6 y 7, adaptadas de Patiño (2002); Ibar (1979); Avilán *et al.*, (1989).

Botánica



La clasificación botánica del aguacate se ha prestado para que se de una controversia, reconociéndose una, dos o tres especies, según los taxónomos (Galán-Saúco, 1990). Actualmente es aceptado por la mayoría, que el aguacate puede ser agrupado bajo una sola especie: *Persea americana* Mill. (Galán-Saúco, 1990).

El género *Persea*, hace parte de la familia de las Lauráceas (Galán-Saúco, 1990; Chandler, 1958), dentro de la cual se destacan dos especies: *P. indica* Spreng., cuyas plantas se utilizan para detectar la presencia del hongo *Phytophthora cinnamomi* Rands en el suelo (Galán-Saúco, 1990; Zentmyer y Ohr, 1978) y *P. schiedeana* Ness, especie con frutos comestibles, compatible sexualmente y por injerto con el aguacate (Galán-Saúco, 1990; Schroeder, 1974), algunos de cuyos árboles obtenidos por semilla, probables híbridos con el aguacate, exhiben notable resistencia al hongo anteriormente mencionado (Galán-Saúco, 1990; Schieber and Zentmyer, 1977).

Morfología

Tipo de planta

Este es un árbol que en condiciones naturales puede sobrepasar los 10 m de altura, con una copa amplia, cuyo diámetro puede sobrepasar 25 m en un árbol adulto. Los árboles de semilla, especialmente en su medio ambiente nativo, pueden alcanzar alturas que superan los 30 m. Sin embargo, los árboles injertados son enanizados en distinta intensidad, dependiendo del vigor del patrón o portainjerto y de las condiciones donde se desarrolla. En los subtrópicos los árboles pueden alcanzar más de 10 a 15 m de altura, pero normalmente son mantenidos a no más de 7 u 8 m, mediante podas periódicas, debido a las dificultades que una mayor altura representa en el manejo fitosanitario y para las labores de cosecha.

Es una planta polimórfica. De acuerdo con la **Figura 3**, dentro de las diferentes formas del árbol están: columnar (1), piramidal (2), obovado (3), rectangular (4), circular (5), semicircular (6), semielíptico (7) e irregular (8), entre otras (IPGRI, 1995).

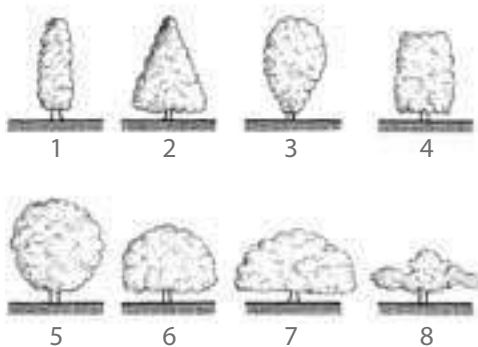


Figura 3. Diferentes formas de la copa del árbol de aguacate.
Fuente: IPGRI, 1995.

Raíz

Invariablemente, el sistema radical del aguacate es descrito como relativamente superficial y no se extiende mucho más de la copa del árbol (Bergh, 1992). El mismo autor considera que existen tres aspectos de la evolución de las raíces de los árboles que han determinado la forma de sus raíces. En primer lugar, las lluvias frecuentes que existen en su hábitat originario en la selva lluviosa; en segundo lugar, el cultivo en suelo de rápido drenaje, como lo demuestran los altos requerimiento de oxígeno de las raíces y su sensibilidad al mal drenaje; y por último, la presencia de una rica cubierta orgánica, que explica la tendencia de las raicillas sanas a crecer en cualquier estrato de materia en descomposición. Broadbent y Baker (1974) fueron los primeros en defender los beneficios del uso de coberturas orgánicas (mulch), para ayudar a formar suelos que restrinjan la pudrición de raíz causada por *Phytophthora*.

Se han demostrado otros efectos beneficiosos de las coberturas orgánicas sobre la reducción del estrés fisiológico, el aumento de la producción y tamaño de los frutos del cultivar "Hass" y en la reducción del anillo necrótico en la base del pedicelo del fruto (Moore-Gordon y Wolstenholme, 1996; Wolstenholme *et al.*, 1996). Sin embargo, el reforzamiento de la cobertura natural de hojarasca podría ser contraproducente en suelos muy húmedos, en aquellos con arcillas muy densas y en suelos con salinidad excesiva (Scora *et al.* 2007).

En el aguacate, la raíz es pivotante, muy ramificada y de distribución radial (**Figuras 4a y 4b**); la mayoría de las raicillas



alimentadoras blancas (secundarias y terciarias), insuberizadas, se distribuyen superficialmente, encenrándose entre el 80 y 90% de éstas, en los primeros 60 cm del suelo (**Figuras 4c y 4d**); aunque la raíz principal puede superar 1,0 m de profundidad (Whiley *et al.*, 1988).

Las raíces del aguacate tienen pocos o ningún pelo radical (Gingsburg y Avizohar-Hershenson, 1980). Estos mismos autores reportan en huertos comerciales de aguacate, la presencia de micorrizas vesículo-arbusculares comúnmente asociadas a las raíces de este árbol. La aplicación de *Glomus fasciculatus* en un sustrato esterilizado, promueve el crecimiento y la nutrición de plantas de aguacate originadas de semilla (Menge *et al.*, 1980).



Figura 4. Detalle del sistema radical de la planta de aguacate.
a y b. Raíz pivotante con abundante cantidad de raicillas secundarias.
c y d. Raíz de un árbol adulto de aguacate.

Foto: E. Mejía; J. Bernal

Tallo

El modelo arquitectónico del aguacate corresponde al definido por Rauh (Hallé *et al.*, 1978), el cual se manifiesta al presentar el árbol, un eje principal que crece más intensamente que los ejes laterales de primer orden y éstos a su vez, más intensamente que los de segundo orden y así sucesivamente. Todo el sistema es atravesado por un eje principal único, con crecimiento indefinido. Estos procesos están relacionados con la dominancia apical, o sea el efecto inhibitorio que ejerce la yema apical sobre las yemas laterales. El tronco monopódico crece rítmicamente, desarrollando ramas escalonadas, las cuales son morfogénicamente idénticas al tronco. Este modelo se caracteriza por la presencia de inflorescencias pseudoterminales, que se desarrollan a partir de las yemas laterales próximas a la yema vegetativa terminal (Schroeder, 1944).

El tallo es un tronco cilíndrico, erecto, leñoso, ramificado, con una corteza áspera y a veces surcada longitudinalmente (Figura 5). La copa, de ramas extendidas, es de forma globosa y acampanada.



Figura 5. Tallo de un árbol adulto de aguacate
Foto: J. Bernal

El patrón de ramificación puede ser:
Extensivo: Cada rama sale abajo del ápice del vástago en cada flujo de crecimiento.
Intensivo: Varias ramas salen abajo del ápice del vástago en cada flujo de crecimiento.
Ambos: La distribución de las ramas puede ser: ascendente, irregular, verticilada, axial y horizontal (IPGRI, 1995)

Hojas

Las hojas del aguacate son pecioladas, alternas; su forma es diversa, pudiéndose encontrar formas como ovada (1), obovada-angosta (2), obovada (3), oval (4), redondeada (5), cordiforme (6), lanceolada (7), oblonga (8) y oblongo-lanceolada (9) (Figura 6); el margen puede ser entero u ondulado; la base puede ser aguda, obtusa y truncada; la forma del ápice puede ser muy agudo, agudo intermedio, obtuso y muy obtuso, con unas dimensiones de 8 a 40 cm de longitud y de 3 a 10 cm de ancho (Figura 6) (IPGRI, 1995).

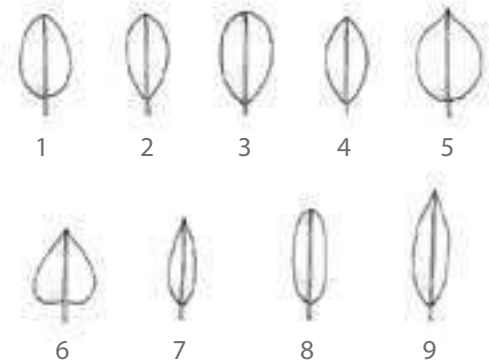


Figura 6. Formas de la hoja en aguacate.
Fuente: IPGRI, 1995.

El haz de las hojas es verde rojizo cuando están jóvenes (Figura 7a), cuando éstas maduran es verde, poco brillante (Figura 7b); el envés es verde opaco; son pinnatinervias, con 4 a 10 pares de nervaduras laterales, que son prominentes por el envés. Las hojas se encuentran dispuestas en espiral y brotan en racimos (Avilán *et al.*, 1992).



a



b

Figura 7. Hojas de Aguacate

a. Hojas jóvenes de aguacate, donde se observa un color verde rojizo.

b. Hojas maduras de aguacate, donde se observa un color verde oscuro y opaco.

Fotos: J. Bernal

Los árboles de aguacate cultivados son, en su mayoría, de hoja persistente, pese a la longevidad sorprendentemente corta de sus hojas que va de 10 a 12 meses (Whiley y Schaffer, 1994).

Los árboles de semilla, especialmente los de tipo Antillano, presentan hojas grandes, redondeadas y coriáceas (**Figura 8a**), a diferencia de las hojas de la mayoría de los cultivares Mexicanos y Guatemaltecos o de variedades mejoradas, propagadas por injerto, que presentan hojas delgadas y acuminadas (**Figura 8b**).



a



b

Figura 8. Detalle de las hojas.

a. Detalle de hojas de aguacate de un árbol criollo, posiblemente de tipo Antillano.

b. Detalle de hojas de aguacate de un árbol de una variedad mejorada comercial.

Fotos: J. Bernal

Inflorescencias

Las inflorescencias, también llamadas comúnmente panículas, son tirso con ramificaciones que terminan en flores. Las inflorescencias multiramificadas nacen más frecuentemente de las yemas terminales, pero también pueden formarse a partir de las subterminales de los brotes más vigorosos (Figura 9) (Scora *et al.*, 2007).



Figura 9. Detalle de inflorescencia multiramificada del aguacate.
Fotos: J. Bernal

Cada árbol puede llegar a producir hasta un millón de flores y solo entre el 0,01% y el 1% se transforma en fruto, por la abscisión de numerosas flores, que suelen ser anormales o estériles y de frutos pequeños en desarrollo. A mayor floración menor porcentaje de cuajado (Whiley *et al.*, 1988; Bergh, 1986; Tomer y Gottreich, 1978).

De acuerdo con investigaciones realizadas por Romero (2011), en el municipio de Mariquita (Tolima) durante dos ciclos de producción (abril-septiembre de 2008 y febrero-agosto de 2009), en árboles de aguacate variedad Lorena, de ocho años de edad, se presentan dos picos de emisión de estructuras reproductivas, los cuales presentaron una estrecha relación con los niveles de baja precipitación en la región. Este comportamiento fenológico origina la presencia simultánea de frutos de diferentes edades en el árbol; así, bajo las condiciones productoras del Tolima

Las flores están agrupadas en inflorescencias de tallo largo, que en número hasta de 10, crecen en las axilas, presentando grupos integrados que contienen hasta 450 flores (Figura 10), que pueden madurar en el transcurso de seis meses, de acuerdo con la temperatura y la variedad (Salazar-García, 2007).



Figura 10. Inflorescencia de aguacate con gran número de flores.
Fotos: J. Bernal

se encuentra un comportamiento similar a lo reportado para el subtropical, en donde se encuentran hasta cuatro ciclos de producción floral por año, los cuales varían en intensidad y duración y generan diferentes niveles de carga frutal (Salazar-García *et al.*, 2007; Cossío-Vargas *et al.*, 2008; Rocha-Arroyo *et al.*, 2011), caracterizados como floración loca (agosto-septiembre), adelantada o adelantada (octubre-diciembre), normal (diciembre-febrero) y marceña (febrero-marzo) (Rocha-Arroyo *et al.*, 2011). Los dos ciclos evaluados presentaron un comportamiento diferencial en la producción de flores por inflorescencia, cuajado inicial de frutos, número y tamaño de frutos a cosecha, por tanto fueron señalados como años alternantes en producción. Lo anterior demuestra que bajo nuestras condiciones tropicales, los árboles también presentan alternancia o verceña, producto de condiciones extremas, que inducen una fuerte floración-producción, en un año, que consecuentemente dan como resultado una baja producción en el año siguiente,



producto del agotamiento de las reservas del árbol. Se evidenció un comportamiento diferencial de la actividad fotosintética, la acumulación de azúcares y ácidos grasos durante las diferentes fases de desarrollo reproductivo. Los estados de desarrollo reproductivo más demandantes son la fase de cuajado y la fase de crecimiento lineal, en la fase de maduración los azúcares almacenados son transformados en ácidos grasos principalmente de tipo insaturado.

Flores

Las flores del aguacate son perfectas, posee órganos sexuales masculinos (estambres) y femeninos (pistilos); son trímeras, pequeñas (3 a 7 mm de longitud), agrupadas en una panícula, hermafroditas, pubescentes, con pedicelos cortos.

Presentan un cáliz de tres sépalos y una corola tripétala, con 12 estambres, nueve funcionales y tres estaminoides; tienen un pistilo con un solo carpelo y el ovario con un solo óvulo (**Figura 11**). Su color es crema, amarillo, verde, café y rojo. La duración de las flores es de dos días, antes de ser fecundadas o caer (Avilán *et al.*, 1992). Es una especie que presenta dicogamia y protoginia, esto es, que las flores abren dos veces, actuando primero como flores femeninas y posteriormente, como masculinas (Gazit y Degani, 2007).

Las flores del aguacate miden aproximadamente 10 mm de diámetro. Presentan simetría radial y se producen en grandes cantidades. Cada árbol genera grupos de flores de manera continua, por lo que la floración es constante durante semanas e incluso meses. Casi todos sus verticilos

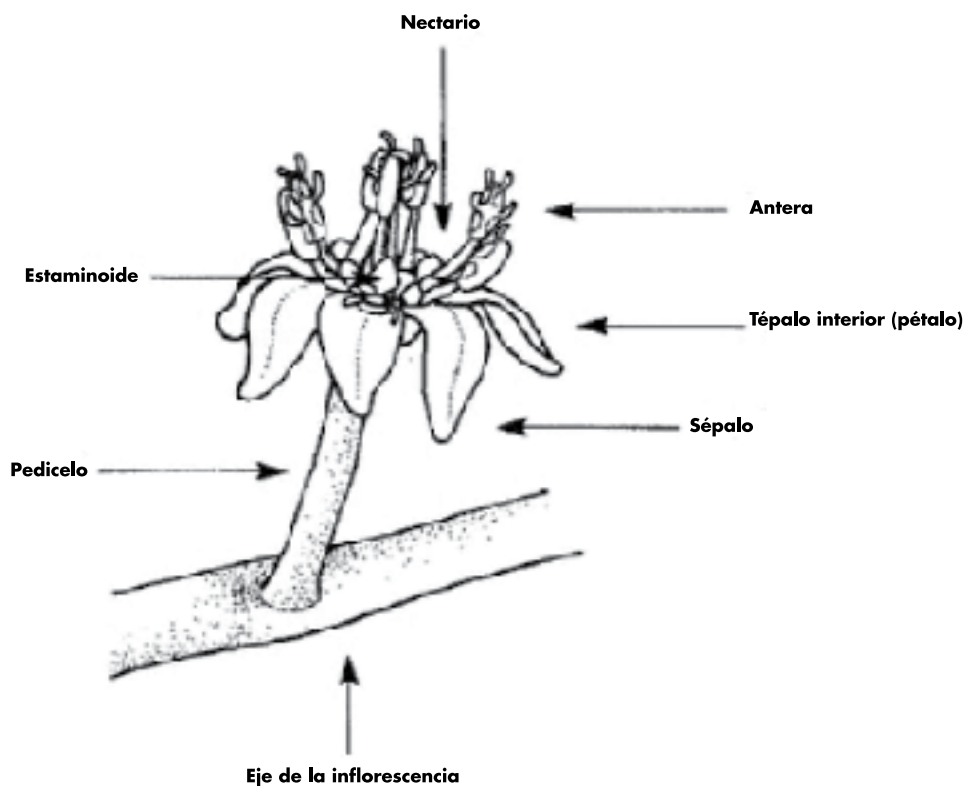


Figura 11. Esquema de la flor del aguacate, donde se observan las diferentes partes (IPGRI, 1995).

florales están agrupados en múltiplos de tres y presenta dos grupos de estambres, el primero con tres internos y tres externos (verticilo exterior) y el segundo con tres (verticilo interior), todos rodeando un carpelo central (**Figura 12**) (Ish-Am y Eisikowitch, 1991b; Chanderbali *et al.*, 2008).

A su vez, cuentan con dos grupos de nectarios, los “estaminoidales” y los “verdaderos”, cuya función es producir la recompensa para los polinizadores (**Figura 12**). La flor abre dos veces, en cada ocasión por varias horas. En la segunda apertura el diámetro de la flor aumenta 10% con respecto al original (Bergh, 1969; Ish-Am y Eisikowitch, 1991b; Gazit y Degani, 2007).

Floración del aguacate

El concepto tradicional sobre la floración de aguacate afirma que éste exhibe protoginia, es decir que en la flor, maduran primero los órganos femeninos y posteriormente los masculinos, con una dicogamia diariamente sincronizada (Stout, 1923, 1924, 1927; Robinson y Savage, 1926; Gazit, 1977; Bergh y Lahav, 1996). Las flores abren dos veces, la primera vez cuando el estigma es

receptivo pero los estambres no están aún maduros, flor en estado femenino y la segunda vez, cuando el polen está listo pero el estigma ya no es receptivo, flor en estado masculino (**Figura 13**) (Bergh, 1986; Davenport, 1986).

De acuerdo con lo anterior, los árboles de aguacate pueden ser agrupados en dos clases: los árboles tipo A y los tipo B. Las flores de los cultivares tipo A actúan como flores femeninas por la mañana y como masculinas la tarde del día siguiente. Por el contrario, las flores de las variedades tipo B actúan como femeninas por la tarde y como masculinas a la mañana siguiente (Salazar-García, 2000; Gazit y Degani, 2007). Este comportamiento de la flor del aguacate, sin embargo, se encuentra regulado por la temperatura ambiente. Cuando la temperatura diurna es de 25°C y por la noche no desciende de los 16°C, la flor se comporta como se describe anteriormente. Con días nublados o fríos, situación en la que la temperatura se mantiene por debajo de los 21°C, el comportamiento floral por la mañana es exactamente el inverso, el polen es liberado por la mañana y la parte femenina se presenta por la tarde (Calabrese, 1992).

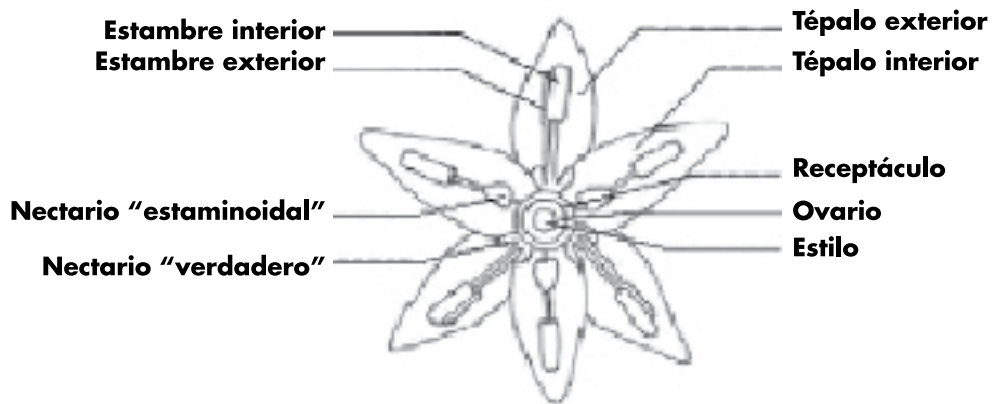


Figura 12. Morfología de la flor del aguacate (modificado de Ish-Am y Eisikowitch, 1991b).

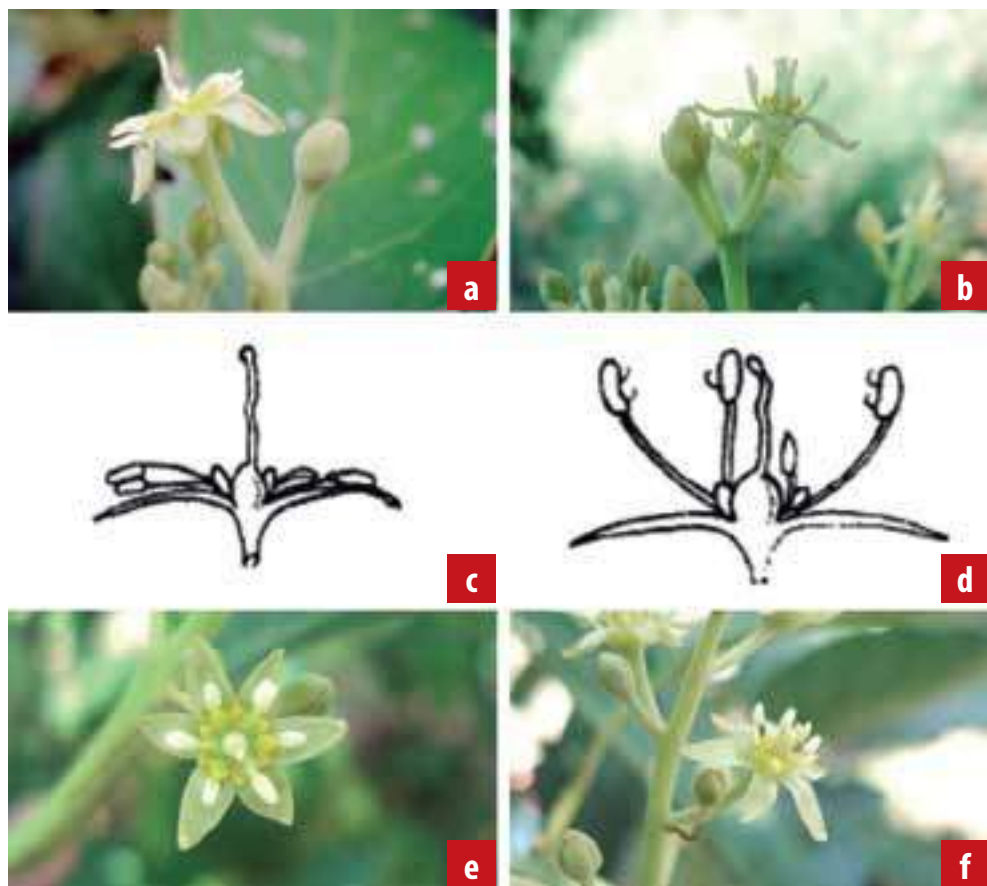


Figura 13. a, c y e. Flores de aguacate en estado femenino.
b, d y f. Flores de aguacate en estado masculino.

Fotos: J. Bernal

Una misma variedad no puede pertenecer a dos tipos florales. Aunque esta característica de las flores del aguacate se consideraba muy importante en el establecimiento de una plantación, ya que para que la producción fuera la esperada, era indispensable mezclar variedades adaptadas a la misma altitud, con tipo de floración complementaria, A y B y con la misma época de floración, en una proporción 4:1, donde la mayor población estaría dada por la variedad deseada, el concepto actual de la dicogamia diariamente sincronizada en aguacate, está totalmente revaluado de acuerdo con algunos investigadores, ya que se

ha demostrado que la sincronización no ocurre con tal exactitud y por lo tanto los árboles presentan un traslape, lo que significa que se pueden tener al mismo tiempo en un árbol, flores de ambos sexos abiertas, ocurriendo entonces la polinización. Esto implica que árboles de una misma variedad o cultivar, se pueden polinizar así mismos o entre sí, necesario sembrar variedades de distinto tipo floral y por el contrario, es posible establecer un cultivo de aguacate únicamente con la variedad deseada. El traslape floral ocurre comúnmente cuando las condiciones climáticas cambian repentinamente, como en el caso de días soleados con presencia

de lluvias ocasionales, situación muy frecuente en el trópico.

La mayoría de los investigadores señalan que, bajo condiciones climáticas favorables, la apertura floral es sincronizada, es decir, las flores se abren y se cierran casi al tiempo o en un mismo árbol o cultivar (Hodgson, 1950; Peterson, 1956; McGregor, 1976; Bergh, 1977a, 1977b; Davenport, 1986). Sin embargo, otros investigadores han observado la ausencia de sincronización entre las flores del mismo cultivar (Papademetriou, 1976; Sedgley y Grant, 1983; Ish-Am y Eisikowitch, 1991c). Papademetriou (1976) observó que las flores se abren y se cierran una después de la otra, por un período de cerca de dos horas. Ish-Am y Eisikowitch (1991a, b) señalaron que las flores de un mismo árbol pueden abrirse durante un período de hasta 3 horas. Además, observaron que, en días calurosos, la sincronización entre las flores aumenta, mientras que en días más frescos, disminuye (Gazit y Degani, 2007). En distintos cultivares de aguacate se ha observado un traslape de las aperturas florales femenina y masculina en flores que presentan un ciclo floral regular (Gazit y Degani, 2007). Este traslape es más común en los cultivares del grupo A que en los del grupo B (Papademetriou, 1976; Loupassaki *et al.*, 1995).

En climas templados y nubosos, hay una mayor duración del traslape entre las aperturas femenina y masculina. El traslape es efectivo cuando están presentes simultáneamente, flores en estado masculino con los sacos polínicos abiertos y flores femeninas; esto permite una polinización cerrada dentro del mismo cultivar y una polinización cruzada entre cultivares del mismo grupo de floración (Gazit y Degani, 2007).

Existen tres rutas posibles para la polinización del aguacate: la autopolinización, la polinización cerrada y la polinización

cruzada. Las dos primeras son genéticamente iguales, ya que ambas llevan a una auto fertilización (Gazit y Degani, 2007). La autopolinización es aquella que ocurre dentro de una flor individual, mediante la transferencia de polen desde las anteras hasta el estigma. La polinización cerrada ocurre cuando el polen de una flor es depositada en el estigma de otra flor del mismo árbol o cultivar. La mayoría de los cultivares de aguacate son auto fértiles y los árboles pueden cuajar una cantidad adecuada de frutos cuando son cubiertos con mallas protectoras en presencia de abejas (Clark, 1923; Peterson, 1955; Gazit, 1977). En el cultivar "Fuerte" se ha observado, que tanto los árboles cubiertos con mallas como los plantados en bloques de una misma variedad, cuajan con una producción razonable de fruta (Robinson, 1931; Lesley y Bringhurst, 1951; Gustafson y Bergh, 1966). Además, en Florida los cultivares "Lula", "Taylor", "Waldin" y "Trapp" produjeron fruta tanto cuando fueron plantados en bloques completos de la misma variedad, como en plantaciones mixtas (Ruehle, 1963).

En contraste con lo anterior, muchos árboles que crecen aislados no logran cuajar fruto, pese a haber tenido una floración profusa (Alexander, 1975), mientras que los árboles "Fuerte" y "Pollock" plantados en bosques que no habían tenido frutos durante varias temporadas, comenzaron a cuajar al ser expuestos a polinización cruzada (Robinson y Svage, 1926; Traub *et al.*, 1941). Los huertos de monocultivo del cultivar "Hass" en Australia, California, México y Sudáfrica, alcanzan a producir a nivel comercial. Sin embargo, Ellstrand (1992) sugirió que el cambio al monocultivo es lo que está causando una constante reducción en la producción de los cultivos de aguacate "Hass" en California.

El comportamiento floral del aguacate favorece la polinización cruzada, la que es realizada por insectos polinizadores que



transfieren el polen desde cultivares del grupo B de floración a los cultivares del grupo A y viceversa (Stout, 1923). Nirody (1922) y Stout (1923) concluyeron que la polinización cruzada es necesaria para un mejor cuajamiento de frutos en el aguacate. En California y La Florida, estudios de campo que muestran aumento en la producción de árboles aislados plantados en bloques enteros, después de haberlos expuesto a polinización cruzada confirman esta conclusión. Por lo tanto, se recomendó que los huertos de aguacate fueran plantados de forma intercalada con cultivares de ambos grupos (A y B) que tengan traslape en sus períodos de floración (Gazit y Degani, 2007). Para promover la polinización cruzada mediante abejas, se recomienda una plantación intercalada a corta distancia, colocando hileras alternadas de cultivares del grupo A y B de floración o plantando un polinizante cada tres árboles, cada tercera hilera (Gazit y Degani, 2007).

No obstante la dicogamia sincronizada es un concepto que no se cumple a cabalidad, las diferentes variedades de aguacate a nivel mundial siguen siendo agrupadas de acuerdo con los tipos de floración, A y B. En la **Tabla 8**, se relacionan las principales variedades de aguacate a nivel comercial, describiendo el tipo de floración.

Tabla 8. Variedades de aguacate según el tipo de floración.

A			B		
135-20	Harvest	Ruehle	135-15	Hickson	Trapo
135-21	Hass	Russell	135-27	Itzamna	Whistell
Anaheim	Hayes	Semil 23	143-61	Kanola	Winslowson
Ardite	Hazzard	Semil 34	143-77	Lamat	Zutano
Atlixco	Lula	Semil 44	Bacon	Notthrop	
Baker	MacCann	Sharpless	Black Prince	Orotava	
Baldwin	Mayapan	Simmonds	Bonita	Panchoy	
Benik	Herman	Sinaloa	Booth 5	Pollock	
Booth 1	Hulumanu	Solano	Booth 8	Rincón	
Choquette	Mexícola	Taft	Colin V-33	Ryan	
Collinred	Nesbit	Taylor	Colla	S. Sebastián	
Collinson	Perfecto	Topa Topa	Collins	Schmidt	
Dickinson	Peterson	Trinidad	Dorotea	Semil 43	
Duke	Pinelli	Villacampa	Ecuatoriano	Sharwil	
Fairchild	Pinkerton	Wagner	Edranol	Simpson	
Gottfried	Puebla	Waldin	Fuerte	Smith	
Grande	Reed	Wurtz	Gripiña	Surprise	
Gwen	Rincón		Hall	Tonnage	

Fuente: <http://ucavo.ucr.edu/avocadovarieties/VarietyFrame.html>, 2013. Ibar, 1979. Morton, 1987.

Bajo condiciones de climas templados y subtropicales, se ha encontrado que algunas variedades facilitan el cuajamiento de frutos de otras, ya que ofrecen una alta polinización y afinidad con la variedad polinizada. En la **Tabla 9**, se relacionan los mejores polinizadores para algunas variedades, de acuerdo con estudios realizados en diferentes zonas productoras de aguacate en el mundo (Gazit y Degani, 2007).

Tabla 9. Cultivares polinizadores más recomendados para algunas variedades comerciales.

Cultivar	Polinizadores
Hass	Ettinger, Fuerte
Pinkerton	Ettinger
Ettinger	Ardith
Ardite	Ettinger
Reed	Nabal
Nabal	Reed
Fuerte	Topa topa, Ettinger, Puebla, Hass
Anaheim	Fuerte, Nabal
Benik	Nabal
Collinson	Linda, Trapp

Fuente: Gazzit y Degani, 2007.



La temporada de floración dura aproximadamente dos meses; sin embargo, en temperaturas templadas el período se reduce y en temperaturas frías se prolonga (Bergh, 1977a; Sedgley, 1977). Por ejemplo, el período de floración del aguacate Mexicano "Hass" es de 85 días a una temperatura de 12 a 17°C y disminuye a 15 días a una temperatura de 28 a 33°C (Gazit y Degani, 2007). La temperatura es el factor responsable de la transición de la etapa vegetativa a la reproductiva, la cual ocurre a final de la expansión de los tallos a finales de julio y principios de agosto (Salazar-García et al., 1998; 1999).

Los aguacates subtropicales sólo pueden producir botones florales a bajas temperaturas. Lo anterior sugiere que el período de floración puede estar influenciado por las condiciones del medio ambiente y que, al igual que otros caracteres, no necesariamente son diagnósticos para determinar las variedades de *P. americana*.

Fruto

Botánicamente el fruto del aguacate es una baya, que contiene una sola semilla. El fruto varía en forma, según la raza, así:

oblata (1), esferoide (2), esferoide alto (3), elipsoide (4), obovado-angosto (5), obovado (6), piriforme (7), claviforme (8), romboidal (9) (Figura 14) (IPGRI, 1995).

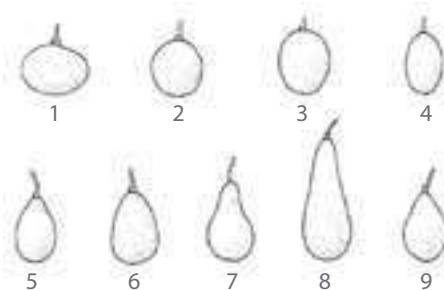


Figura 14. Formas del fruto de aguacate

Fuente: IPGRI, 1995

El color de la cáscara cuando éste está maduro puede ser verde, verde claro, verde oscuro, amarillo, anaranjado claro, rojo, púrpura, negro y la mezcla de los anteriores (Figura 15); el de la pulpa puede ser marfil, amarillo, amarillo claro, amarillo intenso, verde claro, verde y otros (IPGRI, 1995). La corteza o cáscara del fruto del aguacate puede ser muy lisa, finamente papilada (con prominencias), papilada, muy papilada, finamente ahuecada, ahuecada, muy ahuecada, lustrosa, opaca, estriada, lobulada, rugosa, surcada o abollada (Figura 15) y también varía en



Figura 15. Diversas formas, colores y textura de la corteza de frutos de aguacate.

Foto: J. Bernal

su grosor, pudiendo ser muy delgada, intermedia o muy gruesa. Su peso puede variar entre los 100 a los 3.000 gramos (IPGRI, 1995).

El hábito de fructificación puede ser de frutos solitarios (**Figura 16a**) o en racimo (**Figura 16b**) (IPGRI, 1995).

En los frutos jóvenes, los estomas son prominentes. En los más viejos, se pueden degenerar debido a la formación de lenticelas, produciendo manchas blancas o grises sobre la superficie de la cáscara (**Figura 17**) (Scora *et al.*, 2007).

Según la definición más común, la pulpa comestible del aguacate está formada en su mayoría por tejido mesocarpo parenquimatoso. Las vacuolas de esas células contienen pequeñas gotitas de aceite. Dispersas alrededor de estas células existen otras más grandes, especializadas en el almacenamiento de aceites llamadas idioblastos, que representan cerca del 2% del volumen total de la pulpa. Estos idioblastos poseen paredes celulares gruesas y complejas y una sola gran vacuola llena de aceite (Cummings y Schroeder, 1942; Scott *et al.*, 1963). En los mejores cultivares el rendimiento de la pulpa es superior al 70% del peso total del fruto (Scora *et al.*, 2007). El desarrollo del



a



b

Figura 16. Hábito de fructificación en aguacate

a. Frutos solitarios.

b. Frutos en racimo.

Fotos: J. Bernal - C. Osorio



Figura 17. Detalle de las lenticelas en frutos de aguacate.

Foto: J. Bernal

fruto se puede extender de 6 a 12 meses dependiendo del cultivar, del clima y de las condiciones del cultivo (Scora *et al.*, 2007).

Los frutos del aguacate no maduran mientras estén colgados del árbol, siendo esto una manifestación de 'juvenilidad fisiológica' que aún no ha sido explicada. Por lo tanto, es posible almacenar los frutos en el árbol después de que alcancen la maduración comercial, especialmente en ambientes más frescos y con poco estrés.

Es posible retrasar la cosecha en tres meses, para los cultivares Antillanos y hasta seis meses para los cultivares Guatemaltecos, particularmente cuando estos son producidos en zonas subtropicales de mesoclima fresco (Kaiser y Wolstenholme, 1994; Whiley *et al.*, 1996 a, b). Estos mismos autores demostraron las consecuencias que acarrea esta práctica, como la reducción en la producción, la acentuación de la alternancia productiva y también una sustancial reducción de la vida en anaquel de la fruta cosechada tardíamente.

Semillas

La semilla del aguacate es relativamente grande y puede tener varias formas así: oblata, esferoide, elipsoide, ovada, ovada ancha, cordiforme, de base aplanada con el ápice redondo, de base aplanada con el ápice cónico y otros; con dos envolturas muy pegadas (IPGRI, 1995). La superficie puede ser lisa, intermedia y rugosa; los cotiledones son hemisféricos de color marfil, amarillo, crema y rosa (Figura 18) (IPGRI, 1995).

La semilla posee buen contenido de reservas, especialmente minerales; durante siglos ha sido seleccionada en búsqueda de frutos con una mayor proporción de pulpa comestible. La semilla extraída de frutos completamente maduros, esta lista para germinar, perdiendo su viabilidad con el paso del tiempo (Scora *et al.*, 2007).

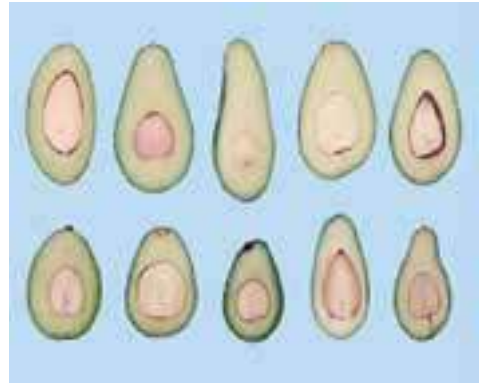


Figura 18. Formas y superficie de la semilla de aguacate.
Foto: J. Bernal

La semilla es fisiológicamente "recalcitrante", es decir, son semillas que no sobreviven en condiciones de sequedad y frío cuando son conservadas *ex situ*. Estas semillas no pueden resistir los efectos de la sequedad o temperaturas menores de 10°C; por tanto, no pueden ser conservadas por largos períodos, al contrario que las semillas ortodoxas, porque pueden perder su viabilidad (Wolstenholme y Whiley, 1999).

Los cultivares de aguacate que presentan frutos en la cual existen espacios libres de la cavidad de la semilla, son considerados de mala calidad, puesto que esta condición hace que se presenten magulladuras internas en la pulpa del fruto, causando incluso pudriciones, que se observan cuando éste es abierto para su consumo.



Diversidad genética

Antes que los europeos conocieran el aguacate, ya habían sido seleccionados algunos tipos hortícolas, que fueron considerablemente mejorados durante milenios a partir de los tipos silvestres por los nativos centroamericanos. Estos tipos mejorados pertenecen a tres taxones o subespecies distintas, que son actualmente denominadas razas Mexicana, Guatemalteca y Antillana según la clasificación de Popenoe (1920) (Figura 19).

La especie *Persea americana* Mill. se divide en tres razas ecológicas, cada una de las cuales tiene un estatus varietal dentro de las especies: *P. americana* var. *drymifolia* (raza Mexicana), *P. americana* var. *guatemalensis* (raza Guatemalteca) y *P. americana* var. *americana* (raza Antillana) (Bergh et al., 1973; Scora y Bergh, 1990). Generalmente, dentro de cada raza los

cultivares tienen respuestas similares a las condiciones edáficas y climáticas, dadas dentro su proceso evolutivo. Sin embargo, existen varias diferencias entre las razas en relación a su adaptabilidad a las condiciones medioambientales (Tabla 10). Como resultado de la extensa distribución del germoplasma del aguacate hacia zonas bastante alejadas de su sitio de origen, se ha producido un considerable cruzamiento interracial, a tal grado que los actuales cultivares de mayor importancia económica, tanto en áreas subtropicales como tropicales, son el resultado de la hibridación entre distintas razas (Kinght, 2007). Esta hibridación libre entre las razas ha generado un aumento en la diversidad genética y en la plasticidad medioambiental de las especies (Whiley y Schaffer, 1994).



Figura 19. Supuestos centros de origen de las razas ecológicas Mexicana, Guatemalteca y Antillana del aguacate (Story et al., 1986)

Tabla 10. Características principales de las razas de aguacate.

Característica		RAZA			
		Mexicana	Guatemalteca	Antillana	
Adaptación (clima)		Frío	Frío	Cálido	
Temperatura mín (°C)		-9	-4,5 a 6	-2,2 a 4,0	
Temperatura rango (°C)		8 a 15	12 a 22	22 a 28	
Tolerancia	Frío	Alta	Media	Baja	
	Humedad	Baja	Media	Alta	
	Salinidad	Baja	Media	Alta	
	Alcalinidad	Media	Baja	Alta	
Origen		Tierras altas de México	Tierras altas de Guatemala	Tierras bajas de Centro y Sudamérica	
Hojas	Olor a anís	Si	No	No	
	Color brotes	Verde pálido	Bronceado	Verde pálido	
	Tamaño	Pequeña	Intermedia	Grande	
	Color	Oscuro lustroso	Oscuro lustroso	Claro opaco	
	Color envés	Más ceroso	Menos ceroso	Más ceroso	
Frutos	Tamaño	Pequeño	Variable	Variable	
	Peso (g)	200 a 250	200 a 2.300	400 a 2.300	
	Contenido de aceite	Alto	Alto	Bajo	
	Cáscara	Grosor	Delgada	Gruesa	Mediana
		Tamaño (mm)	0,8	3,0 a 6,0	1,5 a 3,0
		Textura	Lisa	Áspera	Lisa
		Consistencia	Suave	Leñosa quebradiza	Flexible
Semilla	Tamaño	Grande	Pequeña	Grande	
	Estado	Adherida o suelta	Adherida	Suelta	
	Cotiledones	Rugoso	Liso	Rugoso	
Pedúnculo	Tamaño	Largo	Corto	Corto	
	Longitud (cm)	2,0 a 5,4	0,6 a 1,8	--	
	Grosor	Delgado	Grueso	Delgado	
	cm	0,6 a 1,27	1,27 a 1,8	--	
	Cónico	Cónico	Cilíndrico o cónico	Cilíndrico	
Floración a madurez		5,6 a 8 meses	10 a 15 meses	5, 6 a 9 meses	

Adaptado de: Ibar (1979), Ríos-Castaño et al. (1977); Avilán et al. (1992).



No existen problemas de esterilidad entre las tres razas o entre cualquiera de los taxones pertenecientes a la *P. americana*. Por lo tanto, en lugares donde hay árboles de distintas razas creciendo juntos, ya sea en forma silvestre (Popenoe y Williams, 1947) o en un cultivo (Bergh, 1969), la hibridación ocurre sin dificultad. Aun sin la hibridación interracial, existen algunas coincidencias en muchos de los rasgos enumerados. Como la mayoría de los cultivares comerciales actuales son híbridos interraciales, la identificación del origen racial se torna bastante difícil. En términos de las características de sus frutos, las dos razas más similares son la Mexicana y la Antillana; sin embargo, son muy disímiles en cuanto a su adaptación climática. Por ello, el mayor problema es distinguir entre el germoplasma Antillano y el Guatemalteco en las zonas tropicales y entre el Mexicano y Guatemalteco en las zonas menos tropicales (Williams, 1977b). En ambos casos, el criterio más útil es probablemente el de la época de maduración. Otros son, el grosor de la cáscara y la textura de la superficie, el tamaño de la semilla y la firmeza de la pulpa. Probablemente, varios genes controlan cada uno de estos rasgos (Lavi *et al.*, 1993).

la colección colombiana de aguacate (una sola accesión), lo cual facilita su manejo y utilización. El patrón de distribución continuo de la variabilidad genética de la colección colombiana de aguacate, posiblemente se deba a las actividades de mejoramiento y del manejo de las accesiones. La variabilidad genética con alta similaridad presente en la colección colombiana de aguacate, recomienda que su diversidad genética sea incrementada, en especial, con alelos de interés para su mejoramiento. Las diferencias en las respuestas al clima podrían ser suficientes para identificar el origen racial de los árboles. Por ejemplo, solo la raza Antillana se adapta al clima netamente tropical de las tierras bajas, mientras que los árboles de otras razas pueden no cuajar frutos o incluso no producir flores bajo dichas condiciones (Serpa, 1968). Por el contrario en el clima de California, los árboles de raza Antillana cuajan muy poco o no cuajan, aun cuando no hayan sido dañados por heladas. En lugares fríos, donde frecuentemente hay temperaturas bajo cero, solo los árboles de raza Mexicana pueden sobrevivir (Kadman y Ben-Ya'acov, 1976).

En Colombia Ocampo et al., (2006) evaluaron la colección colombiana de aguacate (Persea americana Mill.) con 60 accesiones, conservada ex situ y mantenida por Corpoica en el C.I. Palmira, es la mayor colección de esta especie frutal en Colombia.

El trabajo se adelantó con el fin de conocer la diversidad y el nivel de redundancia genética presentes en esta colección, usando la tecnología de los marcadores moleculares de ADN basados en la PCR. Como resultado, se encontró que el nivel de redundancia genética es mínimo en



Razas de aguacate

Raza Mexicana

Persea americana var. *drymifolia*, originaria de las tierras altas de la zona Central de México y conocida como raza Mexicana, es la raza con mayor resistencia al frío, soportando temperaturas por debajo de los 0°C; sin embargo, temperaturas de -6°C, causan daños a las plantas y de -9°C causan su muerte (Avilán *et al.*, 1989); las temperaturas óptimas para esta raza, están entre los 5 a los 17°C. En Colombia, esta raza se adapta a alturas superiores a los 1.700 msnm hasta los 2.500 msnm; sus hojas son más pequeñas que las de las otras razas, son alargadas y con glándulas que contienen aceites esenciales, que al presionarlas desprenden un fuerte olor a anís. Presenta flores pubescentes. Los frutos son pequeños, de un peso entre 80 a 250 g. Tarda en madurar en el árbol entre seis a ocho meses. Entre las tres razas, es la que mayor contenido de grasa posee en sus frutos, hasta un 30%

y la de menor contenido de azúcar, 2%. La cáscara es delgada y la superficie lisa. Normalmente es de tonalidades verde claro, pero algunas variedades presentan coloraciones rojas, moradas o casi negras. La pulpa es de muy baja cantidad de fibra, con un sabor muy característico a nuez (Ibar, 1979; Avilán *et al.*, 1992; Ríos-Castaño *et al.*, 1977).

La semilla de los aguacates de esta raza es pequeña (Ibar, 1979). Esta raza ha sido poco explotada en Colombia debido a que presenta alternancia o vecería en la producción, es decir, una buena cosecha seguida de una mala, de hecho no se tienen tipos puros de esta raza en nuestro país, sino híbridos con la raza Guatemalteca. En la **Tabla 11** se observa la lista de variedades (cultivares) de aguacate de la raza Mexicana, su tipo de flor, peso del fruto y contenido de grasa.

Tabla 11. Características de algunas variedades de aguacate de la raza Mexicana.

Cultivar	Tipo de flor	Peso del fruto (g)	Contenido de grasa (%)
Atlixco	A	450 a 700	25
Bacon	B	200 a 300	17,85
1607	Desconocido	250	--
Benedict	Desconocido	60 a 200	15
Duke	A	250 a 350	21
Ganter	B	150	18
Gottfried	A	390	9 a 13
Mexícola	A	85 a 140	20%
Notrthrop	B	100 a 150	26
Perfecto	A	600 a 850	13%
Puebla	A	200 a 280	20%
San Sebastián	B	350 a 450	20%
Susan	Desconocido	250 a 300	12,7 a 17
Topa Topa	A	170 a 280	15,5
Zutano	B	200 a 400	16

Fuente: Morton (1987); Ibar (1979).



Descripción de algunas variedades (cultivares) de la raza Mexicana

Mexícola

Variedad originada alrededor de 1910 a partir de plántulas por semilla, en Pasadena California y de padres desconocidos. Produce temprano y regular, resistente al frío y al calor, muy utilizado como uno de los patrones en California, para programas de mejoramiento y en Chile como patrón comercial de Hass. Presenta frutos muy pequeños, aperados, de color negro, con pulpa de excelente sabor, con presencia de fibra y semillas grandes. Algunos autores mencionan que este fruto presenta hasta un 20% de contenido de aceite (Griswold, 1950; Morton, 1987) (Figura 20).



Figura 20. Cultivar de la raza Mexicana, Mexícola.
Foto: <http://genalecologico.ning.com>

Puebla

Originaria de Atlixco (México), es la variedad Mexicana más conocida. Es un árbol vigoroso, bien desarrollado, de copa bien formada y equilibrada (Ibar, 1979). El fruto es de buena calidad, se desprende con facilidad del árbol, es de forma ovoide, asimétrico; su contenido de grasa es del 20%, con un peso entre 200 a 400 g y de 8 a 10 cm de largo; de cáscara delgada, lisa, de color castaño morado y brillante (Figura 21) (Ibar, 1979). La pulpa es de color amarillo a verde, con sabor a nuez; la semilla es grande y está adherida a la cavidad que la contiene (Ibar, 1979). La relación cáscara: semilla:pulpa es 11:25:64%, respectivamente (Bernal, 1986; Bernal y Moncada, 1988).



Figura 21. Cultivar de la raza Mexicana, Puebla.
Foto: J. Bernal

Duke

Originaria de California, de frutos elongados o piriformes (**Figura 22**), más bien pequeños a medianos, 250 a 350 g, con contenido de grasa del 21%, de cáscara delgada y lisa, de color verde brillante. Se le considera de calidad excelente. El árbol es grande, de copa simétrica, resistente al viento y al frío (Morton, 1987). Presenta raíces tolerantes a la pudrición por *Phytophthora*, por lo cual algunas accesiones de éste se utilizan como portainjertos o patrón clonal, como es el caso del Duke 5, Duke Grace, Barr Duke, D9, Merensky 2 (Dusa), Duke 6 y Duke 7 (Ibar, 1979; Newett *et al.*, 2007).

Gottfried

Originaria de La Florida (EUA), presenta frutos en forma de pera, de tamaño mediano; cáscara lisa, de color púrpura; la pulpa es de excelente calidad, con un contenido de aceite entre 9 a 13%; tiene semilla mediana (**Figura 23**). Es susceptible a antracnosis (Morton, 1987).

Zutano

Originada en Fallbrook, California, por W.L. Ruitt. Fue introducida en 1941 de una selección hecha en 1926. Árbol frondoso, de hábito erecto, precoz y resistente al frío, pero muy susceptible a roturas por el viento. El fruto es aperado, de color verde claro, cáscara muy delgada y correosa, de moderada facilidad para pelar, de tamaño pequeño a medio, 200 a 400 g de peso y 10 a 13 cm de largo (**Figura 24**) (Ibar, 1979). La pulpa es verde pálido, acuosa o "aguachenta", por lo que se le considera una variedad de calidad mediocre; además, cuando madura tiende a rajarse y a decolorarse; es delicado para su manejo poscosecha y muy susceptible a enfermedades durante su maduración. Tiene una vida moderada en estantería y se transporta bien cuando está verde, pero

no cuando madura (Ibar, 1979; Newett *et al.*, 2007). La relación cáscara:semilla:pulpa es 7:26:67%, respectivamente (Bernal, 1986; Bernal y Moncada, 1988). Se lo usa como semilla nodriza en la producción de portainjertos clonales en California y Sudáfrica. Es un excelente polinizador de Hass. En el 2000 representó el 2% de la producción en California, 1.5% en Nueva Zelanda y cerca del 1% en España (Newett *et al.*, 2007).



Figura 22. Cultivar de la raza Mexicana, Duke

Foto: <http://sacramentogardening.blogspot.com/2012/10/the-legendary-duke-avocado-part-deux.html>



Figura 23. Cultivar de la raza Mexicana, Gottfried

Foto: J. Bernal



Figura 24. Cultivar de la raza Mexicana, Zutano

Foto: <http://www.ucavo.ucr.edu/AvocadoVarieties/VarietyPhoto/Zutanophoto.html>



Bacon

Es originaria de Buena Park, California, introducida por James E. Bacon en 1951. Se le considera una variedad buena para ser cultivada en las zonas altas de Sudamérica; sin embargo, su pulpa es de una calidad mediana. Es un árbol de hábito erecto, muy vigoroso y es una de las variedades más resistentes al frío y al viento, recomendándose en zonas donde otras variedades no pueden cultivarse. El tamaño del fruto es mediano, 170 a 510 g de peso y 10 a 12 cm de largo, de forma ovalada y cáscara casi lisa, verde y delgada, coriácea, que pela fácilmente (**Figura 25**) (Ibar, 1979). Su piel es sensible al daño causado por el viento y en casos severos, el fruto se parte, dejando expuesta la semilla. La pulpa es de color amarillo pálido a verde, de buena calidad, con 18% de grasa y sus frutos se consideran buenos para el transporte y el almacenamiento. Es susceptible al ataque de insectos y extremadamente susceptible a la antracnosis. Posee una producción regular y es más productivo que el Fuerte. La semilla es mediana a grande. Es usado como polinizador de otros aguacates, especialmente el Hass (Ibar, 1979; Newett *et al.*, 2007). Es poco alternante. La relación cáscara:semilla:pulpa es de 7:18:75%, respectivamente (Bernal, 1986; Bernal y Moncada, 1988). En el año 2000 este híbrido representó el 9% de la producción en España, el 4% en California y el 0.5% de los árboles en Nueva Zelanda (Newett *et al.*, 2007).



Figura 25. Cultivar de la raza Mexicana, Bacon.

Foto: <http://www.ucavo.ucr.edu/AvocadoVarieties/VarietyPhoto/Baconphoto.html>

Topa-Topa

Originado en 1907, fue seleccionado en el rancho Topa Topa, en Ojai, California. Fue el patrón más usado allí durante los años de la expansión de la industria del aguacate, ya que los árboles tenían altas producciones y los árboles de semilla, eran relativamente vigorosos y fáciles de injertar. Sin embargo, Topa Topa es altamente susceptible a *P. cinnamomi* y a *P. citrícola* y tiene escasa tolerancia a la salinidad (Newett *et al.*, 2007). Presenta frutos piriformes, alargados, asimétricos, de tamaño pequeño, 170 a 250 g de peso y 8 a 10 cm de largo; su corteza no pela fácilmente y es de color morado brillante (**Figura 26**); tiene un contenido de grasa del 15% (Ibar, 1979). La relación cascara:semilla:pulpa es 10:24:66%, respectivamente (Bernal, 1986; Bernal y Moncada, 1988).

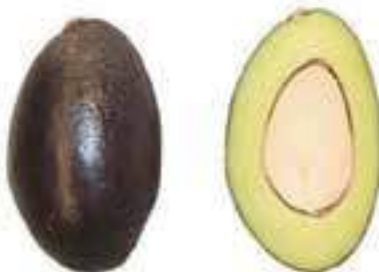


Figura 26. Cultivar de la raza Mexicana, Topa-Topa

Foto: <http://ucavo.ucr.edu/AvocadoVarieties/VarietyPhoto/TopaTopaphoto.html>

Raza Guatemalteca

Persea americana var. *guatemalensis*, conocida como la raza Guatemalteca, originaria de las tierras altas de Guatemala, se adapta a condiciones subtropicales, con temperaturas óptimas de 4 a 19°C. En Colombia, los árboles de esta raza se adaptan a alturas entre 1.000 y 2.000 msnm; presentan hojas sin olor anís, de mayor tamaño que las de la raza Mexicana y son de color verde más oscuro (Ibar, 1979).

Los frutos son de forma esférica, ovalada o piriforme; su corteza es gruesa, de consistencia correosa, dura, hasta casi leñosa y quebradiza. Su color es verde opaco, hasta morado oscuro cuando está maduro; los frutos pueden ser medianos y grandes; los pedúnculos son largos, tienen forma cónica y aumentan de tamaño desde su inserción en el tallo hasta la base del pedicelo. La pulpa es algo fibrosa (Ibar, 1979).

La calidad de la fruta y su contenido de grasa del 20%, superan a la raza Antillana. Soportan temperaturas bajas. El tamaño de la semilla varía de pequeña a grande y suele llenar toda la cavidad que la contiene (Ibar, 1979). El período transcurrido entre la floración y la cosecha puede durar hasta 15 meses y después de que se han sazonado los frutos (madurez fisiológica), el árbol los retiene hasta por seis meses, ya que éstos no se caen fácilmente, como en otras razas (Avilán *et al.*, 1989).

En la **Tabla 12**, se observa la lista de variedades de aguacate de raza Guatemalteca, su grupo floral, peso del fruto y contenido de grasa.





Tabla 12. Características de algunas variedades de aguacate de la raza Guatemalteca.

Cultivar	Tipo de flor	Peso del fruto (g)	Contenido de grasa (%)
Anaheim	A	500 a 700	15 a 22
Anana	Desconocido	450 a 700	15 a 18
Atlixco	A	450	11
Benik	A	500 a 600	15 a 24
Bonita	B	368	18,5
Colla	B	200 a 350	--
Collins	B	200 a 350	--
Dickinson	A	200 a 400	13,5
Edranol	B	300 a 350	22,5
Grande	A	900	--
Hass	A	150 a 400	18 a 25
Hazzard	A	340 a 450	27,5
Itzamna	B	400 a 450	15
Ishral	Desconocido	200	--
Kanola	B	500	--
Lamat	B	400 a 550	15
Linda	B	900 a 1000	12
Lyon	B	400 a 550	21
Mac Arthur	Desconocido	280 a 400	13 a 16
Mayapan	A	400 a 550	18,5
Nabal	B	350 a 500	10 a 15
Nimliah	B	1.000 a 1.300	--
Orotava o Java	B	300 a 450	--
Panchoy	B	500 a 700	18
Pinkerton	A	230 a 400	25
Queen	B	400 a 650	13
Reed	A	230 a 500	18,9 a 20
Rincon	A	150 a 300	16 a 18
Schmidt	B	450 a 700	12 a 16
Sharpless	A	450 a 700	17
Sinaloa	A	700 a 900	16
Solano	A	450 a 700	10
Spinks	A	280 a 550	15
Surprise	B	450 a 600	18
Taft	A	400 a 600	18
Taylor	A	350 a 500	13 a 17
Tonnage	B	500	6 a 8
Wagner	A	200 a 350	16 a 20
Wurtz	A	250 a 400	--

Fuente: <http://ucavo.ucr.edu/avocadovarieties/AvocadoVarieties.html>; Ibar (1979).

Hass

Es el principal cultivar del mundo, predominantemente Guatemalteco, pero con algunos genes Mexicanos; es una mutación espontánea de parentales desconocidos, que fue seleccionada por Rudolph G. Hass, en La Habra Heights (California), debido a la alta calidad de su pulpa, mayor productividad y una madurez mas tardía que el "Fuerte" y fue patentado en 1935 (Newett *et al.*, 2007). A finales de los años 20, el señor Rudolph Hass, un cartero, compró el árbol semilla a Rideout de Whittier y lo plantó en su nuevo huerto, él planeaba plantar otras variedades en él, pero cuando los plántones no dieron fruto repetidamente pensó en cortar el árbol. Afortunadamente los hijos de Hass le convencieron de lo contrario, ellos preferían el sabor de esta fruta al que tenía el llamado "Fuerte", el cual era la variedad predominante en la industria estándar de aquellos días. Ya que la calidad era alta y el árbol dio un buen fruto, Hass nombró a la variedad con su apellido y le sacó una patente en 1935 (California Avocado Commission, 2013).

El mismo año, firmó un acuerdo con Harold Brokaw, un viverista, para propagar y promover el aguacate patentado por Hass. Brokaw comenzó a propagar el negro y rugoso Hass de forma exclusiva y a promoverlo en favor de las variedades estándar de esa época. El Hass era mucho más resistente que el Fuerte y maduraba en una época diferente del año. Por causa de su ventaja estacional, Brokaw rápidamente aumento sus ventas (California Avocado Commission, 2013).

La patente expiró en 1952, el mismo año en que Rudolph Hass murió, pero para entonces este aguacate negro que llevaba su nombre estaba ganando popularidad rápidamente sobre el Fuerte, los consumidores prefirieron su rico sabor, mientras que los mercados lo favorecían

por su durabilidad y más larga vida en los anaqueles. Hoy en día el Hass es cerca del 80% de todos los aguacates que se comen en el todo el mundo y genera más de 1 billón de dólares en ganancias anuales, solo en los Estados Unidos (California Avocado Commission, 2013).

El Hass cuenta con un 10 a 15% de la raza Mexicana y el resto, 85 a 90%, de la raza Guatemalteca. Es autofértil, pero se recomienda como polinizador a Fuerte o Ettinger. El árbol se asemeja en su arquitectura a la del naranjo, pero de mayor tamaño; posee un hábito de crecimiento erecto, con copa redondeada y grupo floral A. Es un cultivar de buena producción; sus frutos son de buena calidad y permiten el almacenamiento.

Es menos sensible al frío que el Ettinger y el Fuerte (Newett *et al.*, 2007). En 2002, la raíz del árbol originario de la variedad Hass, pereció a la edad de 76 años. Sus hijos son responsables del 95% de los aguacates cultivados en California y corresponde a una de las industrias más importantes del estado. Todavía, a pesar de las especulaciones, nadie conoce que variedad de semilla produjo el árbol madre Hass original (California Avocado Commission, 2013).

Los frutos son de tamaño mediano, con un peso que va de 150 a 400 g (Newett *et al.*, 2007) y de 8 a 10 cm de largo (Ríos-Castaño y Tafur, 2003); de forma ovoide a piriforme; la cáscara es mediana a gruesa, coriácea, rugosa, de textura rugosa y corchosa, de superficie áspera y granulosa (**Figura 27**); los granos desaparecen cuando es sembrado a gran altitud; la cáscara es de color verde que se oscurece al madurar, tornándose morada a negra (Newett *et al.*, 2007). Esta condición es normal en el proceso de maduración de este material y a diferencia del concepto equivocado de ser una característica negativa, el hecho de que esta fruta se torne oscura cuando



Figura 27. Cultivar de la raza Guatemalteca, Hass

Fotos: J. Bernal

está madura, es un indicador natural de la madurez de consumo. El fruto maduro se conserva bien en el árbol. El contenido de grasa de la pulpa es del 17% hasta el 21% (Newett *et al.*, 2007). El tamaño de la semilla es mediano, de forma redonda; con una pulpa cremosa, amarilla, con un 66 a 70% de aprovechamiento, de excelente calidad, con un rico sabor a nuez (nogado) (Newett *et al.*, 2007).

El cultivar Hass es precoz y tiene una producción regular y alta, pero la permanencia de la fruta en el árbol por mucho tiempo puede acentuar la alternancia bianual de la producción. La tendencia a producir frutos de poco tamaño (< 200 g) y el porcentaje de frutos pequeños, aumenta a medida que el árbol envejece o se enferma; los árboles cultivados en climas templados y en zonas más frías en el trópico, producen frutos de mayor tamaño (Newett *et al.*, 2007).

Las características de poscosecha que contribuyen a la popularidad del aguacate Hass son su excelente capacidad de almacenamiento y transporte, en comparación con otros cultivares (debido en parte a las altas concentraciones de calcio del fruto) y el cambio en el color de la piel de verde a negro, lo que hace fácil identificar a los frutos maduros y enmascarar leves imper-

fecciones de la cáscara. En los últimos 50 años el Hass se ha convertido en el cultivar más importante en los climas subtropicales. En el año 2010, representó un 100% de la producción en Chile, un 97% en Brasil, un 95% en Nueva Zelanda, un 94% en California y México, un 80% en España, un 80% en Australia, un 42% en Perú, un 45% en Sudáfrica, un 33% en Israel y un 26% en Colombia (Newett *et al.*, 2007; Mejía, 2011).

Esta variedad es junto con Fuerte, Reed y Collinred, una de las mejores para su siembra en condiciones de clima frío moderado en Colombia (1.800 a 2.600 msnm). En trabajos de caracterización de este cultivar en Colombia, se encontró que la relación cáscara:semilla:pulpa fue de 8,5:11,5:72%, respectivamente (Bernal, 1986; Bernal y Moncada, 1988).

Esta variedad en Colombia parece presentar buenas características organolépticas y en el país se han registrado rendimientos de producción muy elevados, lo que hace pensar que ésta podría tener un potencial de exportación. El aguacate Hass ha mostrado en suelos colombianos rendimientos por hectárea superiores a los que presentan los principales países exportadores, que van de 12,4 a 18,8 t/ha en árboles de 8

y 9 años. Entre los países productores el mayor rendimiento se reporta para Israel, con un promedio de 11,2 t/ha; México, principal exportador, tiene 10,1 t/ha, Perú 9,02 t/ha y Chile solo 6,5 t/ha. Colombia tiene un promedio general de 10,8 t/ha, que lo posiciona en el segundo lugar a nivel mundial en este aspecto (Velásquez, 2006). Por lo tanto, se hace interesante el cultivo de esta variedad en Colombia, tanto para el mercado nacional, como para el internacional.

Evaluación del rendimiento y calidad de frutos del cv. Hass en Colombia

En la literatura actual existe amplia evidencia que los factores de precosecha pueden afectar la calidad del aguacate. Los factores de precosecha pueden tal vez ser particularmente críticos para el éxito de la manipulación de los aguacates para la exportación, ya que se requiere de un largo tiempo de viaje hasta el mercado. La comprensión de los efectos del ambiente de precosecha sobre los procesos de crecimiento y maduración, y la susceptibilidad a desórdenes fisiológicos y patológicos ayudará a explicar las inconsistencias observadas en la evolución de la fruta en poscosecha. Esta línea de investigación tendrá también un beneficio indirecto. Típicamente, los agricultores no comprenden en general la biología de la poscosecha de su fruta en particular, ni tampoco le prestan importancia, ya que perciben que la poscosecha es algo que queda fuera del campo. Los esfuerzos destinados a mejorar la comprensión del papel de los factores de precosecha sobre la calidad de poscosecha, harán que los productores controlen activamente la calidad de su producto y ayudarán a hacerlos partícipes en aras de optimizar la calidad del producto.

En general, el tamaño y la calidad interna del fruto del aguacate esta íntimamente relacionada con su integridad genética. De esta manera, se estima que los aguacates de origen Guatemalteco y sus híbridos Guatemalteco por Antillano, poseen las mejores condiciones internas, en cuanto a contenidos en aceite (principal característica de un buen fruto de aguacate), no siendo estos, contrariamente, los de frutos mas grandes, como si lo son los aguacates de tipo Antillano. Podría pensarse que las condiciones donde se desarrollaron estos cultivares, de alguna manera, influyeron sobre las características externas e internas de los frutos de esa razas, por lo cual se deduce que climas cálidos, principalmente húmedos, generaron aguacates de frutos grandes y con poco contenido de grasa.

Pese a que la calidad, tanto externa como interna del fruto del aguacate, está íntimamente ligada al factor genético, no hay que desconocer el efecto que sobre ésta ejerce el ambiente. Son poco los reportes que existen en Colombia al respecto, pues a nivel mundial, los estudios sobre calidad de la fruta se han hecho en su mayoría, teniendo en cuenta la variación estacional, mas no la variación altitudinal, que a la postre, lo que indica es una diferente oferta ambiental.

En un trabajo realizado por Bernal (2011), se evaluó el comportamiento agronómico, rendimiento y calidad de fruta, de la variedad de aguacate Hass, en diferentes pisos térmicos del departamento de Antioquia, para determinar sus zonas óptimas de cultivo. En éste se seleccionaron lotes de aguacate cv. Hass, de 5 años de edad, ubicados en siete localidades del departamento de Antioquia. En este trabajo se pudo establecer que existe un efecto de las condiciones ambientales, sobre la calidad externa e interna de la fruta, obtenida en los diferentes ambientes,



así como sobre el rendimiento por árbol y por hectárea obtenido. Durante ese año se tomó información de parámetros climáticos en tres de las localidades más contrastantes para explicar la respuesta del cultivar Hass bajo tales condiciones (**Figura 28**). Árboles de aguacate del cultivar de origen Guatemalteco como el Hass, considerado como un cultivar subtropical, sembrado en el trópico, a bajas alturas, bajo condiciones de alta luminosidad, alta humedad relativa, alta temperatura, entre otros factores ambientales (**Figura 28**), puede sufrir un estrés que se verá reflejado, no solamente en un crecimiento anormal de la copas (por lo general con menor follaje, por la inhibición fotosintética), sino también en una reducción en el tamaño de la fruta, debido principalmente por el acelerado proceso metabólico de ésta, dando como

resultado formación de frutos en menor tiempo, lo que significa un menor llenado de éstos y por consiguiente un tamaño y un peso menor de los mismos, como se aprecia en las **Figuras 29, 30 y 31** (Bernal, 2011); además, sus características físicas internas también variaron, prestándose porcentajes mas altos de semilla y cáscara en los ambientes mas cálidos, con menores porcentajes de pulpa, lo que significa una menor calidad. En la **Figura 31**, se observa una tendencia similar en los ambientes por encima de los 1.770 msnm, con respecto al porcentaje de pulpa, que fluctuó entre 68 a 70%, mientras que los ambientes por debajo de esta altitud, presentaron porcentajes de pulpa más bajos, entre 60 a 62%. Los porcentajes de semilla y cáscara, fueron mayores en los ambientes donde el porcentaje de pulpa fue menor y viceversa.

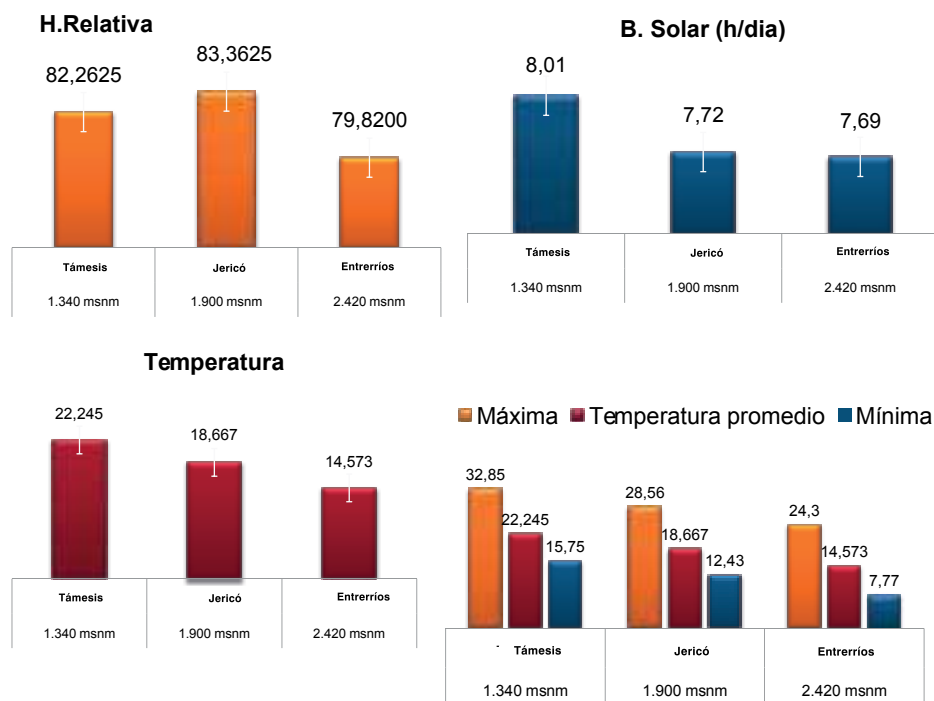


Figura 28. Humedad relativa, brillo solar y temperatura promedio de tres localidades del departamento de Antioquia, 2011.

El peso promedio de los frutos en las diferentes localidades fluctuó entre 155,3 a 213,5 g, encontrándose los frutos de mayor tamaño en las localidades por encima de los 1.770 msnm, con promedios de fruto de calidad extra (>180 g), aptos para el mercado de exportación, a excepción de la localidad ubicada a 2.087 msnm (con promedio cercano de 177,6 g), mientras que las localidades por debajo de esta altura, presentaron pesos promedio de frutos bajos (entre 155,3 a 157 g), considerándose de calidad primera (Figura 30).

Whiley (2007), el contenido de aceite en aguacate está fuertemente influenciado por la producción y el tamaño del fruto, con lo cual, a mayor tamaño, mayor es el contenido de aceite. Cabe anotar, que el contenido de aceite es el responsable de imprimirle al aguacate su sabor nogado (a nuez), tan característico y determinante para su palatabilidad, que lo ha posicionado como uno de los frutos con mayor aceptación a nivel mundial.

Disminuciones en el tamaño y peso de los frutos, influenciadas por condiciones ambientales no aptas para el cultivar de aguacate Hass, indican un efecto negativo en la calidad externa de éstos, por no cumplir con los calibres exigidos por el mercado, lo cual es mas grave si se trata de fruta para la exportación. Además, como lo mencionan Lahav y

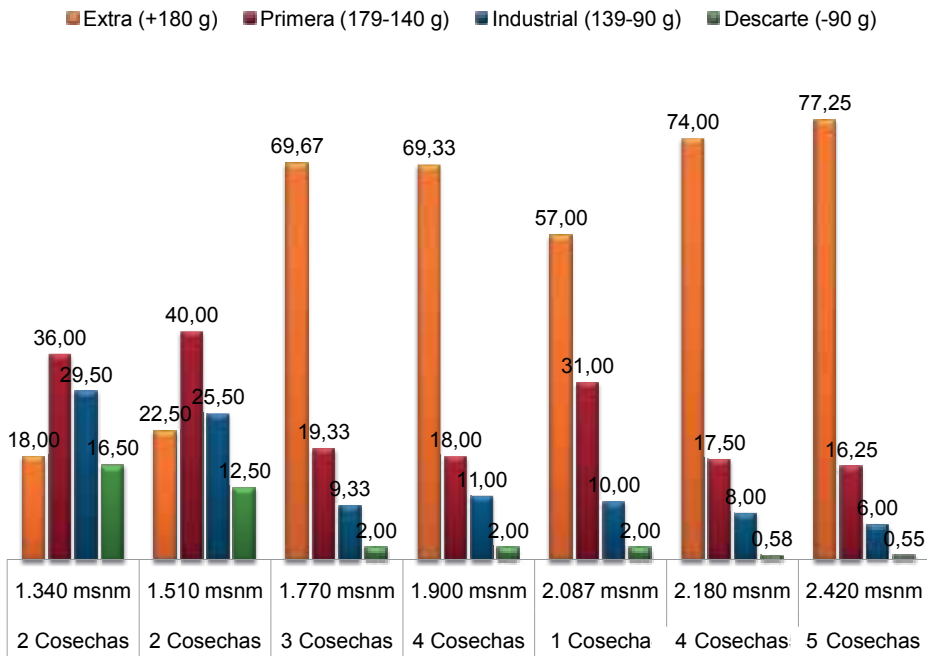


Figura 29. Porcentaje de fruta obtenida por calibre (según normas de exportación), en aguacate Hass, en siete ambientes del departamento de Antioquia, 2011.

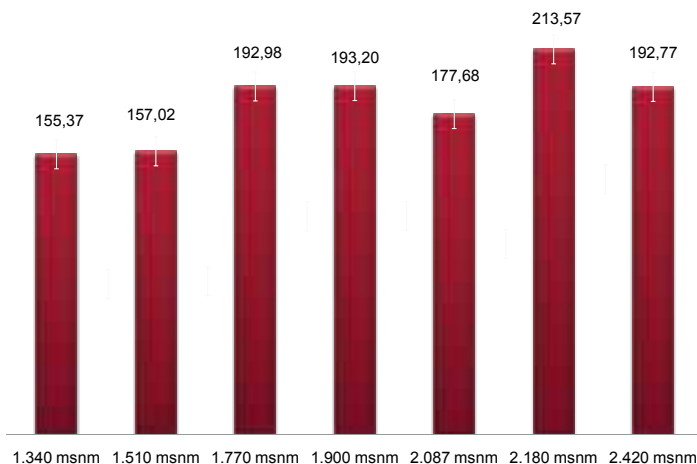


Figura 30. Peso promedio (g) de fruta de aguacate cv. Hass, obtenida en siete ambientes diferentes del departamento de Antioquia, 2011.

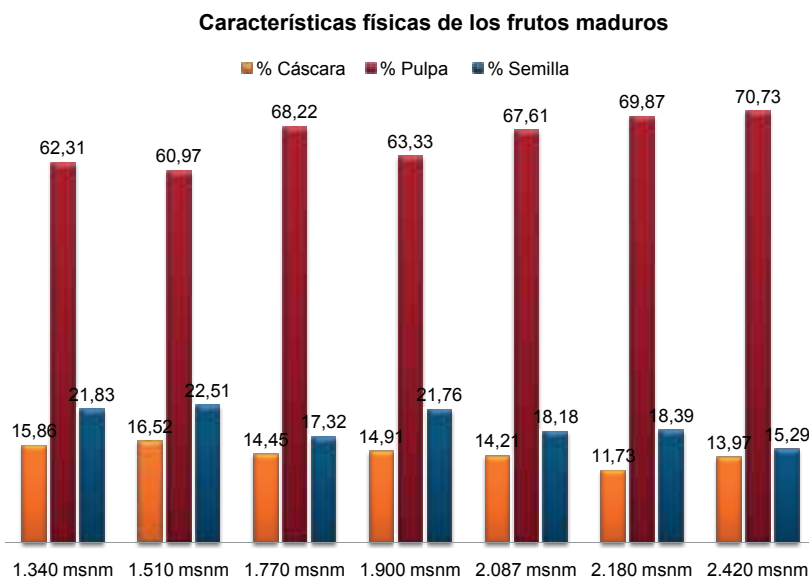


Figura 31. Porcentaje de cáscara, pulpa y semilla de fruta obtenida, en aguacate Hass, en siete ambientes del departamento de Antioquia, 2011.

Con respecto a la evaluación del rendimiento en fruta, en las Figuras 32 y 33, se detalla la diferencia en la producción entre los ambientes, en la cual de acuerdo con la fruta cosechada en 2011, los rendimientos en kg/árbol, en una población de 15 árboles y los rendimientos esperados en t/ha difieren, notándose que los cultivos por encima de los 1.900 msnm, presentan rendimientos superiores al promedio nacional de 9.43 t/ha (Agronet, 2009), mientras que aquellos por debajo de esta altura presentan rendimientos bajos, lo que supone una desadaptación a esas condiciones.

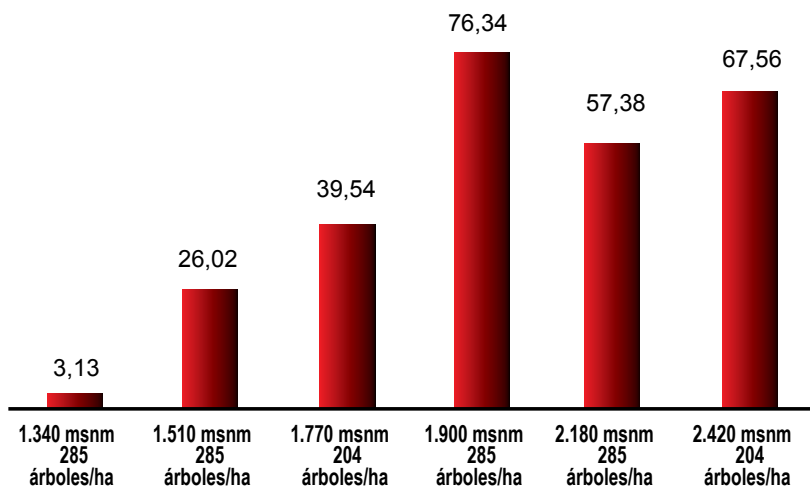


Figura 32. Producción esperada (kg/árbol) en aguacate Hass, en siete ambientes del departamento de Antioquia, 2011.

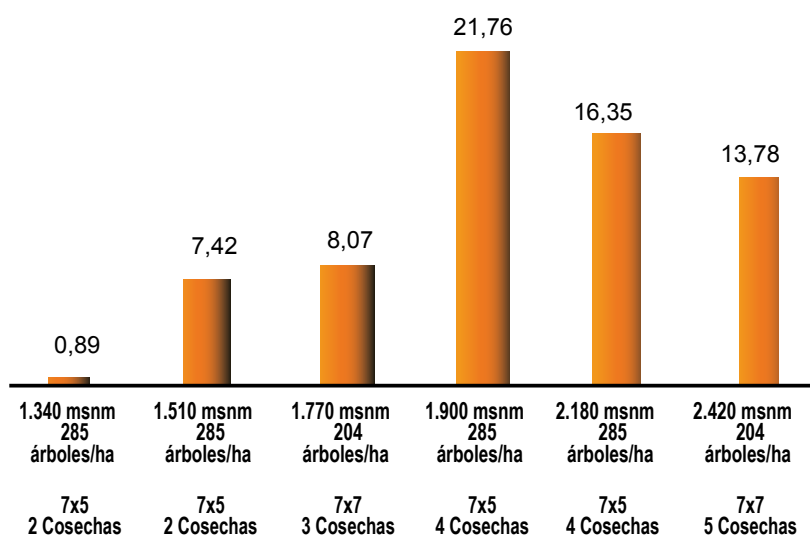


Figura 33. Rendimiento esperado (t/ha) en aguacate Hass, en siete ambientes del departamento de Antioquia, 2011.

En los últimos años se ha puesto mucha atención hacia la obtención de nuevas selecciones de aguacate, con mejores características respecto a las variedades estandar, especialmente con la variedad Hass. Los estudios buscan nuevos cultivares con mayor precocidad, producción, calidad de la fruta, diferente temporada de cosecha, mayor tamaño relativo de fruta y distinta forma de árbol. Recientemente se han desarrollado en California y México, selecciones de aguacate a partir de Hass, que están siendo utilizadas por los agricultores por poseer algunas características superiores al Hass convencional. Entre muchos de los materiales, se destacan el Lamb-Hass de California y el Hass Carmen de México, los cuales se describen a continuación.



Lamb-Hass

Mejoradores de la Universidad de California-Riverside, evaluaron 10.000 plántulas obtenidas de semillas de aguacate, procedentes de la variedad Gwen (el cual se obtuvo a su vez de una selección del Hass original), en la finca Camarillo a finales de los 1980's. Entre 1990 y 1996, aguacates con características promisorias fueron escogidos de este primer ensayo para futuras evaluaciones. Una de esas selecciones con apariencia a Hass fue seleccionada por producir más fruta que Hass, madurar más tardíamente (durante el verano) y por ser un árbol más pequeño. Este material fue nombrado Lamb-Hass en honor a Bob Lamb y su familia. Entre las ventajas que presenta el Lamb-Hass, con respecto al Hass, están: producción más alta, árbol más tolerante a los vientos y a las altas temperaturas, menor daño por golpe de sol, menor daño por trips y por el ácaro cristalino y la posibilidad de mayor densidad de siembra (<http://www.californiaavocado.com/assets/Uploads/Growers-Site/Cultural-Management/Lamb-Hass-vs-Hass-Avocado.pdf>).

Este híbrido es considerado como la variedad de aguacate del verano en el estado de California, en Estados Unidos. Presenta floración tipo A. Los árboles de este material son de hábito columnar. Los frutos son de tamaño medio a grande (280 a 570 g), simétricos en forma, lo cual lo diferencian del Hass. Presenta corteza de color verde pálido (cuando verdes), de grosor intermedio y pulpa amarillenta, de sabor suave y textura cremosa, de sabor nogado. En apariencia los frutos del Lamb-Hass son similares a los de Hass, de forma oval aperado (obovado) y con semilla de tamaño medio a grande (**Figura 34**). El porcentaje de semilla/corteza/pulpa es de 15:14:71, respectivamente.



Figura 34. Cultivar de la raza Guatemalteca, Lamb-Hass.

Foto: <http://ucavo.ucr.edu/AvocadoVarieties/VarietyFrame.html>

El Lamb-Hass, tiene corteza rugosa, ligeramente menor al Hass, pero a diferencia de éste, el cual cambia de color del verde al negro, a medida que madura, la corteza del Lam-Hass es negra aún inmaduro y así permanece después de su cosecha (<http://www.cooksinfo.com/lamb-hass-avocado#ixzz2WlOnbfJQ>).

Hass Carmen

Aproximadamente en 1986, se observó un árbol de aguacate de hábito diferente en la región Sur del Valle de Basilia, en el municipio de Uruapan, Michoacán, México, morfológicamente similar al Hass convencional, pero con un patrón atípico de floración, precoz y consistente. La maduración o período de cosecha de este fruto, coincidió con el de la cosecha de la floración fuera de temporada del Hass convencional, que en México se conoce como la 'Loca'. La fruta de este cultivar madura 1 a 2 meses antes de la del Hass tradicional. Carlos Méndez, un productor de aguacate bien conocido en la región, se dio cuenta de la existencia de este árbol singular y siguió observando su comportamiento durante algún tiempo. Posteriormente el material se conoció como el tipo Méndez (Illsley *et al.*, 2011).

En México, el 40% o más del total de los cultivos de este cultivar maduran 1 - 2 meses antes del Hass tradicional (junio -septiembre). Dependiendo de la fructi-

ficación temprana, produce una cosecha adicional durante la temporada tradicional de Hass. La proporción varía de año en año. La fruta tiene características poscosecha idénticas al Hass. Presenta cierta alternancia. No presenta dominancia apical y múltiple brotación. Se estima que hay por lo menos 5.000 a 6.000 hectáreas plantadas actualmente sólo en Michoacán de cv. Hass Carmen, con una producción registrada de 26,5 t/ha durante los años de mayor volumen. Los viveros produjeron aproximadamente 350.000 nuevas plantas durante 1996 - 1997 con Hank Brokaw, de Brokaw Nursery en Saticoy, California. La fruta del material es similar al Hass convencional, presentando forma obovada (**Figura 35**), semilla relativamente grande y con espesor mediano de la corteza (Illsley *et al.*, 2011).



Figura 35. Cultivar de la raza Guatemalteca, Hass Carmen
Fotos: Illsley *et al.*, 2011

La copa del árbol de cv. Hass Carmen es redonda, compacta y densa, a diferencia del Hass convencional que presenta copas más esparcidas y abiertas. En poscosecha, la fruta tolera mejor las enfermedades que se presentan en esta etapa, toleran mayores períodos de almacenamiento a baja temperatura, como la que se requiere para la exportación. Hass Carmen® es un cultivar precoz, pudiéndose en algunas zonas de México, extender la temporada

de cosecha hasta 4 semanas o más. El Hass Carmen® se ha convertido en un cultivo ampliamente adoptado y significativo en la industria del aguacate Mexicano, y está bien establecido en Sudáfrica (Illsley *et al.*, 2011).

Reed

Originada alrededor de 1948 en la propiedad de James S. Reed en Carlsbad, California, posiblemente de semillas de un híbrido entre dos variedades Guatemaltecas (Anaheim x Nabal). Los árboles son delgados y tienen un crecimiento vertical característico, con ramas colgantes que protegen los frutos del "golpe de sol"; grupo floral A. El fruto es redondo (**Figura 36**), de tamaño mediano a grande, 270 a 680 g y 8 a 10 cm de largo, con corteza verde, ligeramente rugosa, medio gruesa, flexible y pela fácilmente (Whiley *et al.*, 2007; Ríos-Castaño y Tafur, 2003). Por poseer una corteza de tamaño mediano a gruesa, en los frutos de este cultivar es difícil determinar su madurez de consumo, característica que se considera negativa en el proceso de comercialización.



Figura 36. Cultivar de la raza Guatemalteca, Reed
Foto: <http://www.ucavo.ucr.edu/AvocadoVarieties/VarietyPhoto/Reedphoto.html>

La pulpa es de color crema, con rico y delicado sabor a nuez; no se oscurece cuando se corta y está catalogada como de excelente calidad, por su alta resistencia al transporte y al almacenamiento; el contenido de grasa es del 20% y 7,9% de fibra. La semilla es pequeña a mediana



y está bien adherida a la cavidad que la contiene. El árbol es de hábito erecto, con copas de 5 m de diámetro, muy regular en su producción (Newett *et al.*, 2007). En California debido a su crecimiento recto y consistencia en las cosechas, se usa en altas densidades. Las variedades con marcada dominancia apical conducentes a un tronco dominante simple, como Gen, Lam-Hass y Reed son usadas en altas densidades. En California se han plantado pequeños huertos experimentales de Lam-Hass y Reed a una distancia de 2,25 x 2,25 m (1.973 árboles/ha), manejados desde vivero por medio de podas anuales. Usando estos protocolos, en huertos de 6 años con la variedad "Reed", en alta densidad, ha producido 6,5; 26,0; 46,2 y 81,7 t/ha desde el tercero hasta el sexto año de producción, respectivamente (Whiley, 2007).

En el mercado americano, dos características se destacan con relación al Reed, su maduración tardía cuando otras variedades no están en el mercado y su alta producción que en promedio dobla la del Hass. Además, es un fruto atractivo tanto en lo interno como en lo externo, lo cual lo hace de importancia para su uso en restaurantes, donde pelados y preparados por su tamaño grande, lo hace más eficiente (Ríos-Castaño *et al.*, 2005).

En zonas frías de Colombia, esta variedad está siendo muy difundida, con excelentes resultados por su producción y calidad de fruta; sin embargo, dado su hábito de crecimiento erecto, se debe manejar con podas para no permitir árboles muy altos, en los cuales se dificulten las labores del cultivo, especialmente la cosecha. Esta variedad junto con Fuerte, Hass y Collinred, es una de las mejores para su siembra en condiciones de clima frío moderado en Colombia (1.800 a 2.600 msnm). La relación cáscara:semilla:pulpa es 11:17:72%, respectivamente (Bernal, 1986; Bernal y Moncada, 1988).

Edranol

Originado en 1927 como plántula obtenida del agricultor A.R. Rideout y posteriormente introducida en 1932 por E.R. Mullen en Vista, California (Agriculture y Natural Resources, 2012).

Presenta árboles erectos, vigorosos, fácilmente propagables y con buena resistencia al frío. Pertenece al grupo floral B. Su hábito de fructificación es variable, pero con muy buena carga de frutos. El fruto es piriforme, de cuello largo, de tamaño mediano a grande. El color de la cáscara es verde oscuro, aun cuando está maduro; su peso promedio es de 255 a 500 gramos, de forma piriforme (**Figura 37**), corteza ligeramente rugosa y corchosa, medianamente brillante, delgada para ser Guatemalteco, por lo que es muy fácil de pelar; de sabor excelente; con un 15 a 18% de contenido de aceite; la semilla es pequeña (Morton, 1987). La relación cáscara: semilla: pulpa es de 16:15:69%, respectivamente (Agriculture y Natural Resources, 2012). La pulpa es mantequillosa, amarilla, con un aprovechamiento de hasta el 77%, de agradable sabor a nuez y de buena calidad. Es un excelente polinizador de Hass. Es utilizado en Sudáfrica como la planta nodriza para la propagación clonal (Newett *et al.*, 2007). Fue un cultivar poco cultivado en California y actualmente no se encuentran cultivos comerciales (Morton, 1987).



Figura 37. Cultivar de la raza Guatemalteca, Edranol

Foto: <http://www.ucavo.ucr.edu/AvocadoVarieties/VarietyPhoto/Edranolphoto.html>

Itzamná

Originaria de Santa María de Jesús, Guatemala, en donde se encuentra a alturas sobre los 2.400 msnm; importado a Estados Unidos en 1916 por Wilson Popenoe (CAS Yearbook, 1950). Presenta frutos de buen tamaño, 400 a 450 g de peso y excelente calidad, de forma óvalo-piriforme y su color es verde claro; su cáscara es ligeramente áspera, la pulpa es amarilla y la semilla es pequeña y bien adherida la cavidad que la contiene (**Figura 38**). Presenta un 11% de contenido de aceite. El árbol presenta alternancia productiva y es ligeramente susceptible a la antracnosis; pertenece al grupo floral B (Morton, 1987; Ibar, 1979). La relación cáscara:semilla:pulpa es 8:24:68%, respectivamente (Bernal, 1986; Bernal y Moncada, 1988).



Figura 38. Cultivar de la raza Guatemalteca, Itzamná
Foto: J. Bernal

Linda

Introducida por E.E. Knight a Yorbalinda, California desde Guatemala, donde crece a alturas por encima de los 1.600 msnm. Presenta árboles de porte bajo, frondosos, vigorosos y con producciones con mucha regularidad (Ibar, 1979). El fruto es grande, puede pesar hasta 1.000 g, lo que lo hace un aguacate poco comercial, aunque se considera de muy buena calidad; de forma elíptica. Su corteza es de color morado oscuro, de textura áspera; su pulpa amarillosa (**Figura 39**), contiene un 12% de grasa; la semilla es de tamaño pequeño

a mediano, bien adherida a la cavidad que la contiene (Ibar, 1979). La relación cáscara:semilla:pulpa es 9,4:17,5:73,1%, respectivamente (Bernal, 1986; Bernal y Moncada, 1988).



Figura 39. Cultivar de la raza Guatemalteca, Linda
Foto: J. Bernal

Nabal

Originaria de la región de Antigua, Guatemala, donde se encuentra en su estado natural por encima de los 1.500 msnm, es considerada como la mejor variedad de su raza y fue introducida en Estados Unidos por F. W. Popenoe en 1917. En Argentina e Israel se cultiva como polinizadora de otras variedades. Los árboles son vigorosos, de hábito erecto, fructificación abundante y regular. Se cultiva entre los 800 a 2.000 msnm (Ibar, 1979).

El fruto es casi esférico, de tamaño mediano a grande, 350 a 500 g de peso y 10 a 12 cm de largo y pela fácilmente; su corteza es de color verde, ligeramente lisa, algo gruesa. La pulpa es de color amarillo (**Figura 40**), de consistencia firme, sin fibra, de excelente calidad y de muy buen sabor, de color verde cerca de la cáscara, con un contenido de grasa entre un 12-15%. La semilla es pequeña y bien adherida a la pulpa. Se considera una variedad de excelente comportamiento en el transporte y almacenamiento (Ibar, 1979; Morton, 1987). La relación cáscara semilla:pulpa es 10:10:80%, respectivamente (Bernal, 1986; Bernal y Moncada, 1988).

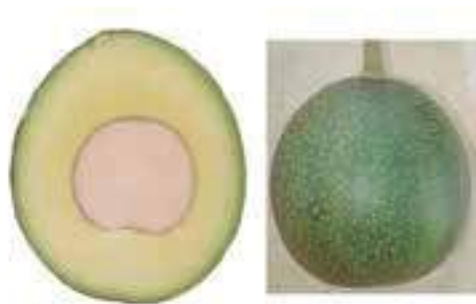


Figura 40. Cultivar de la raza Guatemalteca, *Nabal*
Foto: <http://www.ucavo.ucr.edu/AvocadoVarieties/VarietyPhoto/Nabalphoto.html>

Pinkerton

Originado en 1959 como un árbol de semilla del cultivar “Rincón” en la propiedad de J. y W. Pinkerton, Ventura, California y patentado en 1975. Es un árbol semienano, moderadamente extenso, con una tasa de crecimiento similar a la del Hass. Su grupo floral es A (Newett *et al.*, 2007). El fruto tiene una forma de pera alargada (**Figura 41**), de tamaño medio, 230 a 425 g de peso; la corteza es verde oscura, fácil de pelar, ligeramente correosa, algo gruesa y flexible, con gránulos protuberantes; la pulpa es abundante, suave y cremosa en su textura, de buen

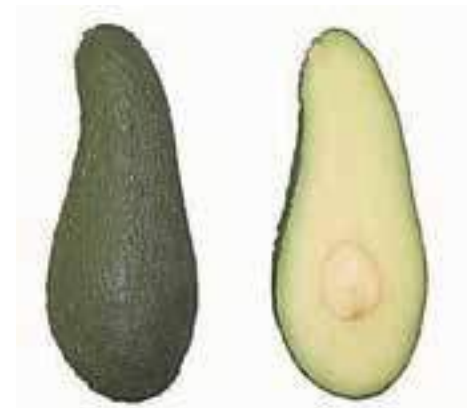


Figura 41. Cultivar de la raza Guatemalteca, *Pinkerton*
Foto: <http://www.ucavo.ucr.edu/AvocadoVarieties/VarietyPhoto/Pinkertonphoto.html>

sabor, de color verde pálido, alta en grasa y considerada como de buena calidad, aunque menor que Fuerte y Hass (Morton, 1987; Newett *et al.*, 2007).

La semilla es pequeña y se separa fácilmente de la pulpa, con la cubierta adherida a la semilla. Los frutos se consideran buenos para el transporte y almacenamiento; sin embargo, su forma alargada es una desventaja para el mercado en fresco. El árbol es pequeño, de hábito extendido, muy productivo (Morton, 1987; Newett *et al.*, 2007). La relación cáscara:semilla:pulpa es 13:10:77%, respectivamente.

Es relativamente resistente a la antracnosis y puede presentar un alto porcentaje de desórdenes internos en los frutos, incluyendo una maduración dispareja. Es cultivado para la exportación en Israel y Sudáfrica y en el año 2000 representó el 11 y el 8.5% de la producción de esos países, respectivamente (Newett *et al.*, 2007).

Mayapan

Varietal Guatemalteca introducida en 1917 a Estados Unidos por Wilson Popenoe, de Purula, Guatemala, a una altura de 1.700 msnm (CAS Yearbook, 1950). La variedad Mayapan fue de las primeras importaciones que se hicieron en Colombia. En condiciones del Valle del Cauca tiene muchas dificultades para el cuajamiento de los frutos y la producción es muy reducida, aunque la emisión de flores es muy abundante (Ríos-Castaño, 1982). A nivel mundial se considera un árbol de buena producción, resistente al pasador del tallo; el fruto tiene un contenido de grasa del 18%, de buen tamaño (420 a 600 g) y calidad, de forma casi esférica; la cáscara es de color morado cuando el fruto está maduro, de textura áspera y arrugada; su semilla es pequeña. Es la variedad líder en Hawái (Ibar, 1979; CAS Yearbook, 1950).

Híbridos

Dado que el aguacate es una planta que presenta una alta alogamia, es decir, una alta polinización cruzada, existe una gran facilidad para la obtención de híbridos, ya sea en forma natural, como artificial. Por tal razón, desde principios del siglo XX, se iniciaron procesos de mejoramiento del aguacate, mediante la hibridación de variedades de distintas razas; es así como se obtuvieron híbridos entre la raza Mexicana y Guatemalteca y entre ésta y la Antillana, dando como resultado variedades con mayor adaptación que la de sus progenitores. Las características de los híbridos varían de acuerdo con las de sus parentales; además de conseguir la mejor adaptación de un nuevo material de aguacate en una determinada zona geográfica, se ha buscado obtener frutos más comerciales, de tamaño mediano,

ya que el fruto de un híbrido tiene un tamaño promedio al de sus padres; además, es posible modificar la época de cosecha, haciéndola más temprana o más tardía, según sea el caso (Ibar, 1979).

Descripción de algunos cultivares híbridos de aguacate de la raza Mexicana x Guatemalteca

Los híbridos obtenidos entre estas dos razas, combinan características de los Mexicanos, como la resistencia al frío, con el tamaño y la cantidad de los Guatemaltecos; como resultado de la combinación, se obtienen frutos de tamaño intermedio; la época de maduración también tiende a ser intermedia. En la **Tabla 13**, se observa la lista de variedades de aguacates híbridos de Mexicano x Guatemalteco, peso del fruto y contenido de grasa.

Tabla 13. Características de algunos cultivares híbridos de aguacate de la raza Mexicana x Guatemalteca.

Cultivar	Tipo de flor	Peso del fruto (g)	Contenido de grasa (%)
135-15	B	333	--
135-20	A	250 a 350	--
135-21	A	266	--
135-27	B	350	--
143-61	B	220	--
Ardith	A	280 a 350	--
Bacon	B	200 a 400	18
Colin-V33	B	350	--
Ettinger	B	250 a 400	15 a 20
Fuerte	B	250 a 450	18
Lamb/Hass	A	280 a 500	--
Lula	A	400 a 600	12 a 16
Ryan	B	250 a 350	25
Sharwil	B	250 a 350	25
Whitsell	B	198 a 453	--

Fuente: <http://ucavo.ucr.edu/avocadovarieties/AvocadoVarieties.html>; Ibar (1979).

Fuerte

Es de árboles precoces y de porte bajo, originario de Atlixco, Puebla, (México), recolectado por Carl Schmidt en 1911. Su nombre se debe a que sobrevivió a la severa helada del invierno de 1913, por lo que fue bautizado como "Fuerte" (Newett, 2007). Resiste el frío y fue uno de los materiales de aguacate más cultivados en el mundo, hasta la aparición





del Hass; sin embargo, mantiene su importancia en ambientes con poca humedad, en la que la presión de insectos es baja. A partir de 1911, cuando Fuerte es llevado a California, puede considerarse que comienza la etapa moderna del cultivo del aguacate. Actualmente la variedad esta difundida por todo el junto, aunque su preponderancia como cultivar ha decaído al haberse descubierto nuevos cultivares mas productivos y de similar calidad (Calabrese, 1992). Fue la espinosa dorsal de la industria del aguacate en California, hasta ser sobrepasado por el Hass, debido a su producción errática y promedios bajos en la mayoría de las zonas de cultivo (Bergh, 1984).

Es autofértil, pero es mejor polinizarlo con las variedades Ettinger, Hass o Puebla; es sensible a los excesos de calor o frío durante la floración y fructificación (Ríos-Castaño, 1982; Ibar, 1979; Newett, 2007). La copa de este cultivar es ancha, con muy buenas producciones, pero tiene la tendencia a presentar alternancia (Morton, 1987). En 2001, el cultivar Fuerte representaba el 45% de la producción en Sudáfrica, un 15% en Israel, 14% en España, 6% en Australia, 3.5% en México, 2% en California y 2% en Nueva Zelanda (Newett, 2007).

En ocasiones presenta dos a tres cosechas reducidas. El fruto es piriforme u oblongo, con un cuello característico, aunque puede variar de alargado, con un cuello largo y angosto, a redondo, con un cuello ancho y corto. Tamaño de mediano a grande, con un peso de 170 - 500 g y 10 a 12 cm de largo, un contenido de grasa del 18 al 24% y 10-28% de fibra; la cáscara pela fácilmente, es delgada y de superficie algo granulosa, flexible, de color verde opaco; la pulpa amarillo pálido (**Figura 42**) es de excelente calidad y con sabor a nuez, con un aprovechamiento de la pulpa del 75 - 77%. La semilla es mediana y muy pegada a la pulpa. Esta variedad puede producir frutos sin semilla o no polinizados,

conocidos como pepinillos o cukes, los cuales son el producto del aborto del embrión y no de lo que se conoce como partenocarpia, causadas probablemente por bajas temperaturas en el desarrollo del embrión (Barrientos-Priego *et al.*, 2000). Por su tamaño, resistencia al transporte y almacenamiento tiene muy buen comercio (Ibar, 1979). Los frutos pueden permanecer en el árbol hasta tres meses después de su maduración, condición que aumenta sus posibilidades de comer-cialización, porque permite alargar su período de cosecha y sacar los frutos al mercado en épocas de escasez; sin embargo, una vez maduro tiene poca vida de almacenamiento. Los frutos son de excelente calidad y su período de cosecha es particularmente largo. El fruto es sensible a la antracnosis, a la pudrición del pecíolo y al ataque de insectos, lo que puede causar pérdidas severas tanto en el huerto, como en la poscosecha (Ibar, 1979; Ríos-Castaño *et al.*, 2005; Newett, 2007).



Figura 42. Cultivar de la raza Mexicana x Guatemalteca, Fuerte
Foto: <http://www.ucavo.ucr.edu/AvocadoVarieties/VarietyPhoto/Fuertephoto.html>

En Colombia, este material junto con el Hass, es altamente susceptible al ataque del Monalonia en el fruto, insecto chupador que causa gran daño económico en esta especie. La relación cáscara:semilla:pulpa es 11:15:74%, respectivamente (Bernal, 1986; Bernal y Moncada, 1988).

Ettinger

De origen predominantemente Mexicano, originado a partir de la selección de una planta de "Fuerte" en Israel, en 1947. Es un árbol de porte erecto, por lo que, para estimular la ramificación lateral, se debe someter a una serie de podas y amarres en forma de espaldera, ya que si esto no se hace se tornaría demasiado alto. Este aguacate es autofértil, aunque se recomienda como polinizador el Anaheim; produce con regularidad (Ibar, 1979).

El fruto es piriforme, alargado, de tamaño mediano a grande; su peso es de 170 a 570 g y de 10 a 12 cm de largo; la cáscara no pela fácilmente, es de color verde y muy delgada, de superficie levemente rugosa; la pulpa es de color amarillo pálido, con un contenido de grasa del 15 al 20% (Figura 43) (Ibar, 1979). La semilla es de tamaño mediano a grande y esta desprendida de la cavidad, por lo que la cubierta seminal se adhiere a la pulpa, condición desfavorable para su poscosecha y consumo. El fruto tiene poca vida en el árbol (la cáscara se resquebraja), pero una larga vida de almacenaje.

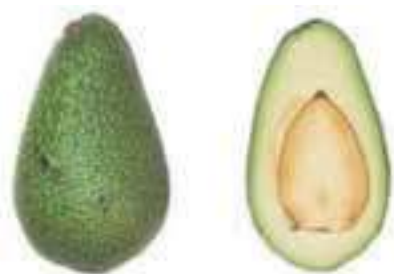


Figura 43. Cultivar de la raza híbrida Mexicana x Guatemalteca, Ettinger

Fuente: <http://www.ucavo.ucr.edu/AvocadoVarieties/VarietyPhoto/Ettingerphoto.html>

Es más sensible al daño por frío durante el almacenamiento que el Hass y el Fuerte (Newett, 2007). El árbol es más resistente a las heladas que el Fuerte. En Australia

se han presentado graves problemas de resquebrajamiento de la cáscara, antracnosis y con el chinche manchador del fruto (*Paradasynus espinosus* Hsiao; Hemiptera: Coridae) (Waite y Martínez-Barrera, 2007) y en Sudáfrica se ve seriamente afectado por la pudrición del pecíolo (complejo de hongos) (Pegg et al., 2007). Es un excepcional polinizante, aumentando considerablemente las producciones del aguacate Hass en Israel, representando el 29% de la producción en ese país (Newett, 2007).

Colin V-33

Originario de Ixtapan de la Sal, México, fue seleccionado por Salvador Sánchez Colín, de una población segregante de la polinización libre de Fuerte, sembrada en 1957; su designación se debe al apellido del seleccionador, árbol 33 y la V al color verde del fruto (Figura 44).



Figura 44. Cultivar de la raza híbrida Mexicana x Guatemalteca, Colin V-33

Foto: <http://www.ucavo.ucr.edu/AvocadoVarieties/VarietyPhoto/Colinphoto.html>

Es usado como patrón enanificante (Téliz, 2000). Ha sido utilizado exitosamente como interinjerto enanizante para Fuerte injertado sobre árboles de semilla de raza Mexicana; sin embargo, en Sudáfrica, "Colín V-33" ha tenido muy poco efecto sobre la reducción del tamaño del árbol y en el aumento de la producción, al ser usado como interinjerto para árboles de Hass injertados sobre Duke 7 (Newett, 2007).



La fruta es piriforme, con un peso de 350 g; la cáscara es verde oscura, ligeramente rugosa; la pulpa es de color verde amarillado pálido, con alto contenido de grasa, de buen sabor; la semilla es pequeña, adherida a la cavidad que la contiene. Un árbol de 16 años que alcanza una altura de 2 m, es considerado como enano. La relación corteza:semilla:pulpa es de 10:16:74%, respectivamente (Téliz, 2000).

Gwen

Es un descendiente de segunda generación de Hass. Sus ancestros, por lo tanto, son 85% de raza Guatemalteca, de lo cual consigue su corteza, gruesa, rugosa, su semilla relativamente pequeña, adherida, su sabor a nuez y su capacidad de sostenerse entre 6 a 12 meses en el árbol. El resto, el 15% de los genes de Gwen es de raza Mexicana, de la cual se consigue una corteza menos gruesa y leñosa. El árbol original fue plantado en 1963 y fue patentado por la Universidad de California en 1984. Se cree que esta variedad fue desarrollada en California para reemplazar a la variedad Hass, debido a su corteza verde y alta productividad; sin embargo, dicha situación nunca se presentó, pues la aceptación del Hass fue tan amplia, que este material no pudo superarlo.

La forma natural del árbol es columnar, angosta y alta. La gran ventaja de Gwen es su productividad; tiene un período espacialmente amplio de cosecha y es altamente resistente al transporte; en iguales circunstancias produce el doble de Hass y la alternancia de las producciones es inferior (Calabrese, 1992). El fruto es de excelente calidad, comparable con la de Hass. Es similar en apariencia, sabor y textura al aguacate Hass; sin embargo, su tamaño es algo superior (310 g), la corteza es un tanto más tosca (Markle, 1994) (Figura 45). Presenta corteza verde, delgada y granulosa pero flexible y de fácil pelado; pulpa verde y cremosa, con

20,9% de grasa, 70,7% de pulpa y 12,5% de fibra. Se diferencia con el Hass en que la corteza no se torna negra cuando madura; es un poco más amarilla cuando está en crecimiento y más lustrosa. La forma del fruto es menos alargada, ovada y aperada (Ríos-Castaño *et al.*, 2005).



Figura 45. Cultivar de la raza híbrida Mexicana x Guatemalteca, Gwen.

Foto: <http://www.ucavo.ucr.edu/AvocadoVarieties/VarietyPhoto/Gwenphoto.html>

Raza Antillana

La raza Antillana, *Persea americana* var. americana, es un árbol originario de las selvas de las tierras bajas, cálidas y húmedas de Centroamérica, donde existe una estación lluviosa corta (Knight, 2007). El término "Antillano" es inexacto pues, como se pudo demostrar a comienzos del siglo pasado, los aguacates eran desconocidos en Las Antillas antes del arribo de los conquistadores españoles (Popenoe, 1935). La subespecie Antillana fue bautizada como "taxón de las tierras bajas" por Scora y Bergh (1992) un término que describe en forma más precisa su adaptación, sin referirse a su origen geográfico. Sin embargo, el primer término está fuertemente arraigado y es el más usado en este Manual. En la actualidad se ha llegado a un consenso en cuanto a que la raza de "las tierras bajas" se originó probablemente en la costa Pacífica de América Central, en la región

comprendida desde el Sur de Guatemala hasta Panamá (Storey *et al.*, 1986).

La presencia de este producto en el país se remonta a la época precolombina, es así como Martín Fernández de Enciso afirmó en su libro "Suma de Geografía", publicado en 1519 en Sevilla, España y el cual se convirtió en el primer documento escrito en América en tratar el aguacate, haber encontrado y probado el aguacate en el pueblo de Yaharo, cerca de Santa Marta, Colombia en 1519, con referencia al fruto Fernández anotó: "Se parece a una naranja y cuando se parte para comérselo es de color amarillo: Lo que hay dentro es como mantequilla tiene un sabor delicioso y deja un gusto tan blando y tan bueno que es algo maravilloso". Ya en la época moderna no se tiene el año exacto en el cual el aguacate comenzó a ser cultivado de manera comercial, pero se cuenta con información que las primeras siembras de este producto se realizaron en algunos municipios de la zona de los Montes de María, con el fin de brindar sombra a los cultivos de café que se realizaban en la zona. En esos tiempos la producción de aguacate pasaba a un plano secundario, al punto que su cosecha era utilizada para la alimentación de cerdos (Vega, 2012). La raza Antillana es la más adaptada a las condiciones climáticas de Colombia, en la medida en que algunos autores sugieren que ésta se originó en América del Sur, con la costa Norte de Colombia, como el lugar más probable (Morton, 1987; Patiño, 2002).

Existen ocho referencias sobre restos de aguacates encontrados en sitios arqueológicos precolombinos del Perú (Knight, 2007).

Se adapta a temperaturas de 18 a 26°C. Una de las principales características de esta raza es el gran tamaño de sus frutos, que pueden ser de 250 a 2.500 g de peso, de formas ovaladas, redondas o piriformes; son de corteza brillante tersa o correosa, flexible, delgada, no granular y con pulpa muy baja en grasa, 5 a 15% y alta en azúcar, 5%, lo que vulgarmente se conoce como aguacates "aguachentos". Las hojas de las variedades que pertenecen a esta raza, no son aromáticas (Ibar, 1979).

Los árboles de esta raza no toleran el frío y mueren cuando la temperatura fluctúa entre los 2,2 y 4°C. El color del fruto puede ser verde, verde amarillento, verde brillante, amarillo rojizo, rojo, morado o negro. El pedúnculo es en forma de clavo, corto, cilíndrico o ligeramente cónico, ensanchándose en el punto de inserción con el fruto. La semilla es de gran tamaño y no suele llenar el espacio que la contiene (Ibar, 1979). En el trópico se adapta a alturas por debajo de los 1.000 msnm. Las variedades de esta raza son espontáneas en valles, depresiones y tierras bajas de América Central y el Norte de Sudamérica. Es la raza menos resistente al frío (Ibar, 1979). En la **Tabla 14**, se observa la lista de variedades de aguacate de la raza Antillana, su grupo floral, peso del fruto y contenido de grasa.

Antes de 1492, los aguacates fueron trasladados de los lugares donde originalmente crecían para ser introducidos en el Norte de Suramérica y Centroamérica, en algunas zonas de México y también en el Perú.





Tabla 14. Variedades de aguacate de la raza Antillana.

Cultivar	Tipo de flor	Peso del fruto (g)	Contenido de grasa (%)
Butler	A	400	--
Fuchs	A	250 a 500	4 a 5
Fucsia	A	250	4 a 6
Hulumanu	A	363	15,4
Lorena	B	430	9
Peterson	A	200 a 350	4,8
Pinelli	A	680 a 100	---
Pollock	B	900 a 1.300	3 a 5
Ruehle	A	280 a 560	2 a 5
Russell	A	680 a 1.020	---
Simmonds	A	700	3 a 6
Trapp	B	450 a 650	3 a 6
Villacampa	A	500 a 800	---
Waldin	A	500 a 800	6 a 10

Fuente: [http://avocadosource.com/avocadovarieties/Query DB.ASP](http://avocadosource.com/avocadovarieties/Query%20DB.ASP). Ibar, 1979

Descripción de algunas variedades de la Raza Antillana

Lorena

Esta variedad fue originada en la finca Lorena, en Palmira, Valle del Cauca, Colombia, en 1957 (Ríos-Castaño *et al.*, 2005), posiblemente a partir de una selección de la variedad Antillana Trapp. Es un aguacate que se comporta muy bien a bajas altitudes en Colombia; sin embargo, se ha visto con muy buen comportamiento en las zonas cafeteras del país, hasta los 1.500 msnm. En el país a Lorena y a otros cultivares similares en su forma y color, se les conoce como aguacates "Papelillos", derivado este término, del poco grosor de su corteza, que los hace fáciles de pelar y que se asemeja a un papel en su consistencia y textura; esta variedad está bastante difundida en zonas medias y cálidas, con muy buen mercado y gran aceptación por el consumidor, por su sabor característico y calidad interna. Presenta frutos de forma alargada, ligeramente oblicuos; de corteza lisa, lustrosa (Figura 46), con abundante punteado o lenticelas; frutos de tamaño grande, 400 a 600 g de peso, de 14,69 cm de largo y 9,13 cm de ancho; de con un contenido de grasa del 7 a 9% y de 4,61% de fibra, de color verde amarillo moderado y de pedúnculo largo (Ríos-Castaño *et al.*, 2005). La semilla es de tamaño mediano, ovoide y simétrica, con mediana adherencia a la pulpa. La época de cosecha en Colombia es de mediados de noviembre a febrero y de abril a julio. La relación cáscara: semilla:pulpa es 5:15:80%, respectivamente (Ríos-Castaño *et al.*, 2005).

Lorena es indudablemente la mejor selección de aguacate de importancia comercial obtenida en Colombia. Su presentación es inmejorable por su forma,

color, su tamaño y su calidad interna. Aparentemente reúne el mayor número de características que el consumidor en Colombia, busca en un fruto de aguacate. Esta variedad presenta en Colombia hasta tres floraciones por año; su fruto no se almacenada en el árbol, por lo cual una vez alcanza su madurez fisiológica, debe cosecharse (Ríos-Castaño *et al.*, 2005).



Figura 46. Cultivar de la raza Antillana, Lorena
Foto: J. Bernal

Peterson

Esta es una de las variedades más antiguas; sus frutos son de forma oblonga, un poco oblicua, de color verde claro uniforme; su cáscara delgada, correosa, de adherencia ligera, es de textura lisa, lustrosa, con punteado abundante; son de tamaño mediano a pequeño, 250 a 300 g y semilla grande, por lo cual tiene muy baja aceptación en Colombia (Figura 47) (Ríos-Castaño, 1982). La relación cáscara: semilla:pulpa es 8,2:11,3:80,5%, respectivamente (Bernal, 1986; Bernal y Moncada, 1988).



Figura 47. Cultivar de la raza Antillana, Peterson
Foto: J. Bernal

Simmonds

Obtenida de una semilla de Pollock en La Florida. El fruto es oblongo, de tamaño mediano a grande, de unos 700 gramos, de buena calidad; su corteza es de textura lisa, correosa, de adherencia ligera, de color verde amarillento, semilla mediana, de forma globosa simétrica (**Figura 48**). Grupo floral A (Ibar, 1979). Su contenido de aceite está entre 3.3 y 5%. Entre sus defectos se incluye la baja tolerancia al frío el escaso vigor de los árboles y la excesiva caída de frutos (Newett *et al.*, 2007). La relación cáscara:semilla:pulpa es 10,8:15,3:73,9%, respectivamente (Bernal, 1986; Bernal y Moncada, 1988).



Figura 48. Cultivar de la raza Antillana, Simmonds.
Fotos: <http://1175.do.all.biz/>

Trapp

Cultivar originado en 1894 en terrenos de H.R. Trapp, en Coconut Grove, La Florida, es una de las variedades líderes en ese estado (Ibar, 1979). Es una variedad que podría ser líder para el desarrollo del aguacate en zonas cálidas del país, por su alta calidad y aceptación en el mercado (Ríos-Castaño, 1982).

Es un árbol sensible al frío, poco vigoroso, con frutos de forma ovada o piriforme (**Figura 49**), achatados por los polos; su peso oscila entre 450 a 650 g, con un contenido de grasa del 6 al 7%; la corteza es gruesa y flexible, de textura lisa, con poca adherencia; la pulpa es suave, de sabor agradable, de color amarillo limón cerca de la corteza y verde claro cerca de la semilla; la semilla es grande y achatada. Grupo floral B (Ríos-Castaño, 1982; Ibar, 1979). Es una variedad que se asemeja a Lorena. La relación cáscara:semilla:pulpa es 9:20:71%, respectivamente (Bernal, 1986; Bernal y Moncada, 1988).



Figura 49. Cultivar de la raza Antillana, Trapp
Foto: J. Bernal

Trapica

De acuerdo a un trabajo realizado por Ocampo *et al.* (2006), se encontró un posible duplicado genético correspondiente a las accesiones "Lorena" y "Trapica", las cuales son similares en el fruto, el hábito de la planta, son de raza Antillana y fueron originadas por selección masal en el Valle del Cauca, Colombia; sin embargo, hay algunas diferencias de carácter morfo-agronómico entre ellas. Trapica es un árbol mas frondoso, de mayor volumen de copa y con un tallo mas vigoroso que Lorena, lo cual conduce a una mayor capacidad de producción. En el fruto las diferencias que se aprecian se refieren al menor tamaño, corteza de menor espesor, menor contenido de pulpa y de grasa, mas fibra, pero sensiblemente de mejor sabor en el Trapica que en el Lorena. (Ríos-Castaño *et al.*, 2005). Por lo tanto, lo más prudente es proponerlas como un posible duplicado genético de la colección colombiana de aguacate. Trapica se confunde con la completamente diferente variedad Trapp de La Florida. El árbol es grande y frondoso. El fruto es de buen tamaño (568,1 g), verde brillante (Figura 50), muy llamativo y de buena aceptación en el mercado nacional. La pulpa es de color amarillo crema, la semilla es grande y frecuentemente suelta (Amórtegui, 2001). El contenido de grasa es del 7,2%, 79,9% de pulpa, 4,6% de fibra y se adapta en Colombia, a alturas comprendidas entre los 0 y los 1.300 msnm (Ríos-Castaño *et al.*, 2005).



Figura 50. Cultivar de la raza Antillana, Trapica
Foto: Ríos-Castaño *et al.*, 2005

Pollock

Es un árbol de semilla de parentales desconocidos, seleccionados en la propiedad de H.S. Pollock. Pertenece al grupo floral B (Newett *et al.*, 2007). Los árboles son de tamaño pequeño, con desarrollo lento y poco prolíferos; los frutos son de tamaño muy grande, en forma de pera u oblongos; su peso varía de 900 a 1.300 gramos, aunque puede alcanzar los 2.000 g; la cáscara es de color verde oscuro, de textura lisa, brillante (Figura 51), con numerosas estrías moradas y numerosos puntos pardos; la pulpa es de color amarillo, contiene mucha fibra, es de sabor agradable, con un 4 a 8% de grasa. La semilla es mediana comparada con el gran tamaño del fruto y está suelta en la cavidad (Ibar, 1979). En Colombia se cultiva entre los 0 y 800 msnm.



Figura 51. Cultivar de la raza Antillana, Pollock
Foto: [http://trec.ifas.ufl.edu/crane/avocado images/ Pollock.jpg](http://trec.ifas.ufl.edu/crane/avocado%20images/Pollock.jpg)





Común o Criollo

Es el aguacate más conocido y consumido en Colombia, típico de la raza Antillana. Por lo general corresponde a frutos de cuello largo, de cáscara lisa y bajo contenido de aceite. Tiene diferentes nombres dependiendo de su forma, color y sitio de producción (Amórtegui, 2001). En las zonas productoras de aguacate ubicadas en los departamentos de Sucre, Bolívar, Atlántico, Magdalena, se destacan los criollos conocidos localmente como “Cebo” (por ser amarillento con fibras), “Manteca” (por ser pardo y aceitoso) y “Leche” (por tener una consistencia cremosa) (Montes de María, Bolívar) y “Curumani” (Cesar) (Vega, 2012; Mejía, 2011). En Antioquia, se conocen los aguacates comunes “Santa Bárbara”, “Urabá” y “Sonsón”. En un trabajo realizado por Sandoval *et al.* (2010), en el departamento del Tolima, se detectaron algunos materiales criollos de excelente calidad interna, entre los que se destacan “Alvarado” (26,3% M.S. y 11,1% de aceite), “Chaparral” (25% M.S. y 14,43% de aceite), “Fresno” (21% M.S. y 8,45% de aceite), “Mariquita” (23,97% M.S. y 8,5% de aceite) y “Rovira” (32,81% M.S. y 9,88% de aceite), lo cual demuestra que algunos materiales criollos pueden competir con las variedades mejoradas. El aguacate común o criollo, llega a los mercados del interior del país, en los meses de marzo a junio. Algunos tipos de aguacate criollo son de excelente producción, presentación y sabor, pero en general, la calidad del aguacate común es muy irregular y normalmente tiene un alto contenido de fibra, semilla muy grande, producción tardía y árboles de porte muy alto, que dificultan su cosecha. Sin embargo, es necesario seleccionar y reproducir los mejores tipos, por cuanto están siendo desplazados por las variedades e híbridos mejorados, lo cual permite pensar que en el corto plazo, esta riqueza natural se extinguirá (Amórtegui, 2001).

Venezolano

Se refiere esta variedad a los aguacates que entran a Colombia desde el vecino país de Venezuela, comúnmente de contrabando. Estos aguacates en su mayoría son criollos de tipo Antillano, pero también se encuentran variedades mejoradas como Choquette. Al igual que el aguacate común, el aguacate venezolano es un tipo de aguacate grande, de piel verde y con poco contenido de grasa; a pesar de no ser aguacates de buena calidad, compiten con los aguacates colombianos, ya que tienen un menor precio en las épocas de cosecha, desplazando a otras variedades. El aguacate de Venezuela procede principalmente de Barquisimeto durante los meses de agosto, septiembre y octubre.

Curumani

Variedad criolla de aguacate producida en el municipio de Curumani (Cesar), el cual ha venido ganando un terreno importante por su gran oferta al interior del país, en los meses de abril y mayo. En general, son aguacates criollos, del tipo Antillano, de corteza verde y con bajos contenidos de grasa.



Descripción de algunos cultivares híbridos de aguacate de las razas Guatemalteca x Antillana

Los híbridos obtenidos entre estas dos razas, combinan características de los Guatemaltecos, tales como la resistencia al frío, con el tamaño de los Antillanos; como resultado de la combinación, se obtienen frutos de tamaño intermedio entre el de sus padres; la época de maduración también tiende a ser intermedia. En la **Tabla 15** se observa la lista de variedades de aguacates híbridos Guatemalteco x Antillano, tipo de flor, peso del fruto y contenido de grasa.

Tabla 15. Características de algunos cultivares híbridos de aguacate de las razas Guatemalteca x Antillana.

Cultivar	Tipo de flor	Peso del fruto (g)	Contenido de grasa (%)
Booth 1	A	450 a 700	8 a 12
Booth 5	B	500	10 a 11
Booth 7	B	280 a 600	10 a 14
Booth 8	B	250 a 800	6 a 8
Choquette	A	900	13
Collinred	A	350 a 600	8 a 12
Collinson	A	473	12 a 16
Dorotea	B	220 a 350	15
Falrchild	A	260	a
Fuchs-20	A	350 a 450	12 a 13
Galo	B	350 a 700	15 a 20
Gema	A	400 a 500	19
Gripiña	B	350 a 500	12 a 19
Hall	B	700 a 800	12 a 16
Hayes	A	280 a 500	-
Herman	A	280 a 400	10 a 14
Hickson	B	450 a 560	14
Monroe	A	680 a 1.200	10 a 14
Nesbit	A	--	-
Semil 44	A	500 a 760	12 a 18
Semil 23	A	220 a 450	12 a 19
Semil 34	A	560 a 700	10 a 15
Semil 43	B	560 a 800	10 a 12
Simpson	B	450 a 900	10 a 14
Trinidad	A	300 a 560	13
Wislowson	B	341	9 a 15

Fuente: Avocado Source. <http://avocadosource.com/avocadovarieties/Query.DB.ASP>. Ibar, 1979. Castaño, 1982



Booth 8

Originado en Homestead, Florida por William Booth, fue liberado en 1935. Proviene de una semilla de polinización libre de un tipo Guatemalteco, probablemente cruzado con un Antillano. Además del Booth 8, se obtuvieron otros híbridos de similares características como el Booth 1, Booth 5 y Booth 7, entre otros (Brooks y Olmo, 1997).

El fruto es oblongo ovado, con el ápice redondeado y con inserción asimétrica del pedicelo, de cáscara color verde mate, gruesa y levemente rugosa (**Figura 52**); su peso oscila entre 400 y 500 g, es de excelente calidad (Téliz, 2000).

Su contenido de aceite va de 7 a 13% y 10,19% de fibra. Tiene tolerancia moderada al frío. Se recomienda almacenar la fruta en poscosecha a 4°C. Entre sus defectos se incluye, la sobreproducción, el quebrado de ramas, el pequeño tamaño del fruto, en esa condición y su susceptibilidad a la sarna o roña del fruto (*Sphaceloma Persea* Jenk.) (Pegg *et al.*, 2007; Newett *et al.*, 2007).

Es el cultivar más importante para el cultivo en La Florida, para nuevas plantaciones; como otros cultivares interesantes allí,



Figura 52. Cultivar de la raza híbrida Guatemalteca x Antillana, Booth 8

<http://trec.ifas.ufl.edu/tfphotos/110100.htm>

se va difundiendo rápidamente en otras regiones tropicales, cálidas y húmedas de América (Rodríguez, 1982). El árbol es de crecimiento lento, de hábito abierto; los frutos vienen generalmente en racimos, que demandan raleo para aumentar su tamaño; en climas calientes (28°C) demora en comenzar su producción y la estabilización de ella empieza después del noveno año (Ríos-Castaño *et al.*, 2005). La semilla es de tamaño medio a grande; el árbol es muy productivo; tiene una capacidad de almacenamiento y transporte excelente, con una gran aceptación en el mercado (Téliz, 2000). La relación cáscara:semilla:pulpa es 13,5:14,2:72,3%, respectivamente. Es una de las variedades o híbridos con mayor adaptación para la Zona Cafetera colombiana (Bernal, 1986; Bernal y Moncada, 1988).

Choquette

Esta variedad, a pesar de ser un híbrido Guatemalteco x Antillano, ha demostrado gran adaptación en todos los climas en Colombia; es así como se reporta su cultivo en climas cálidos, medios y fríos. Por su parte, Avilán *et al.* (1989) reportan que esta variedad se desarrolla bien desde los 600 hasta los 1.600 msnm, en Venezuela y que se cosecha 9 a 12 meses



Figura 53. Cultivar de la raza híbrida Guatemalteca x Antillana, Choquette

Foto: J. Bernal

después de la floración. Este híbrido de origen desconocido, se originó en Miami, La Florida por R.D. Choquette y fue liberado en 1939. Sus frutos son grandes, de 510 a 1.100 g, de forma oval a esférica, con inserción central del pedicelo, de cáscara casi lisa y lustrosa, correosa, de color verde claro a verde oscuro, brillante en la madurez (**Figura 53**); la pulpa es amarilla, el contenido de grasa es del 8 al 13% y 1,55% de fibra, de buena calidad, aunque algo insípido; la semilla es de tamaño mediano, adherida a la cavidad que la contiene (Téliz, 2000). Posee moderada tolerancia al frío. Se recomienda que la temperatura de almacenaje en poscosecha de los frutos esté entre 4 a 10°C (Newett *et al.*, 2007).

Es un cultivar de producción alternante; sus frutos son resistentes a las enfermedades más comunes del fruto. En Colombia se da bien hasta los 1.700 msnm, con buena aceptación en el mercado nacional. En su forma y tamaño es muy parecido al cultivar Monroe. La relación cáscara:semilla:pulpa es 3:17:80%, respectivamente (Bernal, 1986; Bernal y Moncada, 1988). El Choquette es un aguacate indicado para el mercado nacional por su apariencia y calidad. Su presentación es llamativa para el consumidor local; sin embargo,

debido a su tamaño, se dificulta su comercialización, pero como madura antes que otras variedades, puede entrar al mercado frente a pocos competidores. Se anota como defecto su susceptibilidad a *Cercospora* y a la roña del fruto (Ríos-Castaño *et al.*, 2005).

Collinred

Cultivar procedente de La Florida. Introducido en 1929, proviene de una semilla de la variedad "Collins", plantada en 1916 (Ríos-Castaño *et al.*, 2005). El fruto es de forma piriforme y tamaño medio; con posición del pedicelo asimétrica; su peso varía de 500 a 600 g; es de color verde amarronado o morado, con cáscara semirrugosa (**Figura 54**), pulpa de color amarillo intenso que, equivale al 79% de su peso; el contenido de grasa es del 5,6 al 12,23% y el contenido de fibra es del 10,72% (Ibar, 1979).

En condiciones de Medellín, Colombia, a 20°C, el fruto tarda aproximadamente 8 días, desde su cosecha hasta su madurez de consumo; el color del fruto recién cosechado es verde intenso y uniforme; en madurez de consumo, se torna rojizo intenso, recargado hacia la base. La superficie del fruto es lustrosa, la corteza tiene una adherencia ligera a la pulpa, que es de color verde claro.



Figura 54. Cultivar de la raza híbrida Guatemalteca x Antillana, Collinred

Foto: J. Bernal



Figura 55. Cultivar de la raza híbrida Guatemalteca x Antillana, Collinson

Foto: <http://www.ars-grin.gov/npgs/images/mia/Persea/m00400.html>



La semilla es de tamaño mediano, de forma globosa simétrica y de adherencia ligera. La cáscara representa el 11,9% del peso total del fruto, la pulpa el 73% y la semilla el 15,1% (Bernal, 1986; Bernal y Moncada, 1988). Este material cuenta con una amplia aceptación en el mercado antioqueño, donde se ha cultivado por más de cuatro décadas; se le aprecia por su exquisito sabor (Ríos-Castaño-C y Tafur, 1990). Los árboles de este material son de porte vigoroso, lo cual obliga a su siembra en distancias amplias.

Collinson

Es un árbol vigoroso, de gran tamaño y lento desarrollo. Fue producido a partir de semilla, en La Florida, en 1915; debe ser polinizado por los cultivares Linda y Trapp (Ibar, 1979). El fruto es piriforme, con un peso de 500 g y corteza lisa, de color verde oscuro, generalmente brillante (**Figura 55**), pero algunas veces opaca, de textura coriácea; la pulpa es de color amarillo cremoso y su contenido de grasa es del 13 al 16% y 5,8% de fibra; la semilla es mediana (Ibar, 1979). Es recomendado para la Zona Cafetera colombiana. La relación cáscara:semilla:pulpa es 5,5:11,5:83%, respectivamente (Bernal, 1986; Bernal y Moncada, 1988).

Gripiña

Cultivar originado en Puerto Rico donde fue seleccionado en 1949 en la finca Gripiña (Pennock *et al.*, 1963). La planta presenta un hábito de crecimiento irregular, con copa de forma rectangular y de porte medio. Flor del tipo B. Fruto de tamaño grande (430 g), variando entre 350 y 450 g, de forma romboidal, base deprimida y ápice redondeado. Inserción del pedúnculo central y pedicelo de tipo Guatemalteco. Cáscara de color verde oscuro, ligeramente rugosa, lustrosa, de naturaleza flexible, medianamente adherida, de grosor medio y lenticelas de tamaño grande (**Figura 56**) (Avilán y Rodríguez, 1995). La pulpa es de color verde, de buen sabor; la semilla es mediana, de forma globosa y adherencia ligera. La composición del fruto es de 10,3% de cáscara, 73,1% de pulpa y 16,6% de semilla (Bernal, 1986; Bernal y Moncada, 1988). Alto contenido de grasa, 15,5%, la tasa de pardeamiento es baja, lo cual indica su gran calidad. Semilla de forma cónica, de tamaño medio y ocupando totalmente el lóculo. Cotiledones de naturaleza rugosa y de color crema. Presenta floración abundante, que con mayor frecuencia ocurre en febrero, siendo en agosto la época de mayor cosecha. El fruto presenta una elevada resistencia a la refrigeración (Avilán *et al.*, 1994).

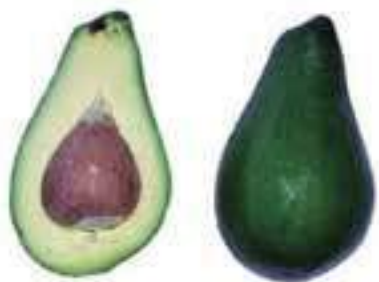


Figura 56. Cultivar de la raza híbrida Guatemalteca x Antillana, Gripiña

Foto: <http://www.hawaiiifruit.net/AVOVAR/pages/gripina%205.html>



Semil 44

Cultivar originado en Puerto Rico, con frutos de tamaño mediano a grande, con pesos que van de 500 a 750 g, de cáscara gruesa, de color verde claro; la pulpa es de color amarillo (Figura 57), sin fibra, con un contenido de grasa del 10 al 18%. La semilla es mediana a grande y está muy pegada a la cavidad que la contiene. Se adapta muy bien a zonas con altitudes entre los 1.000 y 1.600 msnm. En las que la temperatura oscila entre los 24 y 28°C (Ríos-Castaño *et al.*, 1982).

Trinidad

Varietal introducida de Panamá a Colombia en 1957 y descrita en 1961 (Ríos-Castaño *et al.*, 2005). Es una variedad líder para el desarrollo del cultivo del aguacate para zonas medias y cálidas del país, por su buena adaptación, excelente producción y gran aceptación en el mercado. Es una variedad tardía en la cosecha, lo cual permite su oferta en épocas donde otras variedades escasean, consiguiéndose buenos precios. Tarda entre 10 a 12 meses entre antesis (apertura floral) a producción y es posible conseguir dos cosechas por año (Ríos-Castaño *et al.*, 2005).

Los frutos de Trinidad son de color verde oscuro, de forma ovoide (Figura 58), de base ancha, de tamaño grande, hasta 560 g

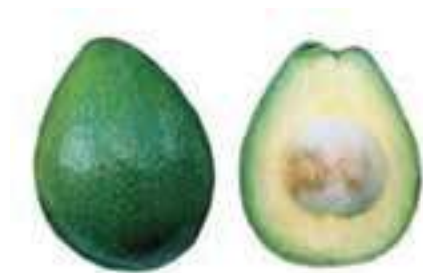


Figura 57. Cultivar de la raza híbrida Guatemalteca x Antillana, Semil 44

Foto: J. Bernal



Figura 58. Cultivar de la raza híbrida Guatemalteca x Antillana, Trinidad

Foto: J. Bernal

de peso, con un contenido de grasa del 13 al 15% y 2,19% de fibra (Ríos-Castaño, 1982). El color de la pulpa es verde claro, matizado, de textura fina y resistente y de muy buen sabor; la semilla es grande, oblonga y de adherencia ligera. La relación corteza:semilla:pulpa es de 12,4:17,9: 69,7%, respectivamente. Bajo condiciones de clima medio, a 20°C, el fruto tarda aproximadamente 10 días en madurar (Bernal, 1986; Bernal y Moncada, 1988).

Hall

Originario de La Florida, en predios del señor Willis Hall, en Miami, Florida, procedente de plantas de origen desconocido. Presenta árboles muy productivos, con buena resistencia al frío; de ahí que, a pesar de tener sangre Antillana, se comporte bien en condiciones de clima frío moderado en Colombia (Newett, 2007).

En Villamaría, Caldas, a 1.900 msnm, se tiene un huerto con árboles de este cultivar, con producciones aceptables; sin embargo, presenta susceptibilidad a la roña del fruto, causada por el hongo *Sphaceloma perseae* Jenkins, lo cual afecta la calidad del fruto, restándole posibilidades de mercado.

Los frutos son de color verde oscuro, con pesos entre 560 y 840 g, de forma

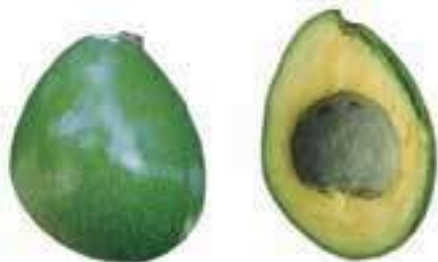


Figura 59. Cultivar de la raza híbrida Guatemalteca x Antillana, Hall

Foto: J. Bernal

piriforme; de cáscara lisa, moderadamente gruesa (**Figura 59**); con pulpa de buena calidad, de color amarillo profundo; los contenidos de aceite están entre un 12 y un 16%; la semilla es mediana y ajustada en la cavidad (Newett, 2007).

Winslowson

Híbrido originado en 1911 de una semilla de "Winslow" en Miami, EUA, propagada posteriormente en 1921. Presenta frutos redondos, achatados en los polos, de tamaño grande y color verde oscuro brillante (**Figura 60**). La pulpa es pálida, con un 9 a 15% de contenido de grasa, con semilla de tamaño medio y suelta (Morton, 1987).

Este cultivar es muy susceptible a la roña o verrugosis (*Sphaceloma perseae* Jenkins), ya que prácticamente todos los frutos, en todos sus estados de desarrollo, presentan síntomas de la enfermedad, haciendo que la fruta sea totalmente descartada para su mercadeo; en este caso, a pesar de que existen controles con productos fungicidas, el costo de su control es muy alto.

Santana

Existe un reporte de esta variedad como originaria de semillas de Zutano, en la propiedad de Stephen Nemick, en Buena



Figura 60. Cultivar de la raza híbrida Guatemalteca x Antillana, Winslowson

Foto: J. Bernal

Park, California, en 1960. No se conoce a que raza pertenece; sin embargo, por preceder de semillas de Zutano, presenta un gran porcentaje de genes Mexicanos. No se sabe con certeza si la variedad Santana reportada en California, es la misma que se cultiva en zonas del trópico colombiano, especialmente en el clima medio del Eje Cafetero. Por poseer características de adaptación a tales condiciones, se cree que el material encontrado en Colombia, es un híbrido de Guatemalteco por Antillano. Es un árbol vigoroso, de hábito vertical, bien desarrollado, de copa bien formada y equilibrada. El fruto es de buena calidad, se asemeja bastante al de la variedad Zutano, pero es un poco más grande, la corteza se desprende con facilidad, de forma piriforme, simétrico;



Figura 61. Cultivar de la raza híbrida Guatemalteca x Antillana, Santana

Foto: J. Bernal

su contenido de grasa es del 4,8%, con un peso comprendido entre 670 a 700 g; de cáscara mediana a gruesa, lisa, de color verde oliva, brillante y que se mantiene hasta la madurez de consumo (Figura 61), fácil de pelar; la pulpa es de color amarillo a verde, atractivo, de poca fibra,

de maduración uniforme y rico sabor. La semilla es mediana y está adherida a la cavidad que la contiene (Platt, 1976). La relación cáscara:semilla:pulpa es 10:21,4:68,6%, respectivamente (Bernal, 1986; Bernal y Moncada, 1988).

Mejoramiento genético

El mejoramiento de los árboles frutales generalmente involucra dos pasos: la selección de genotipos mejorados y su fijación a través de la propagación asexual. Los aguacates solo producen semillas sexuadas y la dicogamia de la floración favorece, de algún modo, la polinización cruzada. Los árboles producidos a partir de semilla de un solo árbol (o cultivar), son extremadamente variables y en la mayoría de los casos, tiene un período juvenil prolongado. Los pocos árboles de semilla seleccionados, que tienen buena producción de frutos de alta calidad, deben ser propagados asexualmente, pues su progenie suele tener una variación significativa en las características del árbol y sus frutos. La primera injertación conocida de aguacate se llevo a cabo en La Florida antes del siglo XX (Ruehle, 1963).

La selección de los aguacates mejorados horticulturalmente se ha realizado desde mucho antes de que comenzaran a propagarse asexualmente. Semillas de aguacate de diversa antigüedad (empezando alrededor del año 7.000 a.C.) que fueron encontrados en excavaciones en México (Smith, 1966), indican que la selección para obtener frutos de mayor tamaño podrían haber comenzado cerca del año 4.000 a.C. (Lahav y Lavi, 2007). Es evidente que existió una extensiva selección en la época precolombina, debido a la alta calidad hortícola de

los aguacates encontrados a la llegada de los europeos. Esto probablemente ocurrió a través de un laborioso proceso de selección y propagación mediante semilla de formas silvestres de aguacate, de frutos pequeños encontrados en las selvas de México y Centroamérica, las cuales poseían características superiores. Adicionalmente, se han realizado selecciones posteriores durante el último siglo, a través de la preservación de cultivares de calidad superior, mediante la propagación vegetativa (Popenoe, 1952). Las introducciones esporádicas de semilla de tipos de calidad superior en Centroamérica y en las zonas aledañas, también han sido un contribución genética para los cultivares comerciales de California, Florida y otros lugares (Bergh, 1957). Todos los cultivares de importancia en La Florida en la actualidad, fueron seleccionados de árboles de semilla cultivados localmente, producidos a través de polinización abierta. Estos eran, fundamentalmente, de raza Antillana y más recientemente, híbrido de la raza Antillana por Guatemalteca. Muchas áreas tropicales también han mejorado sus cultivos, mediante la selección y propagación vegetativa de árboles de semilla locales de calidad superior. Hoy en día en California, los principales cultivares comerciales (con excepción del Fuerte) corresponden a selecciones locales de árboles de semilla encontrados por casualidad (Lahav y



Lavi, 2007). En general, los mejoradores en esta especie, están interesados en obtener frutos de alta calidad, con larga vida de almacenaje y alto rendimiento, sin remitirse a un color, tamaño o formas específicos, pues los productores y/o consumidores cambian sus preferencias con el tiempo (actualmente, por ejemplo, los mejoradores norteamericanos prefieren el color y la forma del aguacate Hass) (Lahav y Lavi, 2007).

Dentro de los criterios de selección para el mejoramiento del aguacate, se consideran de significativa importancia las características del fruto (tamaño, forma, grosor de la corteza, enfermedades, tamaño de la semilla, maduración, sabor) y las del árbol (producción, arquitectura, tolerancia al frío y al calor).

Actualmente el tamaño óptimo del fruto, en la mayoría de los mercados de aproximadamente, 250 a 350 g. Para los mercados sofisticados de los países desarrollados, existe una clara exigencia del tamaño del fruto y cualquier fruto que este dentro del rango de los 170 a 400 g, es inaceptable. De todas las características del fruto, el tamaño es el fenotipo más variable en un genotipo determinado y se ve afectado por la carga del árbol, la proximidad con otros frutos en el árbol, el estado de maduración, las prácticas de cultivo y las condiciones climáticas (Lahav y Kalmar, 1977; Whiley y Schaffer, 1994).

La forma del fruto varía dentro de la mayoría de las progenies autopolinizadas. La forma achatada y periforme del aguacate Hass, el fruto ovado del cultivar Bacon y la forma gruesa y ovada del aguacate Gwen, son todas formas deseables (Bergh y Whitsell, 1974). La cáscara gruesa, coriácea y fácil de pelar, es la preferida en aguacate. La fruta de cáscara delgada es mas propensa a

dañarse y la de piel muy gruesas impide determinar el tiempo de maduración (Lahav y Lavi, 2007). El color preferido de la cáscara del aguacate, varía según el mercado y la época. Actualmente, el color púrpura del aguacate, como el Hass, es el más común a nivel mundial e incluso, cultivares de cáscara verde, se venden a menor precio (Lahav y Lavi, 2007).

En climas muy lluviosos, donde las enfermedades del fruto son un problema, se requiere la resistencia genética, pues los tratamientos con fungicidas son costosos, no se controla totalmente el problema y pueden dejar residuos en la fruta (Ruehle, 1963). La variabilidad en el tamaño de la semilla es muy común dentro de la misma progenie. En muchas líneas Guatemaltecas, la presencia de una semilla pequeña en relación al fruto y bien ajustada en la cavidad seminal, es un atributo muy valorado. El que la cubierta seminal permanezca adherida a la semilla y no a la pulpa es una característica muy cotizada (en los tipos Mexicanos es muy común encontrar frutos con semilla desaprendida de la pulpa (Lahav y Lavi, 2007).

El ablandamiento adecuado y uniforme del fruto al madurar es un rasgo independiente de la raza (Picone y Whiley, 1986). Un mayor intervalo de tiempo entre la cosecha y la maduración ayuda en la comercialización, en especial cuando la fruta es transportada a grandes distancias, sin embargo, la maduración inusualmente lenta ha causado un cierto descontento entre los consumidores, debido a que demora mas en alcanzar la madurez de consumo. Un mayor período de tiempo entre el ablandamiento de la pulpa y su deterioro es también una cualidad muy apreciada (Lahav y Lavi, 2007). El sabor levemente nogado de los aguacates es generalmente preferido por sobre los sabores más suaves. El sabor condimentado o anisado de los

tipos Mexicanos es valorado por algunos consumidores mientras que el más suave y más dulce de los cultivares Antillanos, es generalmente preferido por ciertas poblaciones como las centroamericanas (Lahav y Lavi, 2007).

Las características más importantes de un árbol son la precocidad y la capacidad de tener una producción alta y consistente. Sin esto la excelencia en otras características del árbol, no tiene sentido. La consistencia en la producción de un año a otro puede ser tan importante como tener una alta producción en general (Bergh, 1961). La mayoría de los frutos deben alcanzar la madurez comercial más o menos en la misma época y esto es especialmente importante en los cultivares precoces, cuya fruta tiene una corta vida en el árbol (Lahav y Lavi, 2007).

En cuanto a la arquitectura de los árboles, se considera deseable que el ancho del árbol sea equivalente a su altura, siendo considerado ideales los árboles erectos, enanos o semienanos. Los árboles muy altos, hacen que la cosecha sea muy costosa o simplemente imposible (Lahav y Lavi, 2007).

La mayoría de las principales regiones productoras de aguacate del mundo se ven ocasionalmente amenazadas por el daño a las heladas por lo que la tolerancia al frío es una gran ventaja, tanto en el fruto como en todo el árbol. Solo la raza Mexicana soporta de forma extraordinaria las bajas temperaturas, mientras que los cultivares Antillanos pueden ser dañados incluso con temperaturas superiores a cero grados centígrados (Lahav y Lavi, 2007).

El aguacate ha sido una especie que, a pesar de que desde inicios del siglo XX se han registrado y patentado cultivares, variedades o híbridos, éstos

éstos fueron obtenidos a través de selecciones de semillas de árboles de otras variedades o de árboles con muy buenas características, los cuales eran producto de cruces o polinizaciones espontáneas o cruces dirigidos, pero sin ninguna planificación y realizada por personas particulares, que buscaban materiales sobresalientes en alguna característica, especialmente en calidad de fruta. Después de la segunda mitad del siglo XX, se iniciaron y consolidaron los programas de mejoramiento en centros de investigación y universidades, dentro de los que se destacan: Programa de Mejoramiento Genético de la Universidad de California, Riverside, EUA. Se inició en la década de los años 1930. En la década de 1980 fueron liberados tres cultivares de cáscara verde: el Whitsell, Esther y Gwen, donde sólo el último ha tenido aceptación en California. Para la década de 1990 se obtuvieron cultivares de cáscara negra, el Lamb Hass y el Sirprice (Téliz, 2000; Bergh y Whitsell, 1982).

Programa de Mejoramiento Genético de la Fundación Salvador Sánchez Colín CICTAMEX, S.C., México. Esta institución ha liberado los siguientes cultivares de cáscara verde: Colin V-101, Aguilar, Rincoatl, Colimex, Colin V-33. (Téliz, 2000; Sánchez y Barrientos, 1987). Programa de Mejoramiento Genético del Volcani Center de Israel. Este ha liberado dos cultivares: el Iriet, de cáscara negra brillante, semilla pequeña y de un sabor excelente y el Adi, el cual presenta gran similitud con el Hass, pero es de cáscara verde (Téliz, 2000; Lahav *et al.*, 1989). Programa de Mejoramiento Genético del Institute Tropical and subtropical Crops, Sudáfrica. Es el programa más joven en mejoramiento de aguacate; se inició en la década de 1990 (Téliz, 2000).

En Colombia, Jaramillo *et al.*, (2007), como parte de un programa de mejoramiento genético de aguacate, realizaron una colección de material vegetal (yemas



o varetas) de aguacates criollos como potenciales patrones resistentes a *Phytophthora* spp., los cuales fueron llevados para ser injertados e incluidos al Banco de Germoplasma de Aguacate Corpoica, C.I. Palmira. Además, realizaron colectas de especies pertenecientes al género *Persea*, afines al aguacate. Igualmente colectaron cepas de *Phytophthora* spp. para ser utilizadas en la evaluación de la tolerancia o resistencia de los materiales colectados. En este trabajo se lograron mantener 244 materiales de aguacate criollo, procedentes de 65 municipios de 16 departamentos de Colombia. Así mismo, se rescataron y mantuvieron 10 especies de la familia Lauracea (*Phoebe cinamomifolia*, *Nectandra micropphylla*, *N. acutifolia*, *N. pichirum*, *N. acuminifera*, *Ocotea caracasana*, *O. brenesi*, *O. caracasana*, *O. prunifolia*, *Bielshmedia* sp.) relacionadas con el aguacate y se aislaron 59 cepas de *Phytophthora* spp.

Es necesario aclarar que para el establecimiento de nuevas siembras de aguacate, no necesariamente se deben utilizar las variedades mejoradas anteriormente descritas. Una alternativa, es la utilización de variedades "locales" o "regionales", seleccionadas de árboles de la finca, zona o región y propagarlas en el mismo sitio de siembra, mediante

la injertación sobre patrones locales. De hecho muchas de las variedades que actualmente se siembran en mundo han sido obtenidas de selecciones en fincas (Hass, Fuerte, Reed, Booth 8, entre otros). En Colombia, materiales como Lorena y Trapica, fueron seleccionados de esta manera. Para esta práctica se debe proceder a seleccionar uno o varios materiales de la finca de reconocida trayectoria por su adaptación, sanidad, producción, calidad de fruta y muy especialmente por su aceptación en el mercado. Luego se procede a tomar las yemas, preferiblemente después de la cosecha, para luego injertarlas sobre patrones locales, los cuales son ideales dada su aceptación a las condiciones de la zona. También es posible mediante injertación, renovar árboles de aguacate viejos o de mala calidad, realizar una soca a un metro de altura, introducir yemas en púa, entre la corteza la madera o esperar a que se desarrollen chupones y luego proceder a injertar tales chupones, con los materiales de la finca y así obtener en poco tiempo (2 a 3 años), producción de fruta de mayor calidad. De esta manera estamos garantizando una alta adaptabilidad y gran compatibilidad del material injertado, ya que tanto la copa como el patrón pertenecen a un mismo ecosistema y su expresión en el rendimiento será la mejor.

Condiciones biofísicas

Los factores ambientales incluyen el clima (temperatura, viento y precipitaciones), la calidad del aire y los efectos posicionales, tanto dentro del huerto como dentro del árbol. Elementos como el viento, una precipitación intensa y las heladas pueden causar la pérdida directa de la fruta en la cadena de poscosecha, debido a las cicatrices que causan sobre la fruta; también son perjudiciales la mayor incidencia de patógenos vegetales

asociados con condiciones de abundante lluvia, especialmente durante la floración (por ejemplo, la antracnosis) y la pérdida de fruta dañada por heladas.

Generalmente, dentro de cada raza los cultivares tienen respuestas similares a las condiciones edáficas y climáticas, dadas dentro su proceso evolutivo. Sin embargo, existen varias diferencias entre las razas en relación con su adaptabilidad

a las condiciones medioambientales (Whiley y Schaffer, 1994), como es el caso del cv. 'Hass', híbrido entre la raza Mexicana y Guatemalteca, que presenta características intermedias entre ambas. La hibridación libre entre las razas ha dado como resultado un aumento entre la diversidad genética y en la plasticidad medioambiental de las especies (Whiley y Schaffer, 1994). Como resultado de la extensa distribución del germoplasma del aguacate hacia zonas bastante alejadas de su sitio de origen, se ha producido un considerable cruzamiento interracial, a tal grado que los actuales cultivares de mayor importancia económica, tanto en áreas subtropicales como tropicales, son el resultado de la hibridación entre distintas razas (Knight, 2007).

Las diferencias en las respuestas al clima podrían ser suficientes para identificar el origen racial de los árboles. Por ejemplo, solo la raza Antillana se adapta al clima netamente tropical de las tierras bajas y climas cálidos y secos, mientras que los árboles de otras razas pueden no cuajar frutos o incluso no producir flores bajo dichas condiciones (Serpa, 1968).

Por el contrario, en zonas subtropicales o frías en el trópico, los árboles de raza Antillana cuajan muy poco o no cuajan, aún cuando no hayan sido dañados por heladas. En lugares fríos, donde frecuentemente hay temperaturas bajo cero, solo los árboles de raza Mexicana y Guatemalteca pueden sobrevivir (Kadman y Ben-Ya'acov, 1976).

Una determinada raza o cultivar tiene la adaptabilidad suficiente para crecer en un rango considerable de ambientes, pero esto suele acarrear variaciones en su rendimiento. Popenoe (1919) estimó que la madurez del fruto se retrasa casi un mes por cada 300 m de aumento en la altitud donde se encuentren las

plantas. En condiciones del subtrópico, la madurez de la fruta se retrasa un mes por cada grado de aumento en la latitud. De este modo, la altitud y la latitud junto con las diferencias climáticas inciden en la época de cosecha para un mismo cultivar. Es necesario mencionar que las técnicas de manejo (particularmente el riego), pueden ser utilizadas, en ocasiones, para manipular la época de maduración de la fruta (Lahav y Kalmar, 1977).

Temperatura

La temperatura en la zona tropical está determinada por la altura sobre el nivel del mar; mientras en la zona subtropical está influenciada, además, por la época del año y posición de la tierra con respecto al sol, por lo cual hay dos épocas en el año, una de temperaturas altas y otra de temperaturas bajas. De las tres razas, la Mexicana, se adapta a climas más fríos, soportando temperaturas de hasta 2,2°C, teniendo como temperaturas óptimas 5 a 17°C; la raza Guatemalteca, se adapta a condiciones subtropicales, con temperaturas óptimas de 4 a 19°C, mientras que la raza Antillana, se adapta a temperaturas de 18 a 26°C (Avilán *et al.*, 1989).

Las temperaturas durante el desarrollo del fruto y maduración pueden afectar también la calidad del fruto, ya sea acelerando o retrasando la madurez hortícola. La forma de la fruta también se ve influenciada por el medio ambiente. La fruta que crece bajo condiciones más frías tiende a ser más redondeada que la fruta que crece bajo condiciones más cálidas, la que tiende a ser más alargada. En Michoacán, México, Bárcenas (2002), observó que la fruta de la variedad de aguacate Hass, es casi completamente redonda, cuando es cultivada en el ambiente más fresco, en alturas comprendidas entre los 2.000 a 2.500 msnm, además presentan una mínima rugosidad de la epidermis. Al contrario, la forma del fruto se hace mucho más



alargada cuando esta variedad se cultiva en ambientes más cálidos, entre 1.400 a 1.600 msnm. En ambientes intermedios, el fruto de esta variedad presenta una forma más alargada que globosa (como lágrima) e igualmente una rugosidad intermedia. El efecto del clima sobre la forma del fruto es también evidente cuando examinamos, para un cierto árbol, la forma del fruto en relación a la floración y cuajamiento. Los frutos provenientes de año de baja floración son más redondeados que aquellos que cuajaron durante la floración principal (Arpaia *et al.*, 2004). Además, el clima también tiene un efecto marcado en el tiempo que tarda el árbol desde la floración a la cosecha; en este sentido Bárcenas (2002), en México, encontró que este período fue de 8 meses en ambientes cálidos (1.400 a 1.600 msnm), mientras que en ambientes más fríos (2.000 a 2.500 msnm), fue mucho mayor, tardando alrededor de 12 a 14 meses (**Tabla 16**).

Tabla 16. Influencia de la altura sobre el período de floración a cosecha, forma y aspecto de la epidermis del fruto del aguacate cv. Hass en Michoacán, México (Bárcenas, 2002).

Altura (msnm)	Duración (meses)	Forma del fruto y aspecto epidermis	
		FORMA	EPIDERMIS
2.000 a 2.500	12 a 14	Alto Esferoide	Mínima Rugosidad
1.800 a 2.000	10 a 12	Elipsoide	Media
1.600 a 1.800	8 a 10	Obovado	Rugosa
1.400 a 1.600	8	Obovoide	Muy Rugosa

En Colombia, en un trabajo realizado por Bernal (2011) encontró que frutos de Hass, obtenidos de cultivos establecidos en zonas más bajas y cálidas (1.340 msnm), presentaron formas más redondeadas que aquellos frutos obtenidos de zonas altas y frías (2.400 msnm), lo que resultó contrario a los reportado por Bárcenas (2002), en México; sin embargo, concuerda con el autor, donde menciona que la epidermis de los frutos de Hass en ambientes más cálidos tiende a ser más rugosa, mientras que en climas más fríos, esta es más lisa (**Figura 62**), situación que se presentó en frutos de Hass, cosechados de cultivos comerciales en Antioquia, Colombia.

Las variaciones en las condiciones ambientales pueden llegar a imponer serias restricciones para el crecimiento y desarrollo de los vegetales y, por lo tanto, provocar sobre ellos situaciones de estrés. El concepto de "estrés" implica la presencia de un factor externo a la planta, provocado por el medio ambiente cambiante, que ejerce una influencia negativa sobre su crecimiento y desarrollo óptimos.



Enterríos (2.400 msnm) Támesis (1.340 msnm)

Figura 62. Influencia de la altura sobre la forma y aspecto de la epidermis del fruto del aguacate cv. Hass en Antioquia, Colombia (Bernal, 2012).

Foto: J. Bernal

Las plantas presentan una curva de respuesta a la temperatura, con un óptimo que determina una tasa de crecimiento máxima y un rango de temperatura máxima y mínima fuera del cual el desarrollo se detiene. Los valores de temperaturas máximas y mínimas críticas y óptimas son variables, dependiendo de la especie y la etapa de desarrollo en estudio. A nivel mundial, los aguacates se cultivan en una gama muy amplia de temperaturas. Existen requerimientos térmicos distintos para los cultivares subtropicales (Mexicanos, Guatemaltecos e híbridos entre ambos) y para los cultivares tropicales (Antillanos e híbridos de Antillanos con Guatemaltecos). Además,

existen variaciones sustanciales en los climas subtropicales, con las consecuentes diferencias en las unidades de calor, que afectan el tiempo de floración y especialmente, el tiempo de madurez de los frutos de un determinado cultivar (Wolstenholme, 2007).

El clima de los habitats nativos sugiere que el aguacate debiera ser tolerante a calores extremos, incluso los tipos Mexicanos y Guatemaltecos, originarios de las tierras altas, de ambientes húmedos, que van de templados a cálidos.

Las altas temperaturas pueden ser perjudiciales en períodos críticos, como el de la polinización y cuajado de frutos. Existe abundante evidencia que vientos cálidos y secos, comunes en muchas zonas productoras, pueden reducir considerablemente la producción de los árboles. En California, Wolstenholme (2007) reportó que temperaturas por encima de los 40°C, normalmente acompañadas por el viento, sumado a bajísima Humedad Relativa (HR), pueden causar una abscisión significativa de frutos recién cuajados.

Uno de los factores climáticos que más afectan a la calidad del fruto son las altas temperaturas en el período precosecha, pudiendo originar un amplio abanico de alteraciones. La magnitud del daño depende de la temperatura, tiempo de exposición, estado de desarrollo del fruto, etc. Los efectos directos inducen daño en las membranas celulares, proteínas y ácidos nucleicos y los indirectos, inhibición de la síntesis de pigmentos o degradación de los ya existentes, produciéndose una amplia gama de síntomas de escaldado y quemaduras. En manzanas, fresas y peras se ha puesto de manifiesto una relación indirecta entre la temperatura y la firmeza, manteniéndose o aumentando cuando el nivel térmico no es alto (Sams, 1999).

En algunos casos se aprecian efectos globales que afectan la maduración, inhibiéndola o acelerándola o incrementando la desecación por una pérdida rápida de agua, originando alteraciones en aspecto externo e interno del fruto. Algunos de estos efectos pueden verse amplificados cuando las altas temperaturas están asociadas a una radiación solar intensa, afectando no solo a las alteraciones de color, pardeamientos, sino también a las propiedades organolépticas debido a cambios en el contenido en sólidos solubles y acidez valorable (Sams, 1999).

Humedad relativa

El aguacatero se adapta a climas húmedos y semihúmedos, con marcadas diferencias entre las estaciones húmedas y secas. Aunque se adapta bien a condiciones de humedad atmosférica bajas, el orden de adaptación de menor a mayor humedad relativa para las tres razas es: Mexicana, Guatemalteca y Antillana (Avilán *et al.*, 1989).



Precipitación

Los requerimientos difieren para las tres razas así: la raza Mexicana requiere precipitaciones por encima de los 1.500 mm/anuales; para la raza Guatemalteca por debajo de los 1.500 mm/año y para la raza Antillana los requerimientos están por debajo de los 1.000 mm/año. El aguacate tiene una amplia adaptación a la pluviosidad; se cultiva sin riego en zonas con precipitaciones que varían entre 665 mm y más de 2.000 mm/año (Galán-Saúco, 1990).

El período más crítico en el que la planta debe disponer de suficiente agua comprende desde el cuajado hasta la recolección. Es a su vez muy sensible al encharcamiento, que produce asfixia radical, lo cual además, favorece el desarrollo del hongo *Phytophthora cinnamomi* Rand., causante de la pudrición de raíces. Sequías prolongadas provocan la caída de las hojas, lo que reduce el rendimiento; el exceso de precipitación durante la floración y la fructificación, reducen la producción y provoca la caída del fruto (Alfonso, 2008).

La afirmación que el aguacate requiere entre 1.200 y 1.600 mm bien distribuidos durante todo el año, implica un requerimiento hídrico de bajo a medio, especialmente en zonas de clima frío. El concepto de requerimientos hídricos variables de acuerdo con la etapa fenológica de crecimiento fue formalizado por Whiley *et al.* (1988). El requerimiento de agua es bajo durante el receso del crecimiento vegetativo, incrementándose a niveles moderados a altos durante la floración y manteniéndose a un nivel moderado durante la mayor parte del período de crecimiento, excepto durante la caída de frutos y a comienzos de los flujos de crecimiento vegetativo, cuando los requerimientos hídricos son altos (Wolstenholme, 2007).

Viento

Este es un factor muy importante, ya que las ramas del aguacate son muy frágiles y se quiebran fácilmente; por lo tanto, se tienen que establecer cortinas rompevientos. El viento no debe ser constante, ni alcanzar velocidades por encima de los 20 km/h, ya que esto provoca la ruptura de ramas, caída de flores y frutos y quemazón de las hojas y brotes del árbol; la deshidratación impide la fecundación y formación de los frutos (Avilán *et al.*, 1989).

Altitud

Las tres razas se adaptan a diferentes rangos altitudinales así: La raza Mexicana se adapta a alturas por encima de los 2.000 msnm, lo que la ubica en el piso técnico frío, para la raza Guatemalteca, el rango altitudinal de adaptación es de 800 hasta 2.400 msnm, pudiéndose establecer en los pisos térmicos frío moderado a medio; para la raza Antillana el rango de adaptación va de 0 hasta 800 msnm, lo que la sitúa en el piso térmico cálido. Los híbridos entre estas razas tienen un mayor rango de adaptación.

En la **Tabla 17**, aparece la lista de los cultivares que pueden ser sembrados en Colombia, según su adaptación altitudinal (Avilán *et al.*, 1989).



Tabla 17. Variedades de aguacate aptas para ser cultivadas en diferentes pisos térmicos en Colombia.

Altitud (msnm)			
500 a 1.200	1.200 a 1.800		1.800 a 2.500
Booth 1	Bacon	Mayapan	Bacon
Booth 5	Bonita	Monroe	Benedict
Booth 7	Booth 1	Nabal	Choquette
Booth 8	Booth 5	Pinkerton	Colin V 33
Butler	Booth 7	Reed	Collinred
Choquette	Booth 8	Rincón	Duke
Collinred	Choquette	Ruehle	Ettinger
Collinson	Colin V-33	Schmidt	Fuerte
Fairchild	Collinred	Semil 23	Ganter
Fúcsia	Collins	Semil 34	Gottfried
Gripiña	Collinson	Semil 43	Hass
Hulumanu	Edranol	Semil 44	Linda
Itzamna	Ettinger	Simpson	Lula
Lorena	Fairchild	Taylor	Méxicola
Mayapan	Fuerte	Trapp	Nabal
Monroe	Gottfried	Trinidad	Northrop
Peterson	Gripiña	Waldin	Perfecto
Pinelli	Hass	Winslowson	Pinkerton
Pollock	Itzamna	135-15	Puebla
Ruhele	Kanola	135-20	Reed
Russell	Linda	135-21	Rincon
Semil 23	Lorena	135-27	Semil 44
Semil 34	Lula	143-61	Topa Topa
Semil 43			Zutano
Semil 44			135-15
Simmonds			135-20
Trapp			135-21
Trinidad			135-27
Waldin			143-61
Winslowson			1607

Latitud

Las tres razas de aguacate se originaron totalmente (Antillana y Guatemalteca) o parcialmente (Mexicana) en latitudes tropicales de Centroamérica, el árbol es descrito comúnmente como una especie tropical. Tanto los ecotipos Mexicanos como los Guatemaltecos son nativos de zonas selváticas, montañosas, también conocidas como “tierras altas tropicales”. Ambos se adaptan, en distinto grado, a

muchas áreas subtropicales calurosas o frías, es decir en latitudes mayores a los 23° N o S. Los cultivares de estos dos ecotipos, especialmente aquellos con dominancia de genes Guatemaltecos y con al menos algunos Mexicanos, forman la base de la industria subtropical del aguacate, así como también la industria de las zonas semitropicales y de tierras tropicales altas en países como México, Guatemala, Kenia y Colombia (Wolstenholme, 2007). Se ha señalado que los ecotipos Mexicanos son



nativos de las tierras altas que van desde los 19 a los 24° de latitud Norte, es decir, en la frontera entre las tierras subtropicales altas y las semitropicales (Storey *et al.*, 1986). Los aguacates Guatemaltecos silvestres pueden ser encontrados entre los 14 y 16° de latitud Norte, es decir, en las verdaderas tierras tropicales altas. El ecotipo más tropical de todos, el Antillano se extiende entre las latitudes de 8 a 15° N en las tierras bajas de la costa del Pacífico. Por lo tanto, se asume que el rango de latitudes de entre 8 y 24° y altitudes que van desde el nivel del mar hasta los 1.500 m, conforman el hábitat natural de los aguacates silvestres Antillanos. En contraste con esto, los aguacates son comercialmente cultivados de los 40° N, en la costa del mar Negro, en la región de Batoum hasta los 39° S en la bahía de Plenty, en la isla del Norte, en Nueva Zelanda. Pese a su origen tropical, existen cultivos de aguacate hasta los 43° de latitud Norte y Sur (Wolstenholme, 2007) (Figura 63).

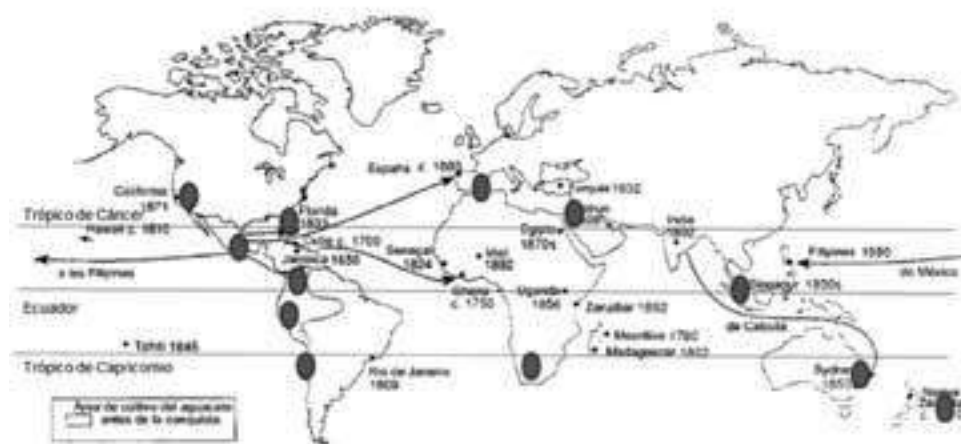


Figura 63. Latitudes donde actualmente se encuentra el cultivo de aguacate en el mundo

Fuente: Modificado de Smith *et al.*, 1992

Requerimientos edáficos

Este frutal, como ningún otro, requiere suelos muy bien drenados, ya que sus raíces son altamente susceptibles a los problemas radiculares; suelos con profundidad efectiva y nivel freático superiores a 1,0 m, con texturas livianas (Figura 64) que favorezcan la formación de un sistema radicular denso y muy ramificado Avilán *et al.*, 1989). El aguacate se adapta a una gran gama de suelos, desde los arenosos hasta los arcillosos, siempre y cuando posean un buen drenaje interno, factor que es de vital importancia (Galán-Saúco, 1990).



Figura 64. Suelo de textura liviana en el cultivo de aguacate.

Foto: J. Bernal

A este respecto, es aconsejable disponer de al menos 0,8 a 1,0 m de suelo de buena estructura sobre un subsuelo poroso, lo que garantiza la larga vida del árbol. En general, se considera como un pH óptimo el rango comprendido entre 5,5 y 6,5, originándose deficiencias fundamentales de hierro y zinc en suelos de reacción alcalina (Galán-Saúco, 1990).

Otros factores ambientales

El aguacate evolucionó en la selva lluviosa neotropical como un árbol de dosel (Whiley, 1994). Existe evidencia fisiológica de que las hojas del aguacate son altamente tolerantes a la sombra, lo que se refleja en su punto de compensación de la luz para la fotosíntesis, que es relativamente bajo, y en el gran tamaño de éstas. Además, el árbol posee características que sugiere que es un colonizador sucesorio tardío de pequeños claros en la selva, capaz de lograr altas tasas de fotoasimilación, con su crecimiento rápido en ambientes muy iluminados, lo que produce un rápido y sucesivo sombreado de las hojas, acortando su longevidad (Whiley y Schaffer, 1994; Wolstenholme y Whiley, 1999). Si a esto se le suma un fruto rico en energía (Wolstenholme, 1986, 1987) y el gran tamaño del árbol, bajo una situación de cultivo en huerto la irradiación de luz solar rápidamente se convierte en un factor clave y limitante para la obtención de producciones aceptables. Las mejoras en la interceptación de la luz, la disminución de la sombra dentro de los árboles y entre árboles y el aumento en la eficiencia de la fotoasimilación al tener un mayor número de árboles pequeños, son la base de los conceptos modernos de los huertos en alta densidad, de la conducción de los árboles, de la poda y de la manipulación, que actualmente están siendo desarrollados. El manejo de la luz en los huertos es la clave para

lograr una productividad sustentable, pero sigue siendo un tema controversial (Woltesholme, 2007).

Existen muy pocas referencias sobre la cantidad de luz solar o iluminación requerida por los huertos de aguacate. Gaillard y Godefroy (1995), señalaron que los aguacates tienen buenos resultados en áreas con más de 2.000 horas de luz solar al año y que en las áreas de producción en California e Israel reciben entre 3.000 y 3.500 horas de luz solar al año, principalmente durante los largos días de verano. Es necesario tomar medidas de protección para evitar quemaduras de sol en la hoja, frutos, ramas e incluso en los troncos de los árboles jóvenes. Inclusive en áreas subtropicales cálidas con lluvias en verano, las quemaduras de los frutos en la parte expuesta al sol de la tarde puede ser un problema si no existe un follaje protector adecuado. En contraste con esto, en climas más templados muy húmedos, la quemadura por el sol no es problema (Wolstenholme, 2007).

El granizo como en otros cultivos frutales, puede ser catastrófico, particularmente si los frutos van a ser comercializados con base en su calidad, en los mercados más exigentes de países de zonas templadas. Se debe, por lo tanto, evitar el establecimiento del cultivo en zonas donde se presente este fenómeno con cierta periodicidad, pues los daños causados por el granizo pueden ser irreparables o retrasar en gran medida el desarrollo del mismo, haciéndolo económicamente inviable.





Propagación

El aguacate se puede propagar en forma sexual por semilla o vegetativamente, por medio de estacas, injertos e *in vitro*. Para las plantaciones comerciales se debe utilizar la propagación vegetativa efectuada por injerto, generalmente sobre plantas de semilla, pero también sobre patrones propagados vegetativamente, en los casos en que se sospeche la presencia de problemas como *Phytophthora cinnamomi* o de salinidad en el suelo, entre otros (Galán-Saúco, 1990).

Propagación sexual

La propagación sexual sólo es empleada en trabajos de investigación, jardines clonales o de conservación del germoplasma, ya que para plantaciones comerciales se debe utilizar la propagación vegetativa, puesto que para obtener plantas uniformes, es necesario emplear un método de propagación asexual efectuada por injerto, generalmente sobre plantas de semilla (portainjertos o patrones), los cuales deben estar adaptados a las condiciones bióticas y abióticas donde se desea establecer la plantación (Galán-Saúco, 1990; Ríos-Castaño, *et al.*, 1977).

La propagación sexual o por semilla no es recomendable para plantaciones comerciales, debido a la gran variabilidad que ocurre en las plantas producidas por este método, lo que da plantas de muy diversas características, diferentes a sus progenitores. Además de lo anterior, la propagación por semilla produce plantas mucho más tardías en iniciar su vida productiva y de un tamaño mayor, lo que dificulta la recolección de los frutos (Ríos-Castaño, *et al.*, 1977).

El aguacate se caracteriza por carecer de embrionía nucelar, lo que no permite

obtener material genético uniforme, como consecuencia de las diferencias genéticas constitucionales de cada planta; esto pone de manifiesto la gran heterogeneidad de los patrones, presentando gran variabilidad en lo relacionado a la resistencia a enfermedades, plagas, adaptación a suelos y climas y características de frutos (Leal, 1966; Avilán *et al.*, 1989).

Producción de plantas de vivero libres de enfermedades

La superficie de frutas sembradas actualmente en Colombia asciende a las 226.083 ha (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2011), sin tener en cuenta el banano, con un incremento promedio anual del 8%. A medida que la producción frutícola ha venido en aumento, la actividad viverista también ha crecido, siendo éstos los responsables de mantener un abastecimiento permanente de material de propagación para siembras nuevas, resiembras y renovaciones.

La producción de plántulas de aguacate ha resultado ser una actividad de alta trascendencia en el desarrollo de este cultivo en Colombia, ya que de la calidad del material vegetal producido, depende gran parte del éxito de un proyecto frutícola.

Tanto los aspectos fitosanitarios, como genéticos, son de vital importancia para lograr un producto con características óptimas, para ser llevado al campo; sin embargo, esto debe ir acompañado de una serie de prácticas agrícolas adecuadas, que garanticen un alto porcentaje de prendimiento en el huerto

recién establecido, evitando así pérdidas que, en algunos casos, alcanzan hasta un 50% y que se relacionan principalmente con las aplicaciones inapropiadas, daños físicos y errores en el trasplante (Ríos-Castaño *et al.*, 2003).

Para conseguir un éxito continuo en los sistemas de cultivo, es indispensable poseer una fuente confiable de material de siembra que corresponda al cultivar y esté libre de enfermedades. Pese a que los aguacates pueden ser afectados por muchas enfermedades, la principal amenaza a la productividad del huerto que puede ser diseminada por las plantas de vivero, es la pudrición radical causada por *Phytophthora cinnamomi*, la cual se disemina a través de la comercialización de árboles de vivero, en sustratos infectados. En muchos casos, las plantas de vivero para la venta no presentan síntomas visibles de ninguna enfermedad, pese a que podrían estar infectadas. Por lo tanto, si la selección del material de propagación y la higiene del vivero no son suficientemente rigurosas, los árboles nuevos pueden convertirse en una potente fuente de infección (Ríos-Castaño *et al.*, 2003).

En la **Tabla 18**, se describe un protocolo planteado por Whitsell *et al.* (1989), de las principales recomendaciones que deben seguirse para obtener material de vivero libre de enfermedades, principalmente de *P. cinnamomi*. Estos son los procedimientos esenciales en los viveros californianos que han ingresado al programa de certificación monitoreado por el Departamento de Agricultura de California (Bender y Whiley, 2007).





Tabla 18. Protocolo recomendado para la producción de árboles libres de enfermedades.

1.	Use un lugar libre de <i>Phytophthora cinnamomi</i> y sin escurrimiento de agua desde aéreas adyacentes.
2.	Cerque el vivero de modo que todo el tránsito que entra y sale pueda ser controlado
3.	Coloque una solución de fungicida a la entrada del vivero, que cubra tanto el tránsito motorizado como el de peatones. Los fungicidas efectivos y más comunes utilizados son el sulfato de cobre, el oxiclورو de cobre y el hipoclorito de sodio.
4.	Fumigue los caminos de llegada y los internos, semanalmente, así como también los mesones y pisos del vivero, con un fungicida cúprico.
5.	Evite el contacto de las boquillas de fumigación con el suelo; no pise los mesones y camas de siembra.
6.	Desinfecte regularmente todo el equipo del vivero, incluyendo el transporte utilizado en la movilización del material vegetal.
7.	Desinfecte el sustrato del vivero con solarización, con vapor de agua (pasteurización) o con productos químicos específicos.
8.	Fumigue o esterilice las áreas externas, si las plantas son colocadas sobre el piso en el proceso de endurecimiento.
9.	Realice un tratamiento térmico a todas las semillas que sean recolectadas para la propagación, colocándolas en agua a 50°C durante 30 minutos.
10.	Recolecte material de propagación (semillas y yemas) solamente de fuentes registradas y que hayan sido declaradas libres de <i>P. cinnamomi</i> .

Fuente: Modificado de Whitsell *et al.* (1989).

Muchos de los países productores de aguacate, han introducido programas de producción de plántulas en vivero que le proporcionen a los agricultores árboles certificados, libres de enfermedades. Estos programas incentivan fuertemente la obtención de material para la propagación a partir de árboles que correspondan a las variedades y que estén en óptimo estado sanitario (Ríos-Castaño *et al.*, 2003).

En general, para mantener un adecuado estado sanitario, para la producción de árboles de aguacate en vivero, se deben tener algunas recomendaciones básicas. Todas las plantas deben ubicarse sobre un mesón de malla de acero, elevado por lo menos 60 cm del suelo, con pasillos de concreto o asfalto y el resto del área debe estar cubierto con 5 cm de gravilla gruesa y limpia. Para asegurar que no exista *P. cinnamomi* u otros patógenos que ataquen el sistema radical, todos los sustratos de los semilleros o bolsas; deben ser solarizados o pasteurizados mediante vaporización a 60°C durante 30 minutos (Allan *et al.*, 1981).

Selección, extracción y preparación de la semilla

Debido al bajo costo, el vigor del crecimiento de la planta y la facilidad de propagación, en la mayoría de los países aun se utilizan las semillas en la producción de portainjertos para aguacates injertados, pese a su variabilidad genética (Ben-Ya'acov y Michelson, 1995). California, Israel y Sudáfrica constituyen notables excepciones ya que en dichos países los portainjertos clonados vegetativamente son ampliamente utilizados, a pesar de que la mayoría de los productores israelíes aun exigen aguacates propagados en portainjertos de semilla seleccionados (Homsy, 1995)

La semilla para el patrón o portainjertos se debe seleccionar de árboles adultos, que hayan tenido al menos dos cosechas, bien formados, que estén bien adaptados a las condiciones edafoclimáticas en las cuales se establecerá el cultivo, que sean productivos, que posean frutos de buena calidad, que estén sanos y que presenten resistencia o tolerancia a los principales problemas sanitarios. Los frutos se recogen en el segundo tercio del tiempo después de iniciada la cosecha y del tercio medio de la copa del árbol. Actualmente, se considera un buen patrón aquel que induzca copas de menor porte, con el fin de obtener árboles uniformes, de una mayor producción por área.

Los frutos de donde se extrae la semilla no se deben dejar sobremadurar en el árbol, para evitar que las semillas estén pregerminadas o deterioradas por problemas fitosanitarios; deben estar sanos, libres de plagas y enfermedades, tener el tamaño, forma, color y peso que cumplan con los estándares de calidad de un buen patrón, tales como semilla sana, poca pulpa, rusticidad, adaptación y resistencia a problemas bióticos y abióticos, entre otros. Para reducir el riesgo de contaminación de la semilla con el hongo *Phytophthora cinnamomi*, las semillas deben proceder de frutos recolectados directamente del árbol y nunca de aquellos caídos o en contacto con el suelo.

Una vez colectadas y extraídas, las semillas deben ser tratadas mediante una inmersión en agua caliente a 50°C, durante 30 minutos; esta es una medida segura de evitar la contaminación de semillas por la enfermedad conocida con los siguientes nombres: pudrición radical, la chancrosis del tallo y el tizón de la plántula, cuyo agente causal es el hongo *Phytophthora cinnamomi*. El control de la temperatura es de vital importancia, ya que a 52°C la semilla pierde su viabilidad (Bender y Whiley, 2007).



Después de este tratamiento, las semillas deben enfriarse con agua y colocarse en un lugar bien ventilado, bajo sombra parcial (Zentmyer *et al.*, 1967, Galán-Saúco, 1990). Otra medida recomendada para esta enfermedad, consiste en aplicar un protectante a la semilla, para lo cual se sumerge ésta en una solución preparada con un fungicida, un insecticida y un desinfectante (Galán-Saúco, 1990).

Semillero o germinador

El semillero es el sitio donde se establece la semilla que posteriormente deberá ser trasplantada a bolsas de almácigo y que servirá para la injertación de las variedades mejoradas. Son los lugares donde se lleva la semilla para su germinación; estos pueden ser móviles o fijos (**Figura 65**); se deben ubicar cerca a la casa u otro sitio donde se les puedan brindar los máximos cuidados. Éstos deben tener buena iluminación y estar cercados.

La semilla del aguacate suele germinar lenta e irregularmente, lo que podría deberse al tratamiento poscosecha o a la línea de árboles de semilla elegida (Platt y Frolich, 1965; Leal *et al.*, 1976).



Figura 65. Semillero en aguacate
Fotos: J. Bernal

Cuando se van a poner a germinar, a las semillas se les elimina la cubierta y se les hacen cortes delgados hacia el extremo superior, para acelerar la germinación (**Figura 66**). Se han realizado varios estudios

sobre la germinación de las semillas de aguacate, que han analizado los efectos producidos por la remoción de la cubierta seminal y/o de secciones de cotiledones (proceso comúnmente llamado escarificación) y el uso de reguladores de crecimiento para mejorar la germinación (Bender y Whiley, 2007). Burns *et al.* (1965) observaron que al remover la cutícula seminal, cortar ambos extremos de la semilla y sumergirla en ácido giberélico se encontró un aumento en la germinación de las semillas del cultivar 'Duke'. Se ha comprobado que la remoción de la testa y corte en el ápice y base de los cotiledones aumenta el porcentaje de germinación. Kadman (1963), obtuvo los siguientes porcentajes de germinación a los 90 días de sembrada la semilla: corte de 2 cm en ápice y 0,5 cm en la base de la semilla, 30% germinación; corte de 2 cm en el ápice, 70% germinación; testa removida, 92,2% germinación; testigo sin tratamientos, 12,2% germinación. Muchas semillas que presentan dificultad o baja velocidad de germinación, tienen algún tipo de inhibidores, la semilla del aguacate no es una excepción. Esta contiene inhibidores en la testa, además de que el tamaño de



Figura 66. Semillas de aguacate con corte apical
Foto: J. Bernal

los cotiledones dificulta su germinación. Del gran número de investigaciones realizadas se puede inferir que no existe ninguna duda de que la remoción de la cubierta seminal aumenta la tasa y la

uniformidad de la germinación de las semillas de aguacate, especialmente si han sido almacenadas en ambientes fríos. Sin embargo, el mecanismo implicado en este proceso no ha sido comprendido a cabalidad.

Las semillas de aguacate son sembradas con el extremo más ancho y plano hacia abajo y con el extremo agudo hacia arriba, es decir, de la misma manera como se encontraba cuando el fruto colgaba del árbol. El extremo superior debe quedar a ras del suelo y no enterrado (Platt y Frolich, 1965). El semillero debe conservarse húmedo y cuando se aplique el riego no se debe destapar la semilla; además, se debe mantener a una temperatura constante, lo que reduce el tiempo de germinación y aumenta su porcentaje. Cuatro semanas después de sembradas, germinan las semillas. Para las condiciones del trópico las plantas pasan aquí tres meses. El semillero debe estar protegido del ataque de plagas, enfermedades y de la radiación directa de los rayos solares.

Vivero o almácigo

Las semillas de los patrones de aguacate se pueden sembrar, bien sea en camas de propagación, en semilleros o en bolsas de polietileno (Figura 67).



Figura 67. Almácigo en aguacate
Foto: J. Bernal

Por el tamaño de la semilla de aguacate y para evitar heridas y/o daños mecánicos en las raíces durante el trasplante, que aceleren o predispongan a las plantas a enfermedades de la raíz, lo más recomendado es la siembra directa en bolsas. De la asepsia del sustrato depende la calidad de las plantas que se obtengan para llevar al campo, por lo que es fundamental tanto el uso de semillas de buena calidad como el sustrato empleado. En aguacate, se deben utilizar bolsas de polietileno calibre 3,5, de 22 cm de diámetro (boca), por 44 cm de altura (largo), perforadas hasta su base (Figura 68).

Entre las ventajas del sistema de propagar las semillas directamente en bolsas, se pueden mencionar: Facilidad para eliminar árboles contaminados sin perjudicar al resto, lo que no ocurre en un vivero tradicional, donde el agua de riego transmite problemas sanitarios a muchas plantas, ocasionando grandes pérdidas; menor estrés en el trasplante, sin daño de raíces que ocasionen la entrada de patógenos; alta densidad de plantas por metro cuadrado.



Figura 68. Plantas de aguacate en vivero
Foto: J. Bernal



El vivero o almácigo, es el lugar donde se sitúan las plantas seleccionadas para ser injertadas y posteriormente ser llevadas al campo, luego que las plantas pasen por un período de maduración y aclimatación a las condiciones de campo abierto. En este sitio las plantas son protegidas de las condiciones extremas del clima y se preparan paulatinamente a las condiciones de campo. Después de injertadas las plantas, pasan 90 días en el vivero antes de ser llevadas al campo.

Preparación de los sustratos

Para el germinador o semillero, se hace una mezcla de tres partes de tierra y una de arena, con suelo preferiblemente franco, que no haya sido cultivado recientemente y arena de río, gruesa y lavada. Esta mezcla se desinfecta empleando medios físicos, como la solarización, mecánicos como el vapor y agua caliente o químicos, utilizando desinfectantes; la mezcla se deposita sobre una superficie plana, formando una suave y mullida cama.

Para el almácigo o vivero, se prepara una mezcla de cuatro partes de tierra, dos partes de arena, siguiendo las mismas recomendaciones usadas para el semillero y una parte de materia orgánica descompuesta y seca, gallinaza compostada o humus, la cual se desinfecta en la misma forma como se indicó en el semillero. Además, se le adiciona una enmienda y fertilizante químico compuesto.

Desinfección del sustrato

Esta práctica consiste en eliminar los organismos patógenos del medio en que se van a sembrar las semillas y/o las plántulas. La desinfección de los sustratos se puede realizar en forma química o física.

En la desinfección con productos químicos, se utilizan productos especiales

como el Basamid (Dazomet) o el Formol al 40%, teniendo cuidado en la cantidad utilizada del producto seleccionado, en el tiempo de desinfección y en la realización de una adecuada aireación, antes de proceder a la siembra del material de propagación. El Basamid es un producto químico granulado de acción nematicida, fungicida, insecticida y herbicida, de excelentes resultados en la desinfección del suelo.

Como método físico de desinfección se puede utilizar la solarización, el cual ha demostrado ser el más económico, limpio y sencillo para la desinfección del suelo. La solarización es un proceso hidrotérmico que permite la desinfección de los sustratos, utilizando la energía que proviene del sol, llamada radiación solar (Betancur y Mejía, 1990). La técnica consiste en tapar herméticamente el sustrato completamente húmedo, con un plástico o polietileno (**Figura 69a**), calibre 6, transparente, para capturar la energía solar y así incrementar la temperatura en los primeros centímetros del suelo; el polietileno negro no presenta los mismos resultados que el transparente (Mesa y Rivera, 1996). La solarización se basa en un proceso físico, alternando altas y bajas temperaturas. La humedad del sustrato juega un papel importante debido a que en las horas de mayor temperatura produce vapor y en las de menor temperatura (durante la noche), se condensa, dándose un proceso de pasteurización continua durante el tiempo que dure el tratamiento. Estas fluctuaciones de temperatura entre el día y la noche, rompen fácilmente el ciclo biológico de los patógenos presentes en el sustrato (Aguilar *et al.*, 1989). El principio de este método es incrementar la temperatura del suelo hasta alcanzar niveles que resulten letales o subletales a muchos patógenos del suelo (Alcázar *et al.*, 1981).



Figura 69. Método físico de desinfección del suelo por solarización
a: Uso de polietileno transparente calibre 6.
b: Camas de solarización (20 cm de altura).

Fotos: J. Bernal

La altura de la cama para la solarización no debe ser mayor de 20 cm, con el fin de garantizar la eficiencia del proceso (**Figura 69b**). Los períodos de solarización oscilan entre 30 y 45 días, dependiendo de la zona y de las condiciones climáticas que se presenten. Un proceso de solarización bien realizado garantiza la muerte de muchos patógenos presentes en los sustratos, así como la de varias semillas de plantas no deseadas dentro del cultivo.

Propagación asexual

Se hace empleando estructuras vegetativas y garantiza plantas homogéneas, con las mismas características de la planta madre; se puede realizar por estaca, injerto o *in vitro*. La propagación vegetativa es usada en aguacate, principalmente para perpetuar las características genéticas únicas de un portainjerto o cultivar, que lo hacen valioso en un sistema de producción.

Se han realizado importantes investigaciones para enraizar estacas de aguacate, como una forma simple de aprovechar los rasgos genéticos de los materiales que han sido seleccionados por

su potencial para mejorar el desempeño del árbol y que confieren atributos hortícolas deseables a la variedad injertada. Además, se han desarrollado varias técnicas de injertación diferentes, para adecuarse a la multiplicación de los cultivares comerciales, tanto bajo condiciones de vivero como en campo. Este esfuerzo ha resultado en numerosas alternativas de las cuales se pueden seleccionar las técnicas adecuadas de acuerdo a las condiciones de cada caso (Bender y Whiley, 2007)

Propagación por estacas

La propagación por estacas es una técnica que no ha podido ser aplicada en el ámbito comercial, debido a que los resultados de las investigaciones han sido erráticos, con éxito sólo en algunos cultivares. La formación de raíces en la propagación por estacas es altamente dependiente de la retención de hojas. El rol de éstas estaría dado por el aporte de carbohidratos y reguladores del crecimiento para la rizogénesis, así como de promotores del crecimiento



no identificados (Raviv y Reuveni, 1984). Cutting y Van Der Vuuren (1988) desarrollaron un método de propagación por estacas que consiste en asperjar a las plantas madre con ácido giberélico (GA3), para inducir un vigor “juvenil” en el siguiente “flujo” de crecimiento. Las aplicaciones de GA3 producen un crecimiento vegetativo vigoroso y una menor dominancia apical. Al tratar con 0,2 - 0,3% de ácido indolbutírico se logra un 80% de iniciación radical, después de 120 - 150 días bajo neblina artificial con calefacción basal.

Las estacas de tallo fisiológicamente juveniles, provenientes de plantas jóvenes de aguacate enraízan con bastante facilidad (Eggers y Halma, 1937; Gillespie, 1957); sin embargo, solo unos pocos cultivares pueden ser enraizados exitosamente a partir de estacas de tallos fisiológicamente maduros (Hass, 1937 a, b; Wallace y North, 1957). Pese a estos logros limitados, es comúnmente aceptada la idea que la propagación vegetativa del aguacate es difícil y que las estacas verdes no enraízan lo suficientemente bien para efectos de propagación comercial en viveros (Halma, 1953; Kadman y Ben-Ya'acov, 1965; Ben-Ya'acov y Michelson, 1995). Este método no se emplea comúnmente en aguacate, debido a la baja capacidad de enraizamiento. No se comprende aun las razones de la dificultad del enraizamiento de las estacas en la mayoría de los cultivares de aguacate (Kadman, 1976). Gómez *et al.* (1971) sugirieron que la configuración del anillo del esclerénquima perivasculoso puede contribuir con la dificultad en el enraizamiento, al actuar como una barrera que impide la emergencia de las raíces en los tallos jóvenes.

El uso de reguladores del crecimiento vegetal para mejorar el enraizamiento de las estacas de madera dura, ha sido ampliamente descrito (Hartman y Kester,

1961). En aguacate, Gustafson y Kadman (1969) observaron que, en la mayoría de los casos, los tratamientos estándares con reguladores de crecimiento no afectaron al enraizamiento de las estacas verdes, pero si mejoraron el desarrollo del sistema radical.

Se han realizado intentos por rejuvenecer fisiológicamente maderas duras de aguacate mediante el injerto de microestacas en portainjertos juveniles *in vitro* (Pliego-Alfaro y Murasighe, 1987), o mediante inyecciones de giberelinas en los árboles donde se obtuvieron estacas (Cutting y Van Der Vuuren, 1988). Sin embargo, esto no ha tenido éxito. Queda claro que se necesitan realizar más estudios al mecanismo fundamental del enraizamiento de las estacas de aguacate fisiológicamente maduras. A pesar de la existencia de varias técnicas innovadoras, incluyendo algunas variables de las técnicas de etiolación y cultivo de tejidos, el enraizamiento comercialmente viable de estacas de aguacate una parece ilusorio (Bender y Whiley, 2007).

Propagación por injerto

Este método, el cual es el más recomendado y utilizado mundialmente en aguacate, consiste en tomar una yema de una variedad mejorada, seleccionada por su calidad y rendimiento e introducirla sobre una planta de una variedad criolla, regional o que resista una condición adversa como sequía, salinidad o enfermedad, como *Phytophthora cinnamomi*, entre otras, a la que se le denomina patrón o portainjertos (Whiley, 1992; Whiley, 2007). Este patrón o portainjertos puede ser obtenido sexualmente, por semilla o asexualmente (clonalmente), por medio de estacas o *in vitro*.

Patrones o portainjertos

Para la elección del patrón, se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones: facilidad en la consecución de la semilla, vigoroso crecimiento de las plántulas, adaptación, buen desarrollo radical, fácil injertación, alto grado de compatibilidad con la variedad a injertar y resistencia o tolerancia a factores bióticos y abióticos limitantes en la zona o región donde se va a establecer el cultivo. Los patrones más usados en aguacate provienen de árboles de semilla, criollos o locales, que han mostrado los mejores resultados por su rusticidad y adaptabilidad al medio.

El injerto es la unión de dos porciones de tejido vegetal viviente para que se desarrolle como una sola planta. Predecir el resultado de un injerto es muy complicado, de un modo general se puede decir que el éxito del injerto va íntimamente ligado a la afinidad botánica de los materiales que se injertan. Por un lado, afinidad morfológica, anatómica de constitución de sus tejidos, o lo que es lo mismo, que los haces conductores de las dos plantas que se unen tengan tamaño semejante y estén aproximadamente, en igual número; de otro, afinidad fisiológica, de funcionamiento y analogía de savia en cuanto a cantidad y constitución (Camacho-Ferre y Fernández-Rodríguez, 2000).



La realidad es la creación de una planta, cuyas raíces tienen que crecer y desarrollarse con la savia que le sintetizan los órganos verdes de otra planta, que a la vez crece y se desarrolla con la savia que le suministra una raíz que no es la suya. A esa capacidad de unión de dos plantas para desarrollarse de modo satisfactorio desde el punto de vista de la producción como una sola planta compuesta, se le llama compatibilidad. Es difícil definir entre compatibilidad e incompatibilidad de un injerto (Camacho-Ferre y Fernández-Rodríguez, 2000). Desde especies que se unen con facilidad hasta otras que son incapaces de unirse, hay una gama intermedia de posibilidades, que aún uniéndose en un principio, muestran síntomas de falta de afinidad, bien en la zona del injerto o en sus hábitos de crecimiento (Camacho-Ferre y Fernández-Rodríguez, 2000).

Las incompatibilidades suelen manifestar algunos de estos síntomas:

- Porcentaje bajo en el prendimiento del injerto.
- Amarillamiento en hojas, a veces defoliación y falta de crecimiento.
- Muerte prematura de la planta injertada.
- Diferencias en la tasa de crecimiento entre portainjerto e injerto.
- Formación de un desarrollo excesivo en torno a la unión del injerto.
- Ruptura por la zona de unión del injerto.

A veces, la aparición de estos síntomas, de forma aislada, no significa incompatibilidad, ya que pueden producirse por condiciones ambientales inadecuadas. La incompatibilidad puede ser localizada (depende del contacto entre portainjertos e injerto) y trasladada (se produce degeneración del floema). La primera se puede corregir con injerto puente (sobre patrón intermedio); la



incompatibilidad traslocada no se corrige de ese modo, ya que se debe fundamentalmente a dificultades en el movimiento de carbohidratos y otros compuestos en la zona del injerto (Camacho-Ferre y Fernández-Rodríguez, 2000).

En Colombia, en la mayoría de las áreas de siembra del cv. Hass, se presenta incompatibilidad entre el patrón y la copa, mostrándose un crecimiento menor en los patrones que en las copas (**Figura 70**); sin embargo, no se tiene información sobre el efecto que esta condición tiene en la producción o en la vida útil del huerto. Esta anomalía, generalmente se atribuye a la desadaptación del portainjertos a las condiciones ambientales donde se estableció el cultivo, ya que la mayoría de los portainjertos, pertenecen a las razas Antillanas o híbridos entre Antillanos y Guatemaltecos, los cuales, aparentemente, no están adaptados a las condiciones donde se establece el cultivo.

Por lo anterior, se han venido realizando algunos ensayos “comerciales”, utilizando como patrón para el cv. Hass, semillas de las variedades Hass, Reed y Fuerte, para lograr mejor adaptación y afinidad entre el patrón y la copa, sugiriendo una mejor respuesta productiva de los árboles y una mayor vida útil de los mismos. Sin

embargo, estos cultivos son jóvenes y aún no se conoce con certeza su respuesta en comparación con cultivos de aguacate del cv. Hass, establecidos sobre patrones Antillanos o de origen desconocido (Bernal, 2012).

Las semillas para patrón deben provenir de frutas sanas, normales, de buen tamaño y recién cosechadas, en un estado óptimo de maduración. La viabilidad de esta semilla es de aproximadamente tres semanas; después de extraída ésta, se conserva en un sitio fresco y germina más pronto si se le quita la cubierta protectora y el ápice.

Es necesario emplear patrones resistentes o tolerantes, tanto a las condiciones edáficas y climáticas donde se va a establecer el árbol, como a las enfermedades más limitantes y que más prevalezcan en la zona.

La propagación vegetativa para el aguacate se hace indispensablemente para conservar las características originales de las variedades o cultivares comerciales. La propagación por semilla, origina grupos de árboles desuniformes en producción, en vigor y calidad de la fruta. Casi siempre el árbol originado por semilla produce una fruta de inferior



Figura 70. Incompatibilidad patrón-copa en aguacate cv. Hass.

Fotos: J. Bernal

calidad. La forma ideal de reproducir los patrones de aguacate es clonalmente (estacas o a través de prácticas *in vitro*), ya que la reproducción de patrones por semilla sexual da como resultado variabilidad genética de los mismos, lo cual tendrá diferentes respuestas sobre las copas injertadas.

Sin embargo, el medio más utilizado para propagar el aguacate vegetativamente es a través de la injertación sobre patrones seleccionados reproducidos por semilla. El uso de patrones en aguacate está muy extendido. El término patrón o portainjertos indica el árbol o planta sobre el cual se injerta la variedad mejorada o seleccionada que se quiere cultivar, denominada copa.

Con el patrón se persiguen varios objetivos: aislar la variedad del suelo para evitar las plagas o enfermedades que se encuentran en él, aprovechar el grado de resistencia del patrón a diferentes factores bióticos y abióticos limitantes del cultivo, usar el sistema radical del patrón y su capacidad de adaptación a diferentes climas y suelos, para inducir mejor desarrollo y mayor producción y finalmente uniformizar las condiciones de producción y calidad de un huerto, al conservar la variedad original.

Los atributos más importantes que deben tener los portainjertos del aguacate son la resistencia a *Phytophthora cinnamomi*, la tolerancia a la salinidad, la adaptabilidad a suelos calcáreos y que sean árboles de porte bajo, con producciones altamente sustentables (Whiley, 1992). El primer programa de selección de portainjetros de aguacate se basó en la productividad y fue iniciado en los años 40 por F.F. Halma. Sin embargo, cuando en 1942 se descubrió que la *P. cinnamomi* era un patógeno devastador en las raíces de los aguacates californiano, Zentmyer enfocó la selección de portainjertos ya

no a la productividad, sino a la búsqueda de la resistencia a la enfermedad (Ben-Ya'acov y Michelson, 1995). Así, hasta nuestros días, el desarrollo de los portainjertos resistentes a *Phytophthora* ha sido de interés principal en todos los países donde esta enfermedad es un problema importante. A pesar de esto, en la actualidad no existen portainjertos disponibles que presenten una resistencia comercial completa (capaces de permanecer sanos sin tratamientos de fungicidas), aunque se ha alcanzado cierta tolerancia. 'Duke 7', descubierto por Zentmyer, es ampliamente utilizado en California y Sudáfrica como portainjerto clonal (Menge, 2001).

Desde hace varias décadas se han desarrollado estudios para la búsqueda de portainjertos, como estrategia para dar solución a problemas bióticos y abióticos que limitan la producción en varias regiones del mundo.





Portainjertos resistentes o tolerantes a *Phytophthora cinnamomi*

Este es uno de los aspectos más extensamente estudiados en aguacate; aunque se han encontrado especies o subespecies del genero *Persea* tolerantes a este hongo del suelo, éstas son incompatibles con el aguacate (Téliz, 2000). En particular, el Duke 7 es reconocido internacionalmente como un cultivar sobresaliente para ser utilizado como portainjertos (Téliz, 2000).

Los programas de mejoramiento en búsqueda de la tolerancia a esta enfermedad han contado con árboles de las diferentes razas hortícolas de aguacate. Así, de la raza Mexicana se destacan los portainjertos "Barr Duke" (de un árbol de semilla de "Duke 6"), desarrollado en California, "D y 9" obtenido mediante irradiación de rayos gama de yemas de "Duke", con características enanizantes, "Duke 6" y "Duke 7" árboles de semilla obtenidos a partir de semillas de "Duke", el "Thomas" recuperado de un escape del cultivar Fuerte, considerado uno de los patrones más resistentes a *P. cinnamomi* pero susceptible a *P. citricola* (Newett et al., 2007).



De la raza Guatemalteca sobresale "Martín Grande", obtenido a través de la hibridación de de *P. americana* con *P. schideana*, también el portainjertos "Velvick", obtenido en Australia, a partir de árboles de semilla (Newett et al., 2007).

Portainjertos resistentes o tolerantes a las enfermedades conocidas como chancro (*Dothiorella* sp.) y marchitez (*Verticillium* sp.)

Se ha encontrado que los patrones provenientes de la raza Mexicana son más tolerantes a estas enfermedades (Téliz, 2000; Halma et al., 1954; Zentmyer et al., 1965).

Portainjertos tolerantes al agua de riego salina

La raza Antillana es más tolerante al riego con agua salina que la Mexicana. Los cultivares de las razas Antillana y Guatemalteca se caracterizan por menor transporte de cloro en la parte aérea, mientras que la Mexicana, sí los transporta, pero sus tejidos no resisten. De los trabajos de mejoramiento se han seleccionado los siguientes cultivares resistentes a la salinidad: de la raza Mexicana el GA 13 y de la raza Antillana el Maoz y el Fuchs (Téliz, 2000).

Portainjertos tolerantes a sequía

El orden en la exigencia de agua de las tres razas de aguacate es de la siguiente manera: Mexicana, Guatemalteca y Antillana. De un trabajo de selección a gran escala en el que estuvieron involucrados más de 60.000 árboles, con 100 diferentes portainjertos, se seleccionaron 10 portainjertos con buenas perspectivas, de los que se ha liberado el VC 51 de la raza Antillana (Téliz, 2000).

Portainjertos tolerantes a suelos calcáreos

Se ha encontrado que la raza Guatemalteca es la más susceptible a la clorosis producida por el efecto de suelos calcáreos. En la década de los años 60, Israel inició un proceso en búsqueda de materiales tolerantes o resistentes a la clorosis causada por el suelo calcáreo y casi una década después se seleccionaron como portainjertos, los materiales Znfin 67 y Maoz de la raza, Antillana (Téliz, 2000; Ben-Ya'acov, 1970).

Otros portainjertos desarrollados en Israel son: Antillanos de semillas que toleran salinidad y suelos calcáreos, TSriFin 99, DEGANIA 117, ASHDOT 17; Antillanos vegetativos que toleran salinidad y *Phytophthora*, VC 207, VC 256; Mexicano que parcialmente tolera la salinidad, VC 15 (Newett *et al.*, 2007).

Efecto del portainjertos sobre la reducción en la altura del árbol

Al respecto, se han realizado trabajos con el cultivar Colín V-33; este cultivar se ha caracterizado por su baja altura y por ser inductor de esta característica (Téliz, 2000, Barrientos-Priego *et al.*, 1987).

Efecto del portainjertos sobre la productividad

En el mundo se han realizado trabajos a largo plazo, que implican el establecimiento de multitud de ensayos en los que se evalúan cientos de combinaciones, para encontrar la combinación ideal entre patrones y copas y así obtener plantas más productivas. La combinación más adecuada entre portainjerto y copa es la utilización de ambos de la misma raza, o zona climática, ya que de esta manera hay mayor compatibilidad y mayor expresión de las características de la copa, incluyendo aumento de la producción (Téliz, 2000; Roe y Morudo, 1999).



Efecto del portainjertos sobre la calidad del fruto

El patrón tiene la capacidad de traslocar diferentes niveles de nutrimentos, lo que influye sobre el peso, forma, composición y calidad del fruto (Téliz, 2000). En algunas evaluaciones se ha encontrado que cuando se utiliza como patrón el Duque 7, la fruta producida tiende a ser más redonda; cuando se usan cultivares de la raza Guatemalteca e híbridos que la contengan, el contenido de grasa es mayor que si se usan de otras razas; se ha encontrado que cuando se utiliza como patrón el cultivar Topa topa, se obtienen frutos con menor contenido de grasa (Téliz, 2000; Köhne, 1992). También se han buscado patrones que reduzcan el tiempo en el que el fruto alcanza la madurez; en Israel se ha observado que cuando se usa como patrón el cultivar Atingir, es más corto el tiempo de producción que cuando se emplea el cultivar Nabal (Téliz, 2000; Ben-Ya'acov y Michelson, 1995).



Portainjertos en Colombia

La selección de patrones en aguacate no es tan intensa como en otros frutales debido a la dificultad técnica de efectuar la propagación asexual. De todas maneras, es posible hacer una cierta selección de patrones basándose en la existencia de las razas Mexicana, Guatemalteca y Antillana. Cada una de estas razas posee características específicas que pueden servir para ciertas selecciones.

Así, dependiendo de las características del medio ambiente, del lugar, del cultivo, se puede elegir el tipo de patrón que mejor sirve para superar los problemas específicos del sitio de siembra (Ríos-Castaño *et al.*, 2005). Cuando se pregunta que patrón de aguacate se debe usar, la respuesta es muy difícil, debido a que existe un numeroso grupo de patrones experimentales en los que se buscan características deseables como tolerancia a *Phytophthora cinnamomi*, buen estado sanitario, tolerancia a sales y rendimiento, entre otros. La primera respuesta debe estar enfocada en la idea del uso de patrones clonales, porque para maximizar la cosecha se requieren árboles uniformes e idénticos (Brokaw, 1986).

En Colombia no se reportan patrones para el aguacate. A pesar de ello, se han identificado árboles nativos en zonas de alta pluviosidad, como es el caso de la Costa Pacífica, Putumayo, Tolima y Sierra Nevada de Santa Marta.

Si bien es cierto no se reportan como tolerantes a enfermedades radicales o a enfermedades del follaje, presentan alta productividad en condiciones no altas para el cultivo, como apta precipitación y suelos saturados. Entre las selecciones

adelantadas para patronaje de aguacate están la de Tumaco y Lula, como las más acertadas por su vigor, productividad, tolerancia a la alcalinidad, salinidad y relativa tolerancia para soportar largos períodos de suelos expuestos al saturación de aguas lluvias; sin embargo, hasta no encontrar en Colombia patrones seleccionados y clonados difícilmente se podrá contar con ciertas producciones elevadas, uniformes y de calidad garantizada.

Ríos-Castaño *et al.* (2005), reportan algunos patrones para su uso en Colombia, entre los que se desatacan los Antillanos "La Torre", "Tumaco", "Villagorgona" y "Waldin"; el Mexicano "Duke 7", el Guatemalteco "G-755" y el híbrido Guatemalteco x Antillano "Lula". A continuación se describen tres de ellos de origen colombiano y dos de La Florida, usados comercialmente en Colombia como patrón.



Tumaco

Patrón para aguacate de porte alto, recolectado en Tumaco (Nariño, Colombia) en 1936. Posee buena producción, con dos cosechas por año y frutos de 285 g, de buena calidad y sabor, de color verde amarillo (**Figura 71**). Posee un sistema radical amplio que le da una ventaja en suelos de mayor contenido de arcillas. En viveros sus semillas son grandes, lo que le brinda buen desarrollo y rápido crecimiento de plantas para patronaje, lográndose injertar entre 50 y 60 días con semillas pregerminadas. No presenta incompatibilidad con ninguna de las variedades comerciales. Es tolerante a salinidad y a alcalinidad (Ríos-Castaño *et al.*, 2005).



Figura 71. Cultivar Antillano para patrón, Tumaco.

Foto: Ríos-Castaño *et al.*, 2005

La Torre

Varietal para patrón seleccionada por Danilo Ríos, en el corregimiento La Torre del municipio de Palmira (Valle del Cauca, Colombia), por su productividad y calidad de sus frutos. Presenta tolerancia a salinidad y a alcalinidad, con semillas grandes (**Figura 72**) que permiten su injertación entre 50 y 60 días después de germinadas. El peso promedio de sus frutos es de 410 g. No presenta incompatibilidad con ninguna de las variedades comerciales (Ríos-Castaño *et al.*, 2005).



Figura 72. Cultivar Antillano para patrón, La Torre.

Foto: Ríos-Castaño *et al.*, 2005

Villagorgona

Árbol proveniente de semilla del corregimiento Villagorgona, del municipio de Candelaria (Valle del Cauca, Colombia). Como patrón ofrece la ventaja de poseer una semilla grande, para el manejo y desarrollo en vivero (**Figura 73**). Los patrones de esta variedad se encuentran listos para la injertación, entre los 50 y 60 días, con semillas pregerminadas. No presenta incompatibilidad con ninguna de las variedades comerciales. Presenta frutos de 400 g, en promedio. Presenta tolerancia a salinidad y a alcalinidad (Ríos-Castaño *et al.*, 2005).



Figura 73. Cultivar Antillano para patrón, Villagorgona.

Foto: Ríos-Castaño *et al.*, 2005



Lula

Patrón para aguacate, híbrido entre Guatemalteco x Antillano. Originado en Miami, Florida (EUA), por el viverista George B. Cellon e introducido en 1912, se considera como uno de los más importantes cultivares en ese estado. El árbol, sobresale por ser vigoroso, precoz y productivo (Calabrese, 1992), presenta tolerancia a salinidad y a alcalinidad, pero es susceptible a inundaciones. Presenta frutos grandes (380,21 g), de color verde oscuro (**Figura 74**), con un 62,86% de pulpa y 12,44% de grasa.



Figura 74. Cultivar Guatemalteco por Antillano para patrón, Lula
Foto: Ríos-Castaño et al., 2005



Figura 75. Cultivar Antillano para patrón, Waldin
Foto: Ríos-Castaño et al., 2005

Waldin

Variedad de aguacate para patrón para aguacate, de origen Antillano. Originado en Homestead, Florida (EUA), por B.A. Waldin e introducido en 1917. El árbol, sobresale por ser muy precoz y productivo, presenta tolerancia a salinidad y a alcalinidad, pero es susceptible a inundaciones y tampoco se adapta bien a suelos sueltos y arenosos; además, presenta deficiencias de zinc, hierro y manganeso (Newett et al., 2002) Presenta frutos grandes (376,40 g), de color verde claro (**Figura 75**), con un 67,77% de pulpa y apenas un 6,47% de grasa. Sus frutos son poco aceptados por poseer una semilla grande (25,38%) y por tener susceptibilidad a *Cercospora* (Ríos-Castaño et al., 2005).

Injertación

Selección extracción y preparación de las yemas para injertar

La selección de un buen material de propagación es una de las tareas más importantes para el propagador. Las yemas adecuadas pueden encontrarse en crecimientos terminales maduros, quiescentes. Los crecimientos terminales más valorados son aquellos que portan yemas latentes y vigorosas, de color verde oscuro. Las estacas con yemas muy grandes pueden ser florales y, por lo tanto, no producir crecimiento vegetativo. Otras yemas que deben evitarse son las yemas delgadas y alargadas, con hojas pequeñas en sus extremos, pues no están maduras (Whitsell et al., 1989). Una vez seleccionada(s) la(s) variedad(es) a propagar y el patrón utilizado, se procede a tomar las

yemas de los árboles madres, que deben reunir las siguientes condiciones: Alto rendimiento (se debe llevar un registro de producción de los árboles en el huerto madre), buena calidad de la fruta (color, tamaño, contenido de grasa, entre otros) y libre de plagas y enfermedades limitantes.

La mejor yema para el injerto es la del brote terminal de las ramas. El brote debe estar bien desarrollado y maduro, justo en el momento en que la yema apical esta próxima a iniciar la brotación vegetativa.

Al seleccionar las yemas para injertar, es mejor cortar brotes de 20 a 25 cm de largo y 5 a 6 mm de diámetro, con al menos una yema cerca al extremo terminal, sin yemas axilares en la zona basal, para no causar irregularidades en la unión del *Cambium* durante el proceso de injertación (Platt y Frolich, 1965).

Las estacas seleccionadas deben usarse en cortotiempos para evitar su deshidratación; una forma de reducir la pérdida de agua de las estacas seleccionadas consiste en retirar las hojas de éstas, las cuales deben ser removidas a 6 mm de distancia de las yemas e inmediatamente ser envueltas en bolsas de polietileno u otro medio apropiado, con aserrín o un paño húmedo, pueden almacenarse hasta por una semana, sin pérdida importantes de su capacidad de prendimiento (Platt y Frolich, 1965); incluso, sin refrigerar y enceradas, pueden durar entre una a dos semanas (Avilán *et al.*, 1989). Las estacas deben ser seleccionadas de árboles que no estén sometidos a estrés hídrico y es mejor seleccionarlas temprano, en la mañana para evitar el calor y el viento que pueden causar deshidratación en el árbol, al cortar el material (Bender y Whiley, 2007).

Tipos de injerto

Injerto de púa terminal

El injerto más usado por la facilidad de operación y el alto porcentaje de prendimiento, es el de yema terminal, también llamado punta de rama o púa terminal, como en mango (Ríos-Castaño *et al.*, 1977). Este método es rápido y la tasa de éxito es alta, ya que normalmente ambos lados de la púa coinciden con el *Cambium* del portainjertos de diámetro similar (Whitsell *et al.*, 1989).

Las yemas de la variedad para injertar se toman de las puntas de las ramas en pleno crecimiento; no deben estar brotadas y deben tener las hojas maduras y firmes al tacto; se puede utilizar la parte principal de su punta (Ríos-Castaño *et al.*, 1977).

En el momento de proceder al injerto, se deben alistar los patrones, quitando las hojas del tallo cerca del punto donde se va a injertar y eliminando algunas ramas laterales si ya el arbolito está desarrollado (Ríos-Castaño *et al.*, 1977).

El patrón se despunta a unos 15 a 20 centímetros de altura y se le hace un corte en vertical, de 6 a 7 cm, mientras que a la ramita del injerto se le hace un corte en doble bisel o púa, de modo que los dos cortes casen perfectamente entre sí. Las superficies así obtenidas por los cortes, se ponen en contacto y se atan con cinta de polietileno (Ríos-Castaño 1977) (**Figura 76**).

La atadura se hace de abajo hacia arriba, envolviendo la cinta en un mismo sentido, templando a la vez y procurando que la punta inferior de la cinta quede pisada en la primera vuelta; al terminar, se introduce la punta superior por debajo de la última vuelta y se aprieta. Los injertos pueden ser cubiertos con una bolsa plástica transparente y perforada y/o de papel parafinado, la cual facilita la entrada de



Figura 76. Injerto de púa terminal

Fotos: J. Bernal

los rayos solares y evita la deshidratación de la yema injertada. Esta bolsa debe retirarse una vez se observen los primeros brotes en la yema.

A los injertos debe proveérseles sombra del 40% al 50%, mínimo durante dos o tres semanas después de efectuados; posteriormente, se les retira gradualmente el sombrío, lo mismo que la cinta de polietileno, cuando se observe que los injertos han pegado bien y estén adquiriendo un desarrollo normal (Ríos-Castaño *et al.*, 1977).

Entre 60 y 90 días después de efectuado el injerto, dependiendo de las condiciones climáticas, los arbolitos están listos para ser llevados al sitio definitivo. Si se dispone de bolsas de polietileno de buen tamaño, de unos 22 cm de diámetro o boca por 44 centímetros de altura, no es necesario un vivero para este material injertado, pues en estas bolsas adquieren un buen desarrollo, si se les prestan los cuidados necesarios y se manejan en forma adecuada. Existen otros tipos de injertos usados en aguacate, de púa lateral o cuña, de bisel, de enchapado, de yema etc., pero requieren mayor pericia del operario y tienen menor porcentaje de prendimiento que el anteriormente descrito, ya que de esta forma se tiene mejor área de contacto y una mejor cicatrización (Ríos-Castaño *et al.*, 1977).

A los arbolitos injertados se les pueden hacer ligeras aplicaciones de un abono rico en nitrógeno y fósforo. Se recomienda regar tres veces por semana en épocas secas, y en épocas húmedas hacer aspersiones con fungicidas a base de cobre, en la base del tallo, para controlar enfermedades (Ríos-Castaño *et al.*, 1977).

Injerto de bisel

Se hace cortando el tallo del patrón a 20 cm de altura, haciendo un corte en bisel, de 6 a 7 cm de longitud. Se toma una rama de la variedad que se desea propagar, que tenga de 10 a 15 cm de largo y que contenga varias yemas. El extremo donde se hizo el corte de la rama del árbol, se corta en forma de bisel, y se coloca en contacto con el corte hecho en el portainjertos, procurando que la madera coincida en ambos (Figura 77); se debe envolver y ajustar con cinta plástica, de 12 cm de largo y 0,5 cm de ancho o cubrir con cera la zona del injerto (Álvarez de la Peña, 1979; Avilán *et al.*, 1989). Posterior a la injertación se siguen las mismas recomendaciones descritas para el injerto de púa terminal.

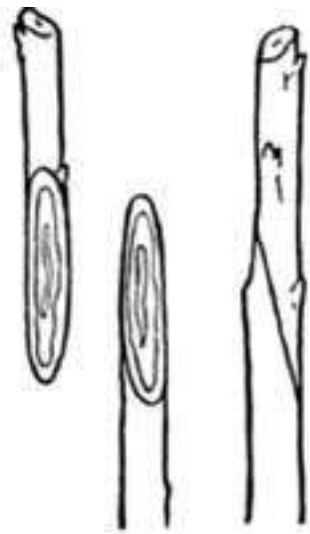


Figura 77. Injerto en bisel

Injerto de púa lateral o cuña

Por este sistema se puede injertar una púa, entre la corteza y la madera, en un lado del patrón, sin previa decapitación de éste. Se hace un corte de 5 cm en forma de lengüeta, sobre el patrón; la yema a injertar se corta en forma de púa; una vez cortada la yema, se debe insertar en el corte hecho en el patrón, a modo de cuña, procurando que coincidan los cortes (**Figura 78**); luego se cubre el sitio con una cinta plástica, de 12 cm de larga y 0,5 cm de ancha, la que se enrolla alrededor del sitio, ejerciendo una leve presión. Después de realizado el injerto, se deja cubierto por 20 días, al cabo de los cuales se destapa para verificar si prendió. Si el injerto prendió, la rama que brota se deja crecer un poco, después de lo cual se corta el patrón 2 a 5 cm por encima de éste (Holmquist, 1965; Ibar, 1979; Avilán *et al.*, 1989).



Figura 78. Injerto de púa lateral o cuña

Fotos: J. Bernal

Injerto de enchapado

Consiste en realizar un corte de 5 a 6 cm en forma de escudo en el patrón. De la variedad que se desea propagar se selecciona una rama terminal que contenga varias yemas, de las cuales se extrae una del mismo tamaño y forma de la que se sacó del patrón; ésta se coloca sobre el patrón, buscando que coincidan el corte y la yema y a continuación se amarran con cinta (Holmquist, 1965; Avilán *et al.*, 1989) (**Figura 79**).

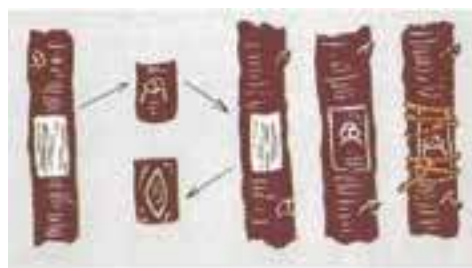


Figura 79. Injerto de enchapado

Fuente: http://haydeewong.tripod.com/injerto_t.html

Injerto de escudete

Es el método más antiguo de propagación asexual utilizado en los viveros de aguacate. Aun se usa cuando las estacas son escasas o muy caras, pero su utilización se limita a las épocas en que la corteza puede ser removida del portainjertos. La tasa de éxito no es muy alta, como la obtenida con el injerto de púa terminal (Bender y Whiley, 2007).

Este método consiste en tomar una yema con una pequeña porción de la madera subyacente de la variedad a injertar, mediante un solo corte realizado con un cuchillo filoso, comenzando con un corte a 10 mm por debajo de la yema y terminando a la misma distancia sobre ella. El corte es realizado dejando suficiente madera subyacente, como para que la yema se mantenga firme (Whitsell *et al.*, 1989).



El patrón a ser injertado debe tener un diámetro de la menos 12 mm (más o menos el grosor de un lápiz). Se hace un corte vertical de aproximadamente 12 mm a lo largo de la corteza y otro corte horizontal en la parte superior del primero, de modo de formar una T. Luego la yema con forma de escudete es insertada bajo la lengüeta de los dos lados del corte vertical, deslizándola desde la parte superior de estas. La yema es amarrada con una tira de polietileno o con una cinta de injertación de polivinil, dejando la yema expuesta (**Figura 80**). Actualmente se ha popularizado el uso de parafilm® para amarrar firmemente la yema al tallo. La yema puede ser forzada mediante la poda del portainjertos justo por encima de ésta, ya sea inmediatamente al momento del injerto o dos semanas después (Bender y Whiley, 2007).



Figura 80. Injerto de escudete

Fuente: http://haydeewong.tripod.com/injerto_t.html

Manejo de los árboles injertados en el vivero

En climas cálidos o en épocas de verano, las plantas jóvenes injertadas pueden sufrir deshidratación antes de que se produzca la unión fisiológica entre la estaca y el patrón. Las plantas producidas en invernaderos pueden ser colocadas en el exterior, para “endurecerlas”, lo cual requiere utilizar una malla de polisombra, con una retención entre 40 a 50%, una vez comience el crecimiento vigoroso de los injertos. Dos semanas después, las plantas

pueden ser expuestas a la radiación directa del sol, a modo de aclimatación, por dos semanas más, período al final del cual las plantas estarán listas para ser llevadas al campo para su siembra o comercializadas.

Injertación directa en campo

Esta práctica de injertación, que se ha venido difundiendo en los últimos años por parte de algunos productores de aguacate, consiste en la siembra directa de los patrones en el campo, para luego ser injertados con la variedad deseada, utilizando los diferentes tipos de injertación anteriormente descritos, siendo el más común el de púa terminal. Una vez realizado el injerto, este debe protegerse con una bolsa de papel parafinado, para evitar la deshidratación de la yema y los daños por la radiación directa del sol. Esta práctica presenta tanto ventajas como desventajas. Entre las ventajas, está el hecho de que el patrón que logra crecer bien en el sitio definitivo de siembra, garantiza la supervivencia de éste e indica que está adaptado a las condiciones del lugar. Además, una vez que la copa logra “prender”, el desarrollo de estos árboles puede ser superior a los obtenidos en el vivero, por estar ya aclimatado. Sin embargo existen algunas desventajas que hacen que esta práctica no sea la más utilizada, entre las que se destaca el bajo prendimiento en campo, lo que ocasiona gran pérdida de tiempo y obviamente de dinero.



Injerto de renovación de copa

Las ramas principales de los aguacates pueden ser injertadas en el campo cuando se necesita un polinizante o cuando es necesario cambiar un cultivar para atender especificaciones del mercado. También puede realizarse en árboles viejos, con daños físicos o patológicos que pueden renovarse total o parcialmente. Además, se puede pensar en cambiar la variedad mediante la eliminación de la copa y posterior injertación con otra variedad. En algunos casos es común introducir cultivares pertenecientes a grupos florales opuestos, que permiten la polinización cruzada, para aumentar la producción del cultivar principal, mediante el injerto de una rama o de árboles seleccionados. Árboles en buen estado de desarrollo son fáciles de injertar, creciendo más rápido que árboles de vivero, comenzando a producir frutos a los 2 o 3 años de injertados (Bender y Whiley, 2007).

Para realizar el injerto de renovación de copa es necesario cortar la copa del árbol hasta dejar un tocón, por debajo del comienzo de las ramas principales o de aproximadamente 75 cm por encima de la superficie del suelo, dependiendo del caso (**Figura 81**). Posteriormente se realiza el injerto, que puede ser efectuado de diferentes maneras.



Injerto de corona o corteza

Es un método en el cual estacas puntiagudas son insertadas por debajo de la corteza, en la superficie del *Cambium* del tronco cortado. Antes de comenzar el procedimiento, la corteza debe despegarse fácilmente del tronco, ya que esto indica que el *Cambium* está en crecimiento activo. Las púas aptas para este tipo de injerto deben tener entre 1 a 2 cm de diámetro y de 15 a 20 cm de largo. La parte de la púa que se proyecta sobre el tronco cortado debe tener entre 2 y 3 yemas y sobresalir unos 8 cm sobre el tronco. En troncos grandes normalmente se insertan 4 púas, mientras que en troncos de menor tamaño (15 cm de diámetro) se insertan 3 púas y en los de menos de 10 cm, solamente 2 púas. Las púas son fuertemente atadas al tronco cortado con una cinta de polivinil de 2,5 de ancho. El amarre correcto se realiza comenzando por la parte superior del tronco y continúa bajando en espiral, para terminar con un nudo, justo debajo de los cortes verticales. La superficie de corte del tallo debe ir sellada con una emulsión pura de asfalto o pintura acrílica blanca, para impedir la pérdida de humedad o la entrada de patógenos que puedan causar la pudrición de éste (Bender y Whiley, 2007) (**Figura 82**).



Figura 81. Detalle de un árbol para renovación o reconversión de copa

Foto: J. Bernal



Figura 82. Injerto de corona o corteza

Fotos: J. Bernal

Injerto de chupones

Para el injerto de chupones se deben rebajar los árboles a un tocón de 45 a 60 cm. A este tocón se le estimula para el crecimiento de chupones desde las yemas quiescentes en la base de los árboles. Cuando crecen los brotes, debe eliminarse parte de ellos, dejando de 3 a 5, bien ubicados y de mejor desarrollo, para posteriormente proceder a injertarlos (Figura 83). El método más común de injertación de estos brotes es el de púa terminal. Una vez hay prendimiento y los injertos han crecido, se eliminan los brotes indeseados así como los injertos no prendidos.



Figura 83. Injerto de renovación de copa, mediante el uso de chupones

Fotos: J. Bernal

Propagación *in vitro*

Este sistema consiste en propagar plantas vegetativamente, utilizando diferentes partes de ella, bien sea tejido, órgano o célula, para cultivarlo en un medio nutritivo y bajo condiciones asépticas, con el fin de obtener plantas idénticas en gran cantidad.

En general, para la mayoría de las especies frutales se utiliza el llamado meristemo o punto de crecimiento apical, como parte de la planta para propagar. Los meristemos se obtienen de las partes apicales de crecimiento y se siembran en un medio preestablecido y bajo condiciones asépticas.

El enfoque de la biotecnología es útil para desarrollar portainjertos de aguacate por las siguientes razones (Pliego *et al.*, 2007):

- Las selecciones de portainjertos podrán ser propagadas a menores costos.
- La identificación de variantes somaclonales con una mayor tolerancia a la pudrición de raíz por *Phytophthora* (van den Bulk, 1991) podría ser posible, en especial porque la resistencia a *P. cinnamomi* a nivel celular parece ser similar a la que se da a nivel de planta (Philips *et al.*, 1991).
- Puede explorarse la posibilidad de lograr una transformación con genes de proteínas relacionada con la patogénesis, tales como la 1, beta-glucosa y la chitinasa (Pliego *et al.*, 2007).

Son diversos los estudios de propagación *in vitro* realizados en aguacate, entre los cuales se destacan, la morfogénesis *in vitro*, el cultivo de brotes (jóvenes y adultos) (Figura 84), el cultivo de embriones, el cultivo de callos, la embriogénesis

somática, el aislamiento de protoplastos, entre otros; muchos de ellos son producto además, de transformación genética, mutagénesis, hibridación somática o aclimatación, con resultados aun no concluyentes (Pliego *et al.*, 2007).

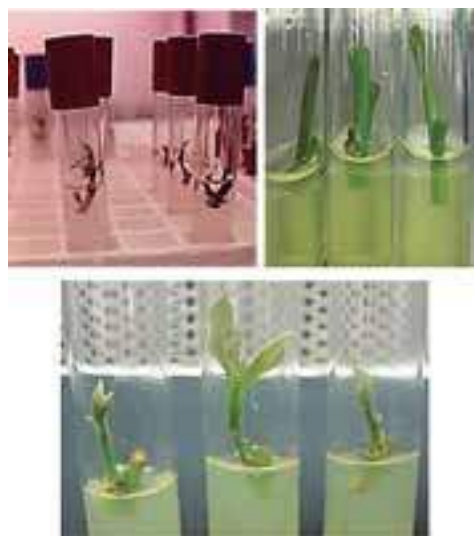


Figura 84. Propagación *in vitro* de aguacate, mediante microestacas.

Fuente: Jaramillo *et al.* (2007)

Esta técnica de propagación es ideal para la reproducción clonal de patrones, sobre los cuales posteriormente se injertan las variedades mejoradas. Ha mostrado ventajas en comparación con los sistemas tradicionales de propagación vegetativa, permitiendo una producción clonal masiva y rápida de plantas seleccionadas, bajo condiciones controladas, en un espacio o infraestructura reducida y con poca mano de obra; además, esta técnica permite un mayor control sobre la sanidad del material, obtener plantas libres de virus y se facilita el transporte del material *in vitro* para la siembra (Pliego *et al.*, 2007).

Los procedimientos *in vitro* para el aguacate son versátiles. Las plantas pueden ser regeneradas mediante ramificación axilar y embriogénesis somática. La micropropagación del tejido juvenil seguramente



será de utilidad para propagar selecciones patentadas de portainjertos, mientras que la micropropagación de plantas adultas, podría utilizarse en la reproducción de portainjertos a un menor costo. La embriogénesis somática en el aguacate facilitará la manipulación genética de las células somáticas, como la mutación *in vitro* y la selección, la transformación genética y la hibridación somática, mediante la generación de una nueva variabilidad no disponible mediante el mejoramiento convencional. Sin embargo, las frecuencias de regeneración particularmente de los embriones somáticos son muy bajas, por lo que es necesario mejorarlas (Pliego *et al.*, 2007).

Como para otras muchas especies de frutales, se ha trabajado activamente en la búsqueda de técnicas de cultivo de tejidos, aunque por el momento no existe ninguna segura y divulgable que haya ido más allá de trabajos experimentales. No obstante, los estudios prosiguen bien a partir de embriones inmaduros o a partir de yemas o tallos etiolados, previamente rejuvenecidos por injerto. Se debe destacar la utilidad de la inoculación de hongos micorrízicos para estimular el crecimiento de las plantas propagadas por cultivo de tejidos (Galán-Saúco, 1990).

En Colombia Mejía *et al.* (2009) injertaron yemas de árboles Antillanos, seleccionados por presentar "escape" a *Phytophthora* spp., sobre patrones Antillanos, para la producción de plantas madre que surtieran de yemas el proceso de clonación. Patrones clonales fueron producidos utilizando yemas aisladas de éstas, mediante la técnica de etiolación-doble injertación (EDI). Eficiencias de prendimiento, etiolación y enraizamiento de yemas de 83, 91 y 90% respectivamente, fueron obtenidas.

Propagación clonal de plantas etioladas

Esta técnica de propagación vegetativa, fue desarrollada con el propósito de obtener patrones clonales de aguacate con resistencia o tolerancia a enfermedades o a factores abióticos (sequía, salinidad, alcalinidad, entre otros), utilizando para ello una doble injertación. La etiolación de brotes (crecidos en ausencia de luz) para estimular la producción de raíces, fue descrita ya en 1937 y ha probado ser una técnica útil para especies de difícil enraizamiento (Gardner, 1937; Knight y Witt, 1937; Hartman y Kester, 1961). Frolich (1951) fue el primero en referirse al éxito de la etiolación para el enraizamiento de estacas fisiológicamente maduras de la raza Guatemalteca. El equipo del vivero Brokaw en California, modificó y mejoró la técnica de clonación creada por Frolich y Platt (1972), gracias a lo cual obtuvieron en 1977 una patente para utilizarla en los Estados Unidos. Posteriormente otros viveros adoptaron el método "Brokaw" bajo un acuerdo de licencia, hasta que la patente expiró en 1994 (Bender y Whaley, 2007).

Este tipo de propagación se puede realizar a nivel comercial, adoptando los siguientes o similares pasos basados en la técnica de Frolich y Platt (1972), modificada por Fernández-Galván y Galán-Saúco (1986).

Injerto en planta nodriza

En este método se siembra una semilla "nodriza" de aguacate, a un tercio de distancia del fondo de una bolsa de polietileno, de 30 cm de largo por 7 de ancho, doblada por la mitad, hacia afuera. Cuando las plantas alcanzan un diámetro de tallo de 7 mm, se injertan los cultivares a enraizar, con una púa del portainjertos deseado, con dos yemas, a 5-6 cm de los cotiledones (Galán-Saúco, 1990) (Figura 85).

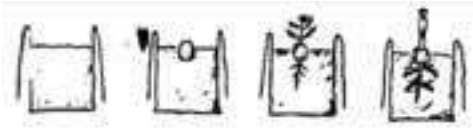


Figura 85. Injerto en planta nodriza

Etiolación

Una vez prendido el injerto y cuando las yemas empiezan a brotar, se llevan las plantas a una cámara oscura mantenida a una temperatura entre 18 y 25°C, donde permanecen hasta que desarrollan brotes etiolados, de unos 30 cm de longitud, con diámetro en la base algo inferior a 5 mm (Galán-Saúco, 1990).

Anillado y reembolsado

A continuación se sacan las plantas de la cámara, seleccionando el brote más vigoroso y eliminando en su caso, los restantes. Se coloca entonces un anillo de polipropileno rígido de 15 mm de largo, 5 mm de diámetro inferior y 1,5 mm de grosor de pared, seguido de una arandela metálica de 7 mm de diámetro interior y 14 mm de diámetro exterior. Si el grosor del brote etiolado fuese superior a 5 mm, los anillos deben ser de mayor diámetro (Galán-Saúco, 1990). En este momento, la bolsa es extendida a su tamaño completo y rellena con un sustrato húmedo.

El anillo entonces, induce el enraizamiento en el patrón deseado y al mismo tiempo por causa del estrangulamiento, mata la planta nodriza (Bender y Whiley, 2007). A partir de este momento, las plantas se dejan crecer normalmente, proceso que tarda un año, dejando a la estaca enraizada como un nuevo portainjertos clonal (Galán-Saúco, 1990) (Figura 86).

Otra modificación de esta técnica, es la utilizada en Sudáfrica, quienes para compensar los altos costos del vivero y la necesidad de obtener clones a bajo

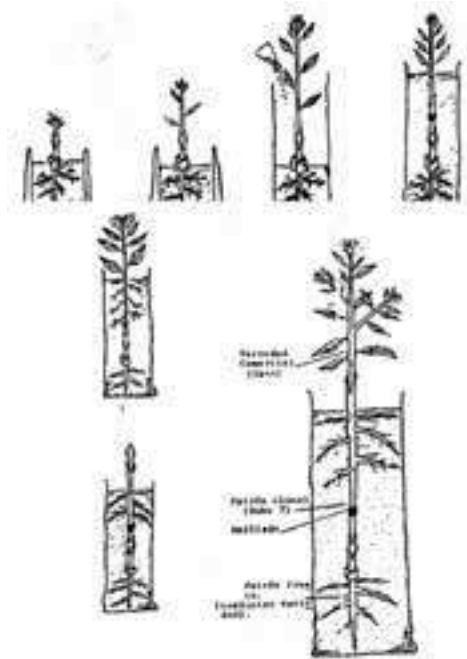


Figura 86. Propagación clonal de plantas etioladas

precio, para el uso en plantaciones de alta densidad (Ernst, 1999). En esta técnica se producen dos “microclones”, permitiendo el crecimiento durante la etiolación, los que posteriormente son tratados como plantas individuales, colocando la base etiolada de cada brote dentro de un microcontenedor de polietileno de 55 ml de capacidad, los que se rellenan con un sustrato enraizante. Con este sistema se han obtenido mayor producción de planta que con el sistema original de semilla nodriza (Bender y Whiley, 2007). El proceso completo de propagación desde la semilla nodriza hasta los microclones aclimatadas, tarda entre 8 y 12 meses y otros 8 meses para lograr un árbol para ser plantado en el campo. La semilla “nodriza” puede ser reutilizada para producir uno o dos clones mas, siempre que ésta tenga buen vigor (Ernst, 1999). Este sistema posee ventajas sobre el método “Brokaw”, ya que se pueden producir varios clones a partir de una planta “nodriza”, existe una completa separación de los dos sistemas



radicales del microclon y de la planta nodriza, de modo que el enraizamiento del microclon puede ser establecido definitivamente (**Figura 87**). Además, los pequeños microclones pueden ser transportados a bajo costo hacia otros viveros (dentro y fuera del país) donde pueden continuar su crecimiento hasta la venta (Ernst, 1999).

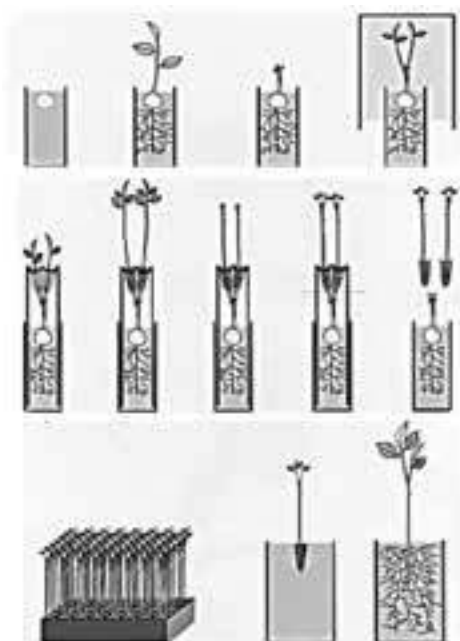


Figura 87. Sistema de propagación por microclones, utilizado en Sudáfrica (Ernst, 1999)

Establecimiento del cultivo

Selección del lote

La elección del lugar donde se piensa establecer el cultivo de aguacate es de fundamental importancia, ya que al ser una especie perenne, con una vida útil superior a 10 años, la buena ubicación de éste es la base para un adecuado manejo, mayor productividad y vida útil.

El lote debe estar ubicado cerca a vías carretables, que faciliten el transporte de insumos, materiales y de la fruta, que permitan la coordinación y supervisión de las prácticas agrícolas (**Figura 88**). Además, debe contar con una adecuada disponibilidad en calidad y cantidad de agua durante todo el año para la aplicación de agroquímicos (insecticidas, fungicidas y fertilizantes foliares).

Para elegir un lote donde se piensa establecer un cultivo de aguacate, se deben descartar zonas que puedan afectar cuencas y microcuencas hidrográficas; que estén cubiertas por bosques protectores conservadores o arreglos vegetales de flora en vía de extinción. La topografía más apropiada para el establecimiento del aguacate es la de tipo ondulada, con pendientes inferiores al 30%, ya que el cultivo en suelos con pendientes superiores, dificultan la realización de las prácticas de manejo agronómico. La principal característica física que debe el suelo para el establecimiento de un huerto de aguacate, es que éste no debe tener más del 28% de contenido de arcillas; suelos con contenidos mayores, bajo ninguna circunstancia deben ser sembrados con aguacate.



Figura 88. Lote apto para la siembra para aguacate
Foto: J. Bernal

Preparación del suelo

La adecuada preparación del suelo antes del establecimiento del cultivo es una práctica importante para alcanzar un buen desarrollo del mismo. Cuando se presentan subsuelos pesados o capas endurecidas, denominados *hardpan*, es necesario romper o subsolar éstas, para facilitar el drenaje y la aireación del suelo. No se debe sembrar si no hay un buen drenaje interno y externo.

Labranza mínima

La siembra con labranza mínima o reducida se ha generalizado en algunas zonas productoras. Para la preparación del lote, se debe cortar la vegetación existente a ras del suelo, guadañar o sobrepastorear; esperar que ésta, rebrote para aplicar un herbicida en cada sitio de siembra, preferiblemente sistémico, en el caso que el lote posea una especie gramínea agresiva. A continuación, se realiza el trazado del lote con azadón u otra herramienta apropiada; se debe remover la vegetación y picar el suelo en el área circundante a un metro de radio, a partir del centro del sitio de siembra.

Aunque la utilización de la labranza mínima es una práctica recomendable para la conservación del suelo, en muchas

zonas del país se ha demostrado que la realización de un subsolado y posterior rastrillado del suelo, favorece el desarrollo y crecimiento de los árboles de aguacate en el campo.

Diseño del huerto

El principio fundamental de los sistemas de cultivo es obtener luz (energía) y convertirla en dividendos económicos, principalmente en forma de productos vegetales basados en carbohidratos, aceites o fibras. Para incrementar la productividad, el diseño de cualquier sistema de cultivo debe optimizar la interceptación de la luz. Durante la vida del cultivo, de modo que se maximice la producción y se mantenga a través del tiempo. Debido a las necesidades de acceso a la plantación, los cultivos en huertos normalmente solo interceptan cerca de un 70% de la radiación invidente sobre las copas, la que puede demorar varios años en desarrollarse dependiendo del espaciamiento de la plantación (Jackson, 1980). En el aguacate, el desafío es reducir el tiempo entre la plantación y el desarrollo completo de la copa, así como el mantenimiento de la productividad del huerto una vez el árbol llega a su pleno desarrollo (Whiley, 2007).

Trazado

Esta labor se realiza 45 a 60 días antes de la siembra y consiste en señalar los sitios donde se van a sembrar las plantas de aguacate; esto se hace empleando estacas, señalando con azadón o con cal cada sitio, de acuerdo con la densidad de siembra. El tipo de trazado depende fundamentalmente de la topografía del terreno, teniendo en cuenta además, la dirección del recorrido del sol, de tal manera que ya sea que se siembre en cuadro o tresbolillo, se debe procurar que los árboles no se den sombra unos con otros.



Distribución espacial

Es la forma como son distribuidas las plantas en un terreno y depende de factores topográficos, edáficos y climáticos; el aguacate se siembra en el piso térmico frío, medio y cálido, donde la topografía es ondulada a quebrada, raras veces plana, por lo que el sistema más adecuado para la conservación de los suelos es siguiendo las curvas a nivel; dependiendo de la pendiente del terreno, se utiliza la siembra en cuadro o tresbolillo (triángulo). En general, en lotes con pendientes mayores del 20%, se recomienda la siembra en tresbolillo o triángulo (**Figura 89a**). Por este sistema se siembran un 15% más de árboles por unidad de área que en el sistema en cuadro. En lotes de topografía plana es preferible sembrar en cuadro (**Figura 89b**) o rectángulo (**Figura 89c**).



Figura 89. Distribución de siembra de aguacate
a: En triángulo o tresbolillo b: En cuadro c: En rectángulo
Fotos: J. Bernal; C. Osorio; Tapia

Densidad de siembra

Es el número de plantas que se pueden sembrar por unidad de superficie, lo cual depende de diversos factores como: la arquitectura de la planta, la variedad, la pendiente del terreno, las condiciones físicas y químicas del suelo, humedad relativa y luminosidad, entre otras (Whiley, 2007).

Al establecer un huerto, la elección de la densidad de siembra determina en gran medida el tiempo que tarda en desarrollarse completamente la copa, logrando la máxima interceptación de la luz. Sin embargo, son muchas las opciones de densidad de siembra y diseño del huerto para una determinada condición ambiental, social y económica. La elección debe apuntar a un balance apropiado entre la simpleza y la complejidad que corresponda con las habilidades que se posean para manejar y mantener el huerto (Whiley, 2007).

En lugares donde el costo de la tierra es bajo se pueden utilizar mayores distancias entre y sobre las hileras (desde 8 x 8, hasta 10 x 10 m, con 100 a 156 árboles/ha). Esto produce menores retornos en los primeros años del huerto y árboles más grandes y altos costos de cosecha (Hofshi, 1999). Sin embargo, las ventajas son el ahorro en los costos de remoción de árboles (práctica utilizada en altas densidades) y, generalmente, menores gastos en el manejo del riego, fertilizantes, etc. (Newett *et al.*, 2001). Para el aguacate en Colombia, se emplean diferentes distancias de siembra, las cuales se describen en la **Tabla 19**.

Las investigaciones de Stassen *et al.* (1995, 1998) han promovido el interés y el debate sobre el manejo de la copa en los huertos de aguacate, los que ha resultado en el desarrollo de nuevas técnicas de manejo basadas en sus conceptos. Algunas de ellas son discutidas a continuación.

Tabla 19. Distancias de siembra mas utilizadas en el cultivo del aguacate.

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

Huertos de media y alta densidad

El diseño de la mayoría de los huertos modernos de aguacate utiliza densidades de siembra medias a altas (6 x 4 a 9 x 7 m, con 159 a 416 árboles/ha). La topografía, el cultivar, los sistemas de poda y la conducción, se han convertido en los factores claves para la determinación del espaciamiento entre los árboles y el diseño el huerto. En California Platt *et al.* (1975), propusieron sembrar aguacate a una menor distancia, recomendando una estrategia de raleo (remoción) gradual de los árboles para combatir el enmarañamiento del huerto. Basándose en un espaciamiento inicial de 6 x 4,8 m (347 árboles/ha), antes que las copas empiecen a tocarse, se deben remover alternadamente los árboles dentro de las hileras (es decir los que están a una distancia de 4,8 m), quedando inicialmente el huerto a una distancia de 9,6 x 6 m; de nuevo, una vez que las copas de los árboles empiezan a tocarse, se eliminan en forma alterna, los surcos completos de árboles que están a 6 m de espaciamiento, quedando finalmente

el huerto a una distancia de 9,6 x 12 (87 árboles/ha). Esta práctica también puede hacerse con distancias iniciales de 6 x 6 m (278 árboles/ha), para luego obtener un huerto a una distancia de 12 x 12 m (69 árboles/ha) (Whiley, 2007).

Huertos de ultra-alta densidad

El tamaño de los árboles de aguacate, es uno de los mayores problemas que enfrenta la industria de esta especie a nivel mundial (Köhne y Kremer-Köhne, 1991). El negocio agrícola basado en producción de aguacates para la exportación, exige diseñar huertos altamente productivos en el corto y mediano plazo, con fruta de calibre exportable y con árboles fáciles de manipular en cuanto a labores agrícolas (Stassen, 1999).

Los huertos de ultra alta densidad han venido ganando espacio entre los cultivadores de aguacate en Chile, con el fin de aumentar su productividad. Actualmente, se pueden encontrar huertos comerciales de aguacate con distancias de plantación de 4 x 4, 4 x 3 y 4 x 2 m, con poblaciones de 625, 833 y 1.250 árboles/ha. respectivamente (Figura 90).



Figura 90. Huerto de aguacate sembrado en ultra alta densidad en Chile.

Fuente: Mena *et al.*, 2011.

Cabe anotar que la textura del suelo en la mayoría de las zonas productoras chilenas es de tipo franco arcillosas, con drenaje imperfecto, lo cual obliga a la construcción de camellones de 60 cm de altura y además con sistema de riego por goteo o microaspersión (Whiley, 2007).

Los árboles de menor tamaño en huertos de alta densidad, por encima de los 1.000 árboles por hectárea, además de mantener estructuras con mejor capacidad de producción y fruta de mayores calibres, permiten optimizar todas las labores agrícolas; sin embargo, se hace necesario el uso de estrategias de manejo para controlar el tamaño final de los árboles, luego de que éstos ocupan su espacio asignado, evitando así emboscamientos y pérdida de doseles productivos (Stassen, 1999), esto obliga a realizar podas de renovación en forma constante durante toda la vida del proyecto, por lo tanto, es necesario buscar mecanismos pasivos de control del vigor sobre los árboles en el tiempo (Figura 91).

Existen múltiples herramientas técnicas para el control del tamaño de los árboles; sin embargo todas ellas representan un costo importante dentro de las labores agrícolas, por este motivo cobra importancia potenciar la capacidad natural del árbol de mantener un tamaño de dosel

controlado, con el objetivo de mantener costo competitivos en el negocio agrícola (Cristoffanini *et al.*, 2011).



Figura 91. Forma columnar de los árboles sembrados en ultra alta densidad

Fuente: Mena *et al.*, 2011.



El tamaño de los árboles se reduce con un menor espacio asignado en el marco de plantación (Razeto *et al.*, 1992), lo cual se potencia con la designación de un espacio de perfil de suelo limitado (camellón), sistema de riego con mojamiento restringido al diámetro de copa deseado, control de programas nutricionales, entre otros, controlando la tendencia de los aguacates a crecer en forma vigorosa y a veces improductiva (Stassen, 1999) al competir con otro árbol en la hilera.

En esquemas de alta densidad, es necesario la conducción y formación del árbol desde la etapa de plantación (Stassen, 1995), siendo la conducción más relevante que el manejo de poda, hasta que el árbol ocupa su espacio asignado. Luego la manutención del árbol dentro del marco de plantación es fundamental (Razeto *et al.*, 1995), por ello la regulación del vigor por la vía de la generación de flores y producción frutal precoz, en los primeros años de desarrollo, y estable durante el período del proyecto, cobra especial relevancia (Cristoffanini, 2007), ya que ayuda a controlar el vigor de los árboles (Snijder *et al.*, 1998) y atenúan, a la vez, los problemas de añerismo o alternancia en esta especie frutal.

En marcos de alta densidad, cuando se ocupa el espacio asignado, bajo condiciones de crecimiento vigoroso, la luz

puede ser un factor de producción limitante (Stassen, 1999). Plantaciones en marco rectangular y una conducción de árboles en setos piramidales, aseguran una continua actividad fotosintética, además de una efectiva interceptación y penetración de la luz en el dosel (Stassen, 1999), lo anterior permite generar brotes y entrenudos con capacidad productiva (Cristoffanini, 2007). La mejor orientación para un seto piramidal es la Norte-Sur (Stassen, 1999). El control natural del tamaño del árbol en un seto piramidal permite podas menos intensas y bastantes simples, situación a considerar en plantaciones de grandes superficies. Por otra parte, la utilización de marcos cuadrados y conducción de árboles individuales con iluminación de cinco caras permite un aprovechamiento eficiente de la luz (Hofshi, 2004), sobre todo en orientaciones inadecuadas, como la de huertos ubicados en pendiente con camellones. Por otra parte, marcos cuadrados podrían ser más difíciles de manipular en temporadas con condiciones climáticas desfavorables para la floración y/o cuajamiento, generando problemas de producción, con efectos secundarios en el aumento del vigor (Whiley, 2007).

En Sudáfrica Köhne y Kremer-Köhne (1990, 1991) estudiaron la producción de aguacate en huertos de Hass en ultra-alta densidad, a 800 árboles/ha. Bajo estas condiciones el manejo del huerto se realizó con la ayuda del inhibidor del crecimiento paclobutrazol, aplicado al suelo en árboles jóvenes, además del anillado y el raleo de árboles. El anillado fue usado estratégicamente, 3,5 años después de la siembra. Las ramas más largas de cada segundo árbol del lote fueron anilladas y después de la siguiente cosecha, dichos árboles fueron removidos.

El reciente auge de la ultra-alta densidad en California se ha basado en la premisa



de mantener todos los árboles sembrados durante toda la vida del huerto, que se estima entre 10 y 12 años (Whiley, 2007). Los cultivares con una fuerte dominancia apical (acrotonía débil) que producen un único tronco dominante (Thorp y Sedgley, 1993) están siendo utilizados para extender la vida productiva de los huertos de aguacate en ultra-alta densidad. Los cultivares “Gwen”, “Lamb Hass” y “Reed”, son ejemplos de cultivares con un solo tronco dominante.

La poda en los huertos de ultra-alta densidad está dirigida a mantener la forma del árbol, su altura, la interceptación de luz y los accesos al huerto, además de asegurar la productividad continua. Esta debe ser implementada de tal manera que la carga de frutos se mantenga, ya que estos tienen un rol, principal en la reducción del vigor y la limitación del crecimiento horizontal, ya que el peso de la fruta empuja las ramas hacia abajo haciéndolas más verticales (Whiley, 2007).

Si bien parecen existir ventajas en el flujo de caja de los huertos de alta densidad, existen algunas desventajas que deben ser consideradas antes de adoptar esta estrategia. Algunos diseños de plantaciones particularmente aquellos en los que se elige un trazado cuadrículado, determinan que la orientación de las hileras (el acceso al huerto) se verá modificado cada vez que se renueve un árbol. Por esta razón la topografía del lugar debe ser apropiada para permitir el acceso desde varias direcciones. Pese a que actualmente la eliminación de árboles está altamente mecanizada, aun esta es costosa y deberá planificarse de modo de acomodarla a los ciclos de cosecha (Whiley, 2007).

Finalmente, hay que considerar el riesgo de padecer enfermedades, particular-

mente la pudrición de raíces causada por *Phytophthora*, a pesar de que en algunas situaciones, la marchitez debida a *Verticillium* también puede ser problemática (Whiley, 2007).

Para Colombia, el establecimiento de huertos en alta y ultra-alta densidad, especialmente con la variedad Hass para la exportación, presenta muchas limitaciones, por varias razones (aún con la remoción o entresaca de árboles). La mayoría de nuestras zonas productoras presentan condiciones climáticas que limitan este tipo de sistema de siembra, pues exhiben altas humedades relativas (mayores al 80%) y altas precipitaciones (mayores de 1.800 mm/año), lo cual facilita la dispersión de plagas y enfermedades. Existe además una mayor diversidad de plagas y enfermedades, las cuales se ven favorecidas por este sistema. Nuestros árboles, bajo condiciones tropicales, donde no existen épocas marcadas con bajas temperaturas, los árboles exhiben un crecimiento continuo de flujos vegetativos, mezclados con flujos reproductivos, lo cual supone un manejo muy complicado en la “programación” del cultivo. Los suelos, en general en Colombia, son de origen volcánico, de mediana a alta fertilidad y con contenidos medios a altos de materia orgánica, lo que trae como consecuencia un crecimiento exuberante de los árboles, lo que supondría podas intensivas durante todo el año, aumentando de esta manera los costos de producción. En este caso habría que establecer la relación costo/beneficio en cuanto al valor de la mano de obra, respecto a la productividad esperada y así definir el establecimiento de esta práctica. Es necesario entonces, mediante trabajos de investigación, evaluar huertos con altas y ultra-altas densidades en aguacate, antes de establecer cultivos comerciales sin la información disponible que avalen dicha práctica.

Huertos en forma de seto

Los huertos de aguacate plantados en forma de seto, en los que no se necesita remover árboles, son cada vez más aceptados y siguen un desarrollo similar al de las industrias de cítricos, mango y manzana (Jackson, 1985; Crane *et al.*, 1997). La orientación Norte-sur de las hileras favorece la máxima interceptación de luz, factor que se vuelve más importante en las latitudes más altas (Whiley, 2007).

El sistema de formación en setos podado mecánicamente para lograr la forma piramidal es, actualmente, muy popular en Australia, Israel y Sudáfrica (Lahav, 1999; Newett, 1999; Toerien, 1999), en lugares donde la topografía permite el tránsito de maquinaria pesada a través de los huertos (**Figura 92**).



Figura 92. Forma piramidal de los árboles sembrados en seto

Fuente: Mena *et al.*, 2011.

Sin embargo, debido al hábito de fructificación periférico del aguacate y a la persistencia de los frutos en el árbol, se requiere de estrategias de poda que minimicen el daño a la cosecha, manteniendo la productividad y regulando el tamaño del árbol (Whiley, 2007). La poda mecánica en forma de seto produce una pared densa de follaje, que dificulta la penetración de la luz y las aplicaciones foliares de agroquímicos (pesticidas o fertilizantes) al interior del seto, lo que puede ser evitado podando la paredes laterales del seto, siguiendo una estrategia de remoción periódica de las ramas largas. Esto se realiza normalmente una vez al año (Whiley, 2007).

Para obtener beneficios de esta forma de manejo de la copa, es importante que la poda sea realizada en la época correcta, particularmente en relación con la obtención de brotes florales maduros, ya que el mantenimiento de los árboles en estado productivo es la forma más efectiva de restringir el crecimiento de los brotes. También es importante cosechar la fruta tan pronto alcance la madurez comercial, para mantener cargas de fruta aceptables en los árboles (Whiley, 2007).

En Colombia este sistema en forma de seto, sería más adecuado que las siembras de alta y ultra-alta densidad, utilizando para ello distancias de 3,5 x 7,4 x 7,5 x 7 m, para poblaciones de 408, 357 y 285 árboles/ha, respectivamente, manejando los huertos con poda manual. Este sistema permite una mayor circulación del aire entre las calles del huerto, disminuyendo así las poblaciones de plagas y enfermedades que afectan al cultivo; los árboles dentro del surco no se podan, permitiendo que se entrecrucen; las podas por lo tanto se hacen en forma lateral, con lo cual, como su nombre lo indica, los árboles así manejados, forman un seto.



No todas las estrategias de manejo del cultivo del aguacate utilizadas a nivel mundial serán económicamente viables en todos los lugares donde se cultiva aguacate, por lo tanto se debe tener mucho cuidado al transferir tecnologías de un ambiente a otro, aunque hayan demostrado ser exitosas en países con mayor avance técnico. Estas consideraciones deben ser tomadas en cuenta, cuando se pretenden establecer en Colombia prácticas, como la siembra en altas densidades, que aunque se utilizan con éxito en Chile, California o Sudáfrica, no han sido suficientemente evaluadas en nuestro país como para ser adoptadas por todos los cultivadores de esta especie frutal, tendiendo en consideración que nuestras condiciones tropicales, difieren enormemente de aquellas donde esta práctica es comúnmente utilizada y que corresponde a condiciones subtropicales, con un ambiente muy diferente al nuestro.

Además de las respuestas del árbol a distintas prácticas de manejo, los productores deberá considerar la relación costo/beneficio, ya que el valor de dichas prácticas y los retornos de la fruta pueden variar significativamente, tanto entre, como dentro de cada uno de los países productores de aguacate.

Ahoyado

Esta labor se hace un mes antes de la siembra; consiste en hacer huecos en los sitios previamente demarcados, que tienen las siguientes dimensiones: desde 40 a 80 cm de diámetro x 40 a 80 cm de profundidad (**Figura 93**). En suelos más sueltos, se utiliza otra práctica para la siembra, que consiste en romper y picar en forma profunda el sitio de siembra, empleando una gambia (azadón de hoja más larga y angosta), dejando preparada un área de 90 cm de diámetro y 90 cm de profundidad.



Figura 93. Hoyos para la siembra de aguacate

Fotos: J. Bernal

Una vez se tengan los hoyos para la siembra o picado el sitio, en ellos se deben depositar e incorporar, de 2 a 5 kg de materia orgánica seca y descompuesta, la cual puede ser gallinaza compostada, humus o cualquier fuente orgánica comercial, con 500 g de cal agrícola o dolomítica, 250 g de roca fosfórica y suelo negro, suficiente para llenar el hoyo. Además, se ha demostrado que la inoculación de las raíces del aguacate en el momento de la siembra, con un buen inóculo de micorrizas vesículo-arbusculares (50 a 100 g/planta), aumenta considerablemente el desarrollo de las plantas favoreciendo la nutrición de las mismas. En etapa de vivero las plantas también pueden ser inoculadas con micorrizas, con la misma dosis y reinocularlas al momento de la siembra.

Trasplante al campo

Esta labor se hace una a dos semanas después del inicio del período lluvioso, aproximadamente, 180 a 200 días después del trasplante a bolsa; al momento de la siembra en el lote las plantas tienen entre 60 a 120 cm de altura.

En esta etapa, a las plantas cuya raíz principal haya superado la longitud de la bolsa, se les puede hacer una poda de

raíces; cuando las raíces se encuentran torcidas, se deben descartar las plantas para la siembra.

En el sistema tradicional de ahoyado, se deposita la planta sin la bolsa en el hoyo y sin disturbar el suelo que rodea las raíces; a continuación se llena el hueco con el suelo preparado, como se mencionó anteriormente y se pisa para extraer el exceso de aire. El árbol debe quedar en un montículo de 30 cm por encima del nivel del suelo, para evitar encharcamientos y pudriciones posteriores (Figura 94).



Figura 94. Siembra del aguacate en campo.

Fotos: J. Bernal

Plateo

Esta práctica tiene como propósito eliminar la competencia ejercida por otras especies alrededor del tallo del árbol y estabilizar el área circundante. El área circundante al área de siembra debe quedar desprovista de vegetación, al menos unos 140 cm de diámetro; esta labor se debe hacer previa a la siembra de las plantas en el campo; una vez establecido el cultivo, los plateos deben realizarse a mano o con productos químicos.

Uso de coberturas (mulching o acolchado)

El aguacate es originario de los bosques nubosos de las tierras altas y bajas de México y Centroamérica, donde se adaptó a suelos con abundantes desechos orgánicos superficiales que le proporcionan un sustrato bien aireado, rico en microorganismos y con alta capacidad de retención de agua (Wolstenholme, 2007). Bajo estas condiciones, se desarrolla un denso colchón de "raicillas alimentadoras" para aprovechar los nutrientes liberados por la vegetación descompuesta y absorber el agua de modo de satisfacer los requerimientos del árbol (Whiley, 2007).

La zona de desechos orgánicos también proporciona un tampón entre la interfase aire/suelo, moderando el impacto de los cambios atmosféricos en el ambiente radical y protegiendo las raíces carnosas de la deshidratación y los grandes cambios de temperatura (Gregoriou y Rajkumar, 1984) (Figura 95).

La domesticación del aguacate ha introducido a este frutal a un sistema de monocultivo, dependiente de fertilizantes químicos y pesticidas para reducir los costos de producción; hace tiempo se conocen los beneficios del uso de altos niveles de materia orgánica en suelos para



Figura 95. Uso de cobertura (Mulch) en huerto de aguacate.

Foto: J. Bernal

suprimir la actividad de la *Phytophthora cinnamomi* (pudrición radical) (Broadbent y Beker, 1974; Pegg y Whiley, 1987).

Antes que se desarrollaron fungicidas efectivos para el control de la pudrición de raíz a finales de los 70, el mulch con sustancias orgánicas para mantener la salud del árbol, era una práctica ampliamente utilizada en algunos países (Pegg y Whiley, 1987). Sin embargo, la disponibilidad de fungicidas sistémicos baratos y efectivos (como el ácido fosforoso) durante los 80, redujo la dependencia del uso de coberturas orgánicas, lo cual redujo su uso generalizado en los huertos de aguacate (Whiley, 2007). Pero no solamente el beneficio del uso de las coberturas se limita al control de enfermedades radicales, pues se ha demostrado en diversos estudios, que su uso, proporcionan beneficios adicionales, representados en aumento en peso promedio de frutos, en el número de frutos por árbol y en el rendimiento por ha. En Sudáfrica, en estudios llevados a cabo por Moore-Gordon *et al.* (1996,1997) y Wolstenholme *et al.* (1998), donde se aplicó una capa de 15 cm de corteza de pino compostada en un cultivo de Hass, se demostró que durante tres años de estudio, el promedio de peso de los frutos aumentó un 6,6%, el número promedio de frutos por árbol aumento un 14,7% y la producción (t/ha) se incrementó en un 22,6%.

Los beneficios en el desempeño del árbol probablemente se deben a un mayor crecimiento de las raíces en los árboles con cobertura y a una reducción del estrés. Esto último se evidenció en una menor temperatura del follaje (cerca de 3°C menos en el follaje, una menor cantidad de hojas fotoinhibidas durante el verano y otoño y una reducción del anillo necrótico del fruto ("ring-neck") (47% menos) y de la degeneración prematura de la cubierta seminal (39% menos) (Wolstenholme *et al.*, 1998).

Un material adecuado para la cobertura de los árboles de aguacate es aquel que posee una relación carbono:nitrógeno (C:N) entre 25:1 y 100:1 para evitar una fuerte reducción del nitrógeno como la que puede ocurrir por ejemplo con el uso de aserrín (relación C:N de 400-500:1) (Wolstenholme *et al.*, 1998).

En conclusión, en la mayoría de los casos, la práctica de reforzar los desechos naturales de las hojas bajo los árboles de aguacate, con materiales de cobertura es, probablemente, beneficiosa para la salud del árbol y para su desempeño productivo, aunque es esencial hacer una cuidadosa elección del material y su manejo para obtener todos los beneficios de esta práctica.

La elección de la cobertura y su aplicación alertarán sin duda los requerimientos de riego y de nutrientes del árbol, los que deberán ser cuidadosamente monitoreados para asegurarse de mantener un balance correcto. El uso de coberturas es también compatible con la sostenibilidad del huerto en un mundo donde la preocupación ambiental es creciente (Whiley, 2007).

En Colombia, bajo nuestras condiciones de cultivo, es recomendable que luego de realizar la práctica del ploteo alrededor de los árboles, así como la desyerba

mecánica en las calles del huerto, estos residuos sean incorporados en el plato del árbol, con el fin de formar un mulch o acolchado (**Figura 96**), el cual, como se mencionó anteriormente, presenta ventajas ampliamente demostradas.



Figura 96. *Uso de cobertura en huerto adulto de aguacate*
Foto: J. Bernal

Podas

Antes de comentar la práctica de la poda, es oportuno examinar con detenimiento el mecanismo fisiológico que regula el crecimiento de la planta de aguacate. El aguacate posee yemas terminales y laterales. No todas las yemas tienen la misma probabilidad de convertirse en brotes vegetativos. El crecimiento vegetativo tiene lugar, sobre todo, a partir de yemas apicales. Una buena parte de las yemas axilares se desprende y otra parte permanece en estado latente, y esto se cumple más escasamente para aquellas yemas formadas durante el período de máximo crecimiento vegetativo. La caída de yemas se da con menor intensidad hacia el final del período vegetativo, de forma que en el vástago que ha detenido su vegetación las yemas latentes están particularmente concentradas justo por debajo de la yema apical, en la zona de la rama que se caracteriza por entrenudos cortos (Calabrese, 1992).

Las condiciones tropicales en Colombia, suponen un manejo del árbol muy

particular, por lo que el tema de la poda debe ser analizado con detenimiento. La necesidad de recurrir a la poda aparece sobre todo en los países de la zona templada que producen aguacate, donde se requiere habitualmente aumentar al máximo la productividad de las superficies disponibles y disminuir los costos de producción (Calabrese, 1992).

La poda del aguacate es una práctica que se está extendiendo por las respuestas positivas obtenidas en plantaciones comerciales.

El aguacate por ser una especie siempre verde requiere una poda específica, distinta a la empleada en los árboles caducifolios. Por esta misma razón existe la tendencia a no podar el huerto, permitiendo que los árboles se desarrollen naturalmente y realizando solamente algunos aclareos cuando hay una cierta superpoblación en el cultivo. La poda en aguacate es una opción que se debe tomar con precaución y adoptando una forma racional para que los resultados sean positivos; además, esta práctica dependerá de la variedad, vigor y tendencia de crecimiento del árbol y de las condiciones de clima y suelo (Rodríguez, 1992).

En general, para la planificación de las podas se deben tener en cuenta los siguientes principios:

- Evitar el desequilibrio entre el follaje y la fructificación, pues existe una relación entre la cantidad de hojas (que sintetizan hidratos de carbono) y el desarrollo de los frutos (los cuales se alimentan de los fotoasimilados producidos por las hojas), de esta relación dependen los niveles de rendimiento por árbol y por hectárea (Rodríguez, 1992). Se estima que son necesarias aproximadamente 50 hojas



- para el llenado de un fruto de aguacate (Bisonó y Hernández, 2008).
- Para obtener buenos rendimientos es necesaria una cantidad adecuada de ramas productivas, si éstas son podadas se estimulará solo el crecimiento de hojas. En el aguacate las inflorescencias se presentan en las terminales.
- El desarrollo de la copa que constituye el árbol, debe ser armónico, sólido, bien equilibrado, aireado, vigoroso y con ramas dispuestas de tal manera que se faciliten todas las labores culturales, se obtengan ramas que resistan la acción de los vientos y que protejan al árbol de la acción directa de los rayos solares.
- Una vez formados los árboles de aguacate, se debe conseguir un perfecto equilibrio entre la producción de frutos y el desarrollo correcto y equilibrado de las demás partes del árbol; de no ser así, se tendrán unos años de gran producción de frutos, seguidos de otros en los que el árbol, al haber disminuido las reservas y tener que recuperarlas, sería de poca producción, es decir, irregular; esta es la llamada poda de producción.
- Es necesario conocer las diferencias que presentan los árboles en cuanto a la forma de la copa o dosel, dependiendo de la variedad que se está cultivando. Por lo anterior, hay que considerar copas de tipo columnar, piramidal, obovada, rectangular, circular, semicircular, semi elíptica, irregular u otra, para así dirigir la poda adecuadamente a nuestras condiciones (IPGRI, 1995).

La poda en aguacate dependerá en gran medida de la densidad de siembra y por tal razón, los huertos de alta y ultra alta densidad requerirán podas sistemáticas para mantener los árboles con suficiente luz, para lograr altas producciones.

Contrariamente, la poda en árboles sembrados a menores densidades, serán manejados de tal manera que no compitan entre sí, lo que supone un menor uso de esta práctica.

Recomendaciones para realizar las podas

Al efectuar la poda y con el fin de perjudicar lo menos posible al árbol y conseguir su pronta recuperación, se deben tomar las siguientes precauciones:

- Esta práctica se debe hacer en las primeras horas de la mañana, para reducir el estrés sobre la planta.
- Se deben usar herramientas, tijeras o navajas con buen filo; los cortes deben ser limpios y en bisel, teniendo cuidado de no magullar la corteza. Es necesario desinfectar las herramientas al pasar de una planta a otra; se pueden emplear para la desinfección, soluciones a base de hipoclorito de sodio, como Clorox o Límpido o a base de yodo como Vanodine o Agrodine; la dilución de estos productos debe ser al 1%. Por lo anterior, es aconsejable emplear dos herramientas, una que permanece sumergida en el desinfectante y otra con la que se realiza la labor de poda. Para prevenir la entrada de enfermedades por las heridas hechas, se debe aplicar un fungicida (Mancozeb, en dosis de 3,0 g/l) dirigido a los cortes de las plantas podadas.
- Cuando el grosor de la rama cortada supera 1,0 cm, se recomienda aplicar sobre la herida una pasta cicatrizante, la cual se puede hacer mezclando un insecticida, un fungicida y un sellante. También se puede usar pintura a base de agua para cubrir los cortes después de la poda.

Poda de formación

Consiste en cortar ramas, con el propósito de dirigir el crecimiento, estimulando la brotación de nuevas ramas, dándole una estructura equilibrada a la planta para potencializar su área productiva; esta poda se da en el vivero y en el campo. Antes de sacar las plantas del vivero, se les debe hacer la poda adecuada para poderlas plantar en el sitio definitivo, sin otra poda posterior.

Los aguacates, cuando se cultivan por semilla, tienen un crecimiento muy elevado, por lo cual se recomienda despuntarlos a una altura de 1,2 m. En el caso de los árboles injertos, éstos tienen un crecimiento más desordenado y en forma lateral; por lo tanto, solo se recortan las ramas que tienen dirección al suelo o que están muy cerca de éste, para evitar posibles enfermedades y el resto del árbol se deja a libre crecimiento o se despunta en caso de presentar chupones con marcada dominancia apical.

Es necesario advertir que tanto en el vivero como en los primeros años de establecimiento del cultivo, es necesario realizar la poda de brotes o chupones que crecen por debajo de la zona del injerto, ya que éstos son más vigorosos que la copa o variedad injertada, por lo tanto si no se les elimina, terminarán creciendo a un ritmo mayor, y finalmente por competencia, eliminarán la copa. El deschupone consiste en remover manualmente los brotes, cuando estos están jóvenes.

El aguacate se desarrolla mejor cuando se deja crecer en libertad, de tal forma que la poda de formación solo se debe limitar a pequeñas modificaciones, las más indispensables y juiciosamente elegidas. Solamente en el caso bastante frecuente de que el árbol crezca sin ramificaciones, dando lugar a un solo tronco muy elevado, se deberá corregir, cortando esta rama a

una altura conveniente para conseguir una ramificación oportuna. Así, sólo los cultivares de porte erecto requieren una poda de formación (Galán-Saúco, 1990); por ejemplo en el cultivar Reed, el cual presenta un comportamiento de crecimiento vertical, es recomendable realizar podas del líder central, con el fin de reducir su dominancia apical y estimular la brotación de ramas laterales.

Respecto a la poda de formación, Lynce-Duque (2011) menciona que la arquitectura ideal de árboles para las condiciones tropicales y en densidades medias, es la de forma de “copa”, con un tronco principal y cuatro tallos distribuidos espacialmente en el dosel, que se comportan como árboles individuales dentro del mismo árbol, dejando un espacio central no forzado, que permite entrada de luz a toda la copa desde su base. La selección de ejes principales se realiza a partir de los 3 meses después del trasplante en campo y consiste en la selección de 4 brotes o ejes en los árboles distribuidos en cuatro puntos cardinales, que serán sus tallos principales. El sentido de la poda es promover la formación lateral de los árboles a partir de estos 4 ejes, con la emisión permanente de brotes hacia la parte externa de la copa con una base estructural bien formada.

Poda de mantenimiento

Consiste en la eliminación de las ramas enfermas, afectadas por insectos o muertas, brotes improductivos (generalmente los que nacen dentro de la copa y compiten por nutrientes) y ramas que ya produjeron, que podrían ser foco de patógenos y afectar partes vitales del árbol, incluyendo los frutos. La poda debe efectuarse tratando de modificar en lo posible el crecimiento irregular del árbol. Con podas ligeras y frecuentes se pueden conservar las plantas a una altura adecuada a cada variedad y en función del suelo y el clima.



Se deben eliminar aquellas ramas que compitan entre sí. Dentro de esta poda se considera la poda de descope de los árboles en producción. Ésta consiste en retirar la parte terminal de los árboles, de tal forma que no superen una altura superior al 70% de la distancia entre plantas. Por lo tanto árboles sembrados 7 metros deben mantenerse en una altura inferior a los 4,9 m.

Poda de renovación, cambio de copa y reconversión

Cuando en un huerto las copas de los árboles han sobrepasado su distancia de siembra y los árboles entrecruzan sus ramas, es necesario recurrir a ciertas podas para mantener distancias adecuadas en la plantación, de tal forma que permitan una adecuada iluminación y circulación del aire y por ende un crecimiento equilibrado de los árboles, con miras a una producción máxima. En otros casos, cuando se tienen árboles poco productivos, de un material de baja calidad comercial o indeseado para las necesidades particulares, el cual no satisface las necesidades del mercado, se puede recurrir también a un sistema de cambio de copa. En estos casos se recurre a la poda de renovación, la cual consiste en el corte de las ramas que forman la copa del árbol, para estimular la formación de una nueva o para renovar ésta por medio de injertos, utilizando para ello variedades mejoradas o variedades locales o regionales, destacadas por su aceptación en el mercado y seleccionadas en la finca o zona de producción.

La poda de renovación debe realizarse gradualmente para no afectar en forma severa la producción; para ello se recurre a diferentes sistemas de poda, ya sea eliminando las ramas principales del árbol, dejando solo un tronco principal a 1,5 m de altura y permitir que el árbol crezca de nuevo y se "renueve", haciéndolo

en surcos intercalados o realizando podas laterales, podando solo el 50% del árbol entre los surcos, para posteriormente hacerlo en la otra mitad del mismo, una vez se logre producción en la parte que se podó.

Existe una modificación a la poda de renovación, denominada poda de reconversión, la cual consiste en podar los troncos de los árboles a una altura aproximada de 1,5 m, surco de por medio y posteriormente realizar injertos en corona con la variedad deseada. Por lo general esta práctica se realiza en cultivos de edad avanzada, con frecuencia establecidos a bajas densidades (10 x 10 m, 100 árboles/ha o 12 x 12 m, 70 árboles/ha); en este caso, con la poda de reconversión se aprovecha para incrementar la densidad de siembra, estableciendo dentro del surco, un árbol y de esta manera quedando el huerto a una distancia de 5 x 10 m, 200 árboles/ha, o 6 x 12 m, 140 árboles/ha).

En general, las podas deben realizarse en épocas de buena disponibilidad hídrica, pues si se realizan en épocas secas pueden tener un efecto negativo en el árbol, causando deshidrataciones severas y hasta la muerte del mismo.

Manipulación de los crecimientos vegetativos y reproductivos

El aguacate puede tener una floración abundante con un período prolongado de la misma. Al mismo tiempo que la floración progresa se incrementa la competencia entre el fruto y el crecimiento vegetativo. Esta competencia se hace más aguda en inflorescencias indeterminadas, en las cuales el ápice vegetativo inicia su crecimiento durante o después de la elongación de la inflorescencia. El brote vegetativo continúa su expansión

durante la antesis y amarre del fruto (Zilkah *et al.*, 1987; Cutting y Bower, 1990; Whiley, 1990; Bower y Cutting, 1992). En forma individual o en combinación, estos factores pueden reducir el amarre de frutos. La manipulación de la floración para cambiar estas relaciones en forma temporal podría ayudar a incrementar el amarre de frutos y el rendimiento (Téliz, 2000).

La poda, el anillado y la aplicación de reguladores de crecimiento son prácticas culturales que se usan comercialmente en algunas regiones aguacateras. Su propósito es regular el crecimiento vegetativo para manipular la intensidad de floración y reducir la alternancia productiva (Téliz, 2000). Contrario a lo que tradicionalmente se ha publicado sobre el cultivo del aguacate, se sabe ahora que la poda es necesaria para controlar la arquitectura de la copa del árbol, así como la complejidad de sus ramas y con esto aumentar la productividad; sin embargo, la información disponible sobre esta práctica parece ser contradictoria (Téliz,

2000), especialmente en condiciones tropicales.

Thorp *et al.* (1993) como resultado de la poda obtuvieron un mayor crecimiento vegetativo comparado con los brotes no podado de la misma edad. Los brotes vegetativos resultantes produjeron pocas flores y tuvieron menos amarre de frutos que los brotes no podados. Probablemente el uso de retardantes de crecimiento, como paclobutrazol, pudiera ayudar a reducir la magnitud del crecimiento vegetativo resultante de la poda. El efecto de la poda selectiva del brote vegetativo producido por las inflorescencias indeterminadas sobre el tamaño y calidad del fruto fue estudiado por Bower y Cutting (1992). No se observó incremento en el rendimiento, sin embargo, debido a la poda continua se aumentó tanto el tamaño del fruto, como su contenido mineral. Esto confirmó la existencia de competencia entre el fruto en desarrollo y el brote vegetativo de las inflorescencias terminales (Téliz, 2000).

Alternancia productiva

Los problemas de poco amarre de frutos y baja producción pueden ser incrementados por otro problema que es común a la mayoría de las áreas productoras de aguacate, la alternancia productiva. La alternancia, vecería, añerismo o bianualidad productiva es un fenómeno que se caracteriza por un año de cosecha abundante (año "alto") seguido por un año de baja producción (año "bajo") (Monselise y Goldschmidt, 1982). La magnitud de la alternancia es variable entre diferentes zonas productoras y entre cultivares de las distintas razas (Téliz, 2000). La presunta inhibición de la floración, debido a la presencia del fruto,

es variable entre árboles y entre ramas de un mismo árbol (Hoad, 1984; Téliz, 2000).

El rendimiento en huertos jóvenes de aguacate bien manejados, normalmente muestra una tendencia ascendente o sólo una ligera variación, a medida que el huerto crece. Un ciclo de alternancia por lo general será el resultado de condiciones de manejo del huerto o de las condiciones del medio ambiente, que resultan, ya sea en una excepcional carga de los cultivos o en una muy pobre (Garner y Lovatt, 2008). Previo a esto, el balance vegetativo:reproductivo favorece el crecimiento vegetativo.



Aunque el fruto de aguacate con su alto y costoso contenido energético de aceite, hace que haya altas demandas en la fábrica fotosintética de las hojas, bajas producciones son fácilmente obtenidas a pesar de poseer un gran número de éstas (Wolstenholme, 1991).

Salazar-García y Lovatt (2000) encontraron que la alternancia productiva parece ser un problema más severo en climas subtropicales templados como en California, Chile, Sudáfrica, España, Nueva Zelanda y Australia. En clima semicálido húmedo, como en Uruapan, Michoacán, en México, la alternancia productiva parece ser de menor magnitud. Una cosecha abundante puede suprimir el número e intensidad de los flujos vegetativos, así como reducir la intensidad de la floración y retardar el tiempo de la antesis (Hodgson y Cameron, 1935; Lahav y Kalmar, 1977; Salazar-García *et al.*, 1998).

La primera producción en un año "alto" en un cultivo, cambia el balance del mismo a favor de un crecimiento reproductivo (floración, cuajamiento y crecimiento del fruto), lo cual coloca a la copa del árbol bajo una muy grande demanda fotosintética. Aunque la tasa fotosintética aumenta en las hojas cerca a los frutos éstas no pueden suministrar las necesidades, debido a las altas demandas de carbón (energía) por parte de los mismos. Menores reservas de carbón son entonces dejadas para los renuevos vegetativos (raíces y flujos de crecimiento) y para los nuevos sitios de fructificación, esenciales para la próxima estación de fructificación. El resultado es un año de baja producción, por lo que la alternancia empieza a ser "arrastrada", debido al efecto detrimental del año "alto" en la subsecuente floración y fructificación del siguiente año (Schaffer *et al.*, 1987).

La alternancia varía con las condiciones ambientales, el cultivar, el porta injertos y el manejo agronómico. Ésta es peor en

ambientes bajo estrés (de clima y suelo). Puede ser un problema a escala nacional, regional, en diferentes lotes dentro de un cultivo y aún en diferentes ramas en un árbol. Una vez es "arrastrada" esta sólo puede ser reducida hasta cierto punto, mediante un paquete completo de intervenciones de manejo (Lomas y Zamet, 1994).

Alternativamente, fuertes fenómenos ambientales como ciclones, tormentas, huracanes, granizo, sequías o inundaciones, entre otros, pueden cambiar este patrón. Enfermedades (especialmente pudrición por *Phytophthora*, agravada por el estrés de una pesada "carga") y plagas, agravan la alternancia. Condiciones climáticas desfavorables en el período crítico floración/fructificación, pueden causar en el cultivo una falla en el inicio de un año "alto" (Lomas y Zamet, 1994).

Dos principales teorías han sido propuestas para explicar porque el desarrollo del fruto (en un año "alto"), inhibe la floración y fructificación en la próxima estación (cultivo "off"). La teoría del "agotamiento del almidón" resultado de un año "alto", implica que la floración y fructificación para el año "bajo" tendrá lugar en árboles con una gran reducción de reservas en la energía de los carbohidratos.

Esto es totalmente cierto en aguacate, especialmente cuando la cosecha es demorada o mantenida en el árbol (Whiley *et al.*, 1996 a, 1996 b), pero no es una explicación muy satisfactoria de la alternancia. El estatus de reservas de los carbohidratos es en el mejor de los casos un índice del estado general de los árboles, pero muy variable bajo diferentes escalas, ambientes y tecnologías de manejo, de tal forma que puedan ser una medida rutinaria de predicción. Scholefield *et al.* (1985) fueron los primeros en establecer la estrecha relación entre las reservas de almidón y la producción en aguacate.

Una versión más reciente de la hipótesis del agotamiento de nutrientes (principalmente carbohidratos) en un cultivo de aguacate muy cargado, establece que las semillas de los frutos inhiben la floración por la exportación de hormonas, especialmente giberelinas (GA), las cuales tienen un efecto anti floración. Aplicaciones de giberelinas inhiben la floración en muchos huertos frutales, donde las concentraciones de esta hormona en las semillas son muy altas. Sin embargo, una explicación alternativa igualmente válida es la que establece que las semillas compiten con los ápices de crecimiento por la hormona de la floración (Dennis y Neilsen. 1999).

En aguacate, es fácil observar el efecto inhibitorio de una fructificación alta sobre la iniciación floral de los brotes en una rama, comparada luego con una producción muy baja en ésta. Wolstenholme (2001) sugiere que la alternancia es mejor entendida si se establece como una jerarquía de factores controlables (hormonas, reservas de carbohidratos, decisiones de manejo) e incontrolables (clima y suelo, cultivar y porta injertos, evolución, ecofisiología) que la causan. Siendo el principal factor el gen que causa la alternancia, pero aun debe ser identificado.

La alternancia o vecería es más común en cultivares como el Hass o el Fuerte, siendo una característica muy marcada en zonas subtropicales (Bergh, 1986; Téliz, 2000). Con el fin de evitar esta alternancia, se realizan algunas prácticas como la poda y el anillado que se usan comercialmente en algunas zonas aguacateras. Su propósito es regular el crecimiento vegetativo, para manipular la intensidad de la floración y reducir la alternancia productiva (Téliz, 2000).

En determinados cultivares, como el Hass, establecidos al Sur de España, se acostumbra podar las ramas en

la parte superior de la copa de los árboles, para equilibrar la producción y combatir la alternancia. De hecho, ha sido recomendada esta poda, en fase de prefloración, después de un año sin producción ("bajo"), como práctica para aumentar el rendimiento en Hass (Farré et al., 1987; Galán-Saúco, 1990).

El efecto positivo de esta práctica, según sus autores, puede explicarse por el hecho frecuentemente observado que cuando se obtiene una fructificación excesiva en Hass, no se emite el brote vegetativo que ocurre normalmente al final de cada panícula, con lo que se produce un crecimiento vegetativo inadecuado y en consecuencia se reduce considerablemente la próxima floración. Se consigue además, evitar golpes de sol, ya que la brotación que sigue a la poda, protege el resto del árbol (Farré et al., 1987; Galán-Saúco, 1990).

Anillado de las ramas o incisión anular de ramas

Esta es una práctica complementaria de la poda; su función es estimular la fructificación o aumentar el tamaño de los frutos. Se ha sugerido que una floración pobre en las áreas tropicales, se debe a una falta de reservas de carbohidratos, posiblemente debido a las altas tasas de respiración en condiciones de temperaturas cálidas. Se ha reportado que el anillado, el cual incrementa las reservas dentro de las ramas anilladas, aumenta la formación de yemas florales y por ende la producción.

El anillado, incisión anular o rayado de corteza son términos utilizados en horticultura para describir la separación completa del floema de una rama o tronco de un árbol, ya sea mediante la incisión angosta o mediante la remoción de una franja de corteza (de 1 a 2 cm de ancho), sin dañar el tejido del *Cambium* subyacente (Noel, 1970) (Figura 97).



Si es llevado a cabo correctamente, la herida producirá un tejido calloso y finalmente sanará, recuperando las funciones fisiológicas normales de la parte afectada del árbol (Whiley, 2007). El anillado se debe realizar en una o varias de las ramas principales del árbol.



Figura 97. Detalle de anillado en ramas y cicatrización posterior
Fotos: J. Bernal

El efecto del anillado es restringir el transporte vía floema de la hojas a las raíces. Esto resulta en la acumulación (en la parte superior a al sitio del anillado) de carbohidratos, nitrógeno, así como de otros nutrientes y hormonas.

Se ha propuesto que el anillado promueve la floración en aguacate (Ticho, 1971), pero no se tiene evidencia que sustente tal situación. Los efectos del anillado sobre el rendimiento del aguacate han sido muy erráticos (Lahav *et al.*, 1971;

Bergh, 1986). El uso de esta práctica para estimular la floración en árboles que tardan en pasar del estado vegetativo al reproductivo, si tiene un efecto positivo muy marcado; para tal situación, se recomienda, el anillado en la base, de dos o tres ramas principales, para repetir de nuevo la práctica al siguiente año.

La mayoría de los reportes que existe sobre podas y anillado en aguacate no especifican el estado de desarrollo de las yemas al momento del tratamiento. Es importante considerar la fenología del brote vegetativo y de la inflorescencia para poder hacer una interpretación confiable de los resultados. La falta de esta información podría explicar el éxito limitado de las prácticas de poda y anillado en aguacate (Téliz, 2000). El anillado ha tenido una amplia aplicación práctica en cultivos arbóreos, pero es utilizado más comúnmente para aumentar la floración y cuajamiento de frutos, a pesar de que sus resultados no son siempre los esperados. Desde los comienzos de la tecnificación del cultivo del aguacate el uso del anillado para la manipulación de los árboles ha tenido resultados diversos. Durante un tiempo la técnica fue adoptada por algunos agricultores innovadores; sin embargo, pasados los años, perdió popularidad (Whiley, 2007).

Recientemente, en trabajos realizados en cultivos tecnificados durante varios años y en diferentes zonas productoras del país, se ha logrado establecer que el anillado, en las condiciones tropicales, incrementa la productividad de los árboles que son sometidos a la labor. Esto se da no solo por el aumento de la producción en kilogramos de frutas por unidad, sino por el ingreso extra que puede percibirse, al tener la posibilidad de programar las cosechas para las épocas de mayor precio de venta. Para aguacate Hass, un anillo de 1,2 cm de ancho hecho en una rama,

se cierra en 5 - 7 semanas; esta presenta inicio de floración 8 - 10 semanas después de haberse anillado y, dependiendo de la altura sobre el nivel del mar (>altura >tiempo), presentaría cosecha a las 34 - 50 semanas luego de la floración. Para aguacate Lorena y otras variedades de consumo interno el cierre del anillo e inicio de floración son iguales, pero la cosecha se da a las 22 - 28 semanas luego de la floración (Lynce-Duque, 2011).

Según Lynce-Duque (2011), para las condiciones tropicales, el anillado de ramas se puede realizar prácticamente en cualquier momento del año, obteniendo los mismos resultados citados, salvo en los momentos donde las brotaciones vegetativas son muy fuertes y ocupan toda la copa del árbol. La mayor respuesta de los árboles se da cuando el anillado se realiza en las ramas con alto número de hojas maduras. El anillado de ramas no puede realizarse en árboles con síntomas de estrés marcados. Hacerlo en estos árboles incrementa la posibilidad de muerte de los mismos.

Reguladores de crecimiento

Los reguladores de crecimiento son normalmente definidos como compuestos sintéticos aplicados exógenamente para modificar el crecimiento de las plantas y pueden estar relacionados ya sea por compuestos químicos que imitan la acción hormonal o ser idénticos a la hormona natural. Los reguladores de crecimiento son muy utilizados en la horticultura y juegan cada vez un papel más importante en la producción del aguacate (Whiley, 2007).

De los reguladores de crecimiento, el que más se ha usado como una herramienta para manejar la época e intensidad de la floración en frutales, es el ácido giberélico (AG3), el cual inhibe la floración y retrasa la fecha de antesis (Téliz, 2000). En ese

sentido, aplicaciones de giberelinas puede controlar la alternancia productiva, inhibiendo la excesiva floración, mientras se favorece el crecimiento vegetativo de brotes; de esta manera se evita un año "alto" y se regula producción del huerto. Salazar-García y Lovatt (1998, 2000) han utilizado aspersiones de GA3 para manipular la floración en aguacate, tanto en ramas individuales como en todo el árbol. Aspersiones de 100 mg/l de GA3 aplicadas en el inicio del invierno antes de la floración, redujo el número de inflorescencias, incrementó el número de brotes vegetativos y redujo la producción en un año "alto" hasta en un 47%, lo cual indica una respuesta deseable para quebrar o modificar la alternancia.

De otro lado, los triazoles son un grupo de reguladores de crecimiento vegetal químicamente relacionados, los cuales inhiben la biosíntesis de las giberelinas al ser aplicados a la planta en forma exógena (Davis *et al.*, 1998), los cuales contrariamente a lo que sucede con las giberelinas, tiene un efecto marcado sobre el crecimiento vegetativo, al inhibirlas, favoreciendo de esta forma la floración (Whiley, 2007). Dentro de este grupo, el paclobutrazol (Cultar®) y uniconazol (Magic® o Sunny®) tienen un igual modo de acción al ser aplicados a las plantas (Noguchi, 1987).





Fisiología en el aguacate

La comprensión de las respuestas fisiológicas y de crecimiento del aguacate al medio ambiente es fundamental para minimizar el impacto negativo de las condiciones ambientales adversas y desarrollar así estrategias de manejo, con el fin de conseguir una máxima productividad (Schaffer y Anderson, 1994). El conocimiento de la fenología, hábitos de crecimiento y ecología del aguacate, es esencial para interpretar las respuestas fisiológicas a los factores ambientales (Schaffer y Whiley, 2007).

Fotosíntesis

La actividad fotosintética es un indicador del crecimiento y la productividad de un cultivo. En efecto, el crecimiento y la producción dependen marcadamente del reparto de carbohidratos.

Aumentar la producción en especies subtropicales de fructificación poliaxial terminal, como es el caso del aguacate, plantea un desafío para el manejo agrónomico, ya que el árbol presenta una tendencia natural al crecimiento vegetativo, lo que resulta en una mayor asignación de materia seca, en detrimento del desarrollo de órganos reproductivos (Whiley *et al.*, 1988; Wolstenholme, 1990).

Factores medioambientales como la luz, temperatura y concentración de CO_2 , afectan la fotosíntesis, la respiración y el reparto de carbohidratos. Así, árboles de aguacate sin fruto sometidos durante 6 meses a una atmósfera enriquecida con CO_2 , incrementaron la producción de materia seca, principalmente en las raíces (Schaffer *et al.*, 1999).

La distribución de fotoasimilados está regulada por las interacciones fuente-

sumidero. Las fuentes son exportadores y los sumideros importadores netos de fotoasimilados (Ho, 1988). El orden de prioridad de la demanda es función de la tasa de crecimiento (actividad del sumidero) y del tamaño del sumidero (número de frutos). El orden, generalmente, es: semilla > pulpa de los frutos = ápices de brotes y hojas > *Cambium* > raíces > tejidos de almacenamiento (Wolstenholme, 1990). Las hojas jóvenes, mientras se hallan en expansión, son fuertes sumideros que compiten con otros órganos demandantes de la planta hasta que alcanzan su tamaño definitivo, momento en que se convierten en exportadoras netas (Ho, 1988).

Radiación solar

La disponibilidad de luz incidente es el factor que, probablemente, ejerce la mayor influencia sobre la fotosíntesis en un huerto frutal. En el aguacate, dependiendo de la magnitud en el crecimiento de los flujos vegetativos, la transmisión de luz es variable; así, en flujos abundantes, el traspaso de luz hacia la zona de fructificación se reduce a un 40%, respecto a la zona de plena iluminación y a distancias de 0,5 y 1,0 m dentro de la copa desde la zona de fructificación, ésta se reduce a 14% y 10%, respectivamente. De otro lado, en flujos más tenues, la transmisión de la luz a la zona de fructificación con plena iluminación disminuye a un 13% y en los puntos internos (0,5 y 1,0 m) a 9,7% y 6,3%, respectivamente (Whiley *et al.*, 1992). La intensidad y duración de la iluminación son factores determinantes de la floración (Coutanceau, 1964) y es de amplio conocimiento que la floración y fructificación son menos abundantes a la sombra que bajo plena luz (Meyer, 1960).

Cuando la iluminación es baja, respecto de sus requerimientos, el crecimiento vegetativo se reduce, tanto en número como en longitud de los brotes, así como en el tamaño de las hojas, resultando en un menor desarrollo del árbol y una menor actividad fotosintética. Ello provoca diferencias de crecimiento entre las zonas sombreadas y soleadas de un árbol. Así, las partes altas de la planta, tienden a formar copas aparasoladas debido a una falta de renovación del material vegetativo que debería originarse desde las partes internas del árbol (Gil-Albert, 1992). De este modo, en el interior del árbol se originan numerosas ramificaciones y la densidad de ramillas exteriores reduce la iluminación y por lo tanto, la floración en su interior; sólo la parte exterior de la copa con iluminación adecuada presenta floración satisfactoria (Coutanceau, 1964).

En las hojas de la mayor parte de las especies el máximo de actividad fotosintética se alcanza con intensidades lumínicas muy por debajo de la luz solar. Gil-Albert (1992) señala que la falta de luz afecta la inducción y diferenciación floral, en razón del bajo nivel de carbohidratos acumulados. Adicionalmente, el desarrollo de las flores y la posterior fructificación también se ven afectada.

La tendencia al crecimiento vegetativo (Wolstenholme, 1990), ayuda a superar la competencia por luz en las copas del bosque tropical lluvioso, y el bajo punto de compensación lumínico contribuye a maximizar la fotosíntesis de los árboles en su hábitat espontáneo. Copas completas sólo absorben un 65 - 70% de la energía radiante disponible, limitando de esta forma el potencial de producción (Jackson, 1980). En la mayoría de los huertos de cultivos templados, métodos tales como podas selectivas permiten la maximización de la luz absorbida por la copa. Pero la tecnología para los

frutales tropicales no está tan avanzada y no es posible, generalmente, una poda selectiva, debido al crecimiento continuo que comporta la falta de un período de latencia. Así, los resultados con especies frutales de clima templado han demostrado los beneficios de maximizar la absorción de la luz dentro de la copa; sin embargo, falta, todavía, información sobre estos fenómenos en especies tropicales, como es el caso del aguacate (Whiley y Schaffer, 1994).

Fenología y desarrollo vegetativo del aguacate

El aguacate se caracteriza por tener un crecimiento rítmico monopodial, es decir, con un crecimiento de una yema vegetativa terminal del eje central de cada brote que permanece y continúa su desarrollo año tras año, y es un ejemplo del modelo arquitectónico de Rauh, uno de los más frecuentes de las zonas templadas y tropicales (Thorp, 1992). El tronco forma ramas que son morfogénicamente idénticas al tronco y las flores se originan lateralmente sin tener un efecto sobre el crecimiento de los brotes, aunque en algunos brotes existen flores en posición terminal, siendo el crecimiento subsecuentemente simpodial. Los brotes que son los elementos más pequeños de éste modelo arquitectónico, presentan un patrón de crecimiento predeterminado y se pueden formar por prolepsis o silepsis. El predominio relativo de prolepsis y silepsis es establecido por la interacción entre la dominancia apical y la acrotonía. Esta interacción parece estar genéticamente determinada y refleja diferencias en la forma de los árboles entre los distintos cultivares (Thorp y Sedgley, 1992).

Las yemas pueden ser axilares o apicales. El árbol crece principalmente desde las yemas apicales, debido a que las yemas



axilares se desprenden o permanecen en estado latente (Calabrese, 1992). El vigor del crecimiento completo del árbol y la producción de fruta dependen del tiempo y extensión de los eventos fenológicos, lo cual está bajo el control de la disponibilidad de carbono y energía y de su distribución (Wolstenholme y Whiley, 1989) en respuesta a las condiciones medioambientales (Scholefield *et al.*, 1985). Las hojas requieren alrededor de 40 días desde su salida de la yema hasta la transición de sumidero a fuente (Whiley, 1990). Durante este período pueden competir por fotoasimilados

con los frutos en desarrollo (Biran, 1979; Buchholz, 1986; Cutting y Bower, 1990).

El aguacate a lo largo del año puede tener uno o más ciclos vegetativos seguidos de un período de crecimiento radical. Las raíces comienzan su crecimiento cuando el primer crecimiento vegetativo comienza a declinar. Posteriormente, comienza un segundo período de crecimiento vegetativo, restableciéndose de esta manera el equilibrio entre una fase de crecimiento radical y otra vegetativa (Calabrese, 1992; Hernández, 1991).

Biología reproductiva del aguacate

Floración y fenología

La fisiología de la floración en árboles frutales ha recibido poca atención, especialmente bajo condiciones tropicales (Téliz, 2000; Mullins *et al.*, 1989). Los principales factores que influyen la transición a la floración son: fotoperíodo, temperatura y disponibilidad de agua. La temperatura es el factor que bajo condiciones tropicales mayor influencia tiene en la floración (Téliz, 2000; Bernier *et al.*, 1993).

Cuando se presentan períodos con temperatura por debajo de 6°C, se da el estímulo para que el árbol pase del estado vegetativo al estado reproductivo. El crecimiento vegetativo del aguacate se da en distintos flujos que pueden presentarse una, dos, tres o más veces durante el año. No todas las ramas contribuyen a cada flujo, lo cual da como resultado, una copa compuesta por hojas y brotes de varias edades. Debido a la presencia de brotes y yemas de diferentes edades y estados de desarrollo, hay una variación considerable en la proporción de ápices vegetativos que continuarán,



Figura 98. a. Inflorescencia determinada
b. Inflorescencia indeterminada.

Fotos: J. Bernal

ya sea, el crecimiento de los brotes o la formación de inflorescencias (Téliz, 2000). Las flores del aguacate están dispuestas en panículas que se forman en la parte terminal de las ramas (Calabrese, 1992; Galán-Saúco, 1990). Las inflorescencias del aguacate pueden ser de dos tipos: determinadas, en las que el meristemo del eje primario forma una flor Terminal, e indeterminadas (**Figura 98a**), en las que se forma una yema en el ápice del eje primario de la panícula que continúa con el crecimiento de un brote (**Figura 98b**) (Reece, 1942; Schroeder, 1944; Salazar-García y Lovatt, 1998; Salazar-García, 2000). Sin embargo, esta definición no es del todo cierta, pues se ha observado que las llamadas inflorescencias determinadas, pueden presentar yemas vegetativas latentes, que eventualmente brotan luego de cuajado el fruto o permanecen latentes y/o mueren durante el desarrollo del mismo, lo cual indica que finalmente ambos tipos son indeterminados, pero con diferencias en el tiempo.

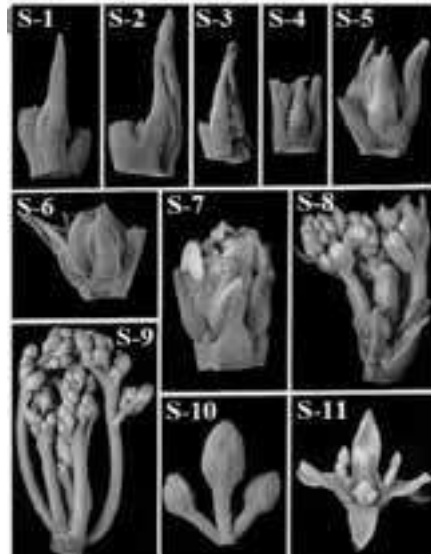


Figura 99. Escala de desarrollo floral en aguacate (Salazar-García et al., 1998)

Aubert y Lossois (1972) describieron 13 estados fenológicos dentro de la fenología de las especies arbustivas, repartidos en tres períodos: 5 estados para la fase vegetativa, 5 estados para la floración y 3 estados de fructificación. Sin embargo, dicha escala gráfica no clarifica la evolución de dichos estados y excluye el proceso dicógamo de la floración del aguacate. Salazar-García et al. (1998) plantearon en el aguacate una escala macroscópica y microscópica de 11 estados desde la yema cerrada hasta la antesis de la flor (**Figura 99 y Tabla 20**).

Esta escala relaciona el aspecto externo de las yemas con el grado de desarrollo del meristemo floral, pero tampoco refleja la evolución, en este caso, de los estados femenino y masculino de la flor, ni los estados de fruto cuajado.





Tabla 20. Descripción de los estados de desarrollo de yemas apicales reproductivas de aguacate 'Hass' (Salazar-García et al., 1998).

Estado	Descripción Macroscópica	Descripción Microscópica
1	Yema cerrada y puntiaguada localizada dentro de las dos últimas hojas sin expandir del brote.	Meristemo del eje primario cónico y con brácteas. Uno a dos meristemos de eje secundario en la axila de las brácteas.
2	Yema cerrada y puntiaguada, las dos últimas hojas están expandidas y maduras.	Meristemo del eje primario aplanado y con brácteas separadas. Uno a tres meristemos de eje secundario en las axilas de las brácteas.
3	Yema cerrada y puntiaguada. Senescencia parcial de las escamas de la yema.	Meristemo del eje primario cónico. Cuatro meristemos de ejes secundarios de la inflorescencia.
4	Escamas separadas. Expansión de las brácteas de la inflorescencia hacia todos los lados de la yema.	Meristemos del eje primario aplanado. Diez meristemos de ejes primarios de la inflorescencia.
5	Aumento del tamaño de la yema. Escamas separadas.	Elongación de ejes secundarios más viejos, con ejes terciarios presentes. Desarrollo inicial del periantio de flores terminales de ejes secundarios y terciarios.
6	Yema redondeada. Solo las bases de las escamas exteriores permanecen. Presencia de las brácteas de inflorescencia que la protegen.	Elongación de meristemos de ejes secundarios más jóvenes. Los ejes secundarios más viejos están completamente formados, incluyendo la cima de las flores. Flores con periantio completo y se observan anteras con su tejido esporangéneo. El gineceo está en la formación inicial del lóculo.
7	Las brácteas de la inflorescencia se abren. La inflorescencia empieza a emerger.	Continúa el desarrollo de estambres y gineceo. En las anteras se distinguen las células madre del polen y las células nutricias. Inicia la formación del óvulo.
8	Elongación marcada de los ejes secundarios (estado coliflor). Los ejes terciarios todavía están cubiertos por sus brácteas. Se observan flores pequeñas sin abrir.	Presencia de todas las partes florales. Meiosis ha ocurrido en los lóculos de las anteras y las microsporas son evidentes. Formación de integumentos del óvulo.
9	Elongación de ejes terciarios. La cima de flores es evidente. La yema vegetativa en el ápice de la inflorescencia indeterminada es visible.	Microsporas con capas de exina bien desarrolladas. El óvulo está en posición anátropa con su megaspora.
10	Las flores están completamente diferenciadas pero cerradas.	Flor completa con órganos sexuales maduros y listos para antesis. Mitosis de las microsporas han dado origen a los granos de polen bicelulares.
11	Antesis. Rompimiento de la yema vegetativa en el ápice de la inflorescencia indeterminada. Se inicia el flujo vegetativo.	El estigma podría estar receptivo y el polen podría ser liberado.

Estados fenológicos en aguacate

Cabezas *et al.* (2003) realizaron una identificación de estados-tipo dentro del ciclo de la floración y fructificación del aguacate, considerando aspectos morfológicos de las yemas y el comportamiento de la floración respecto a la dicogamia que presenta. Los autores presentan un modelo fenológico con 10 estados, desde yema en latencia hasta el fruto tierno, basado en la propuesta de Aubert y Lossois (1972). A continuación se describe el modelo propuesto

Estado A – Yema en latencia: Las yemas se muestran cerradas, son de forma aguda, de color amarillo-grisáceo y están cubiertas por escamas pubescentes visibles y no lignificadas. Estas yemas aparecen en los brotes del ciclo vegetativo anterior y pueden ser terminales o axilares en la parte superior del brote, siempre cercanas a la yema apical (**Figura 100**).



Figura 100. Estado A.
Foto: Cabezas *et al.*, 2003

Estado B – Yema hinchada: Las escamas oscurcidas de las yemas se separan y extienden hacia el exterior. La yema se hincha y redondea como consecuencia de la morfogénesis de la inflorescencia. Las brácteas anaranjadas que protegen la inflorescencia se hacen visibles (**Figura 101**).



Figura 101. Estado B. Yema hinchada.
Foto: Cabezas *et al.*, 2003

Estado C – Aparece la inflorescencia: Las brácteas de la inflorescencia se han abierto. Los botones florales de color verde pálido se aprecian entre las bracteolas amarillo-verdosas, que protegen los primordios de los racimos de la panícula y los botones florales (**Figura 102**).



Figura 102. Estado C.
Foto: Cabezas *et al.*, 2003



Estado D1 - Botones florales. Eje secundario visible: El eje primario y los ejes secundarios de la inflorescencia sufren su elongación y se hacen visibles. Los botones florales se diferencian individualmente pero se muestran agrupados en la panícula. Las bracteolas aún protegen los botones florales en los racimos de la panícula. En la base de la inflorescencia, permanecen las brácteas y escamas iniciales, algo más oscurcidas (Figura 103).



Figura 103. Estado D1
Foto: Cabezas *et al.*, 2003

Estado D2 - Botones florales. Eje terciario visible: Se produce la elongación de los ejes terciarios de la inflorescencia. El eje primario y los ejes secundarios continúan su alargamiento. Los botones florales se separarse y se reconocen los racimos en la panícula. Las bracteolas, presentes aún en la base de los ejes terciarios, se muestran extendidas hacia el exterior y desecadas (Figura 104).



Figura 104. Estado D2.
Foto: Cabezas *et al.*, 2003

Estado E - Botón amarillo: Los ejes de la inflorescencia están completamente elongados y las flores diferenciadas en los racimos de la panícula. La mayoría de las bractéolas se han desprendido y, si las hay, se encuentran marchitas. Los tépalos de los botones florales son evidentes y presentan sólo en su extremo distal un leve viraje de verde a amarillo; dejan de estar fuertemente unidos (Figura 105).



Figura 105. Estado E.
Foto: Cabezas *et al.*, 2003

Estado F - Floración: La antesis de las flores de la panícula se produce de forma escalonada y sincronizada. El estado F se divide a su vez en 10 subestados fenológicos donde cada flor realiza dos aperturas, una como estado femenino, expresado con el subíndice f, y desarrollado en 3 subestados, y otra en estado masculino, expresado con el subíndice m, y representado por 5 subestados diferentes.

Entre ambas fases, se produce un cierre intermedio y por último, el cierre definitivo de la flor (subíndice c). A continuación se describen:

Fase femenina

Subestado F1f - Flor abriendo en fase femenina: La antesis de la flor ha comenzado. Los tépalos se abren hasta un ángulo aproximado de 45°. El pistilo, de color blanco-verdoso, se muestra erecto y con el estigma fresco. Los estambres presentan un filamento corto y verde y se encuentran apoyados y protegidos sobre los tépalos. En las anteras blanquecinas se distinguen las valvas cerradas. Los estaminodios, de color amarillo, comienzan a segregar néctar (**Figura 106**).

Subestado F2f - Flor abierta en fase femenina: La flor está completamente abierta. Los tépalos se disponen en un plano perpendicular al eje de la flor. El pistilo continúa erecto con el estigma fresco. Los estambres, mas cortos que los tépalos, se muestran flexionados sobre éstos y con las anteras no dehiscidas. Los estaminodios se encuentran erectos y segregan gran cantidad de néctar (**Figura 107**).

Subestado F3f - Flor cerrando en fase femenina: Los estambres con anteras no dehiscidas se levantan e inclinan hacia el centro de la flor hasta tocar el pistilo aproximadamente a un tercio de su longitud. A la par que los estambres, se levantan los estaminodios (que segregan poco néctar) y los nectarios. Un poco más retrasados, los tépalos empiezan a cerrar. El pistilo continúa erecto y el estigma fresco (**Figura 108**).

Subestado F1c - Flor cerrada: Los tépalos están completamente plegados protegiendo en su interior las estructuras reproductivas; En este subestado presentan mayor longitud que antes de su antesis y un leve viraje a amarillo. En la mitad de cada tépalo se observa un pequeño surco resultado de su plegamiento en la primera apertura (**Figura 109**).



Figura 106. Subestado F1f
Foto: Cabezas et al., 2003



Figura 108. Subestado F3f
Foto: Cabezas et al., 2003



Figura 107. Subestado F2f
Foto: Cabezas et al., 2003



Figura 109. Subestado F1c
Foto: Cabezas et al., 2003



Fase masculina

Subestado F1m - Flor abriendo en fase masculina: La segunda apertura de la flor ha comenzado. Los tépalos más alargados que en la fase anterior abren hasta un ángulo de 45°. El estigma comienza a oscurecerse. Los estambres del verticilo interior se encuentran erectos y alcanzan la altura del pistilo. Los estambres del verticilo exterior acompañan a cada tépalo en la apertura, curvados y distanciados del pistilo. Las anteras aún no están dehiscidas pero se distinguen las valvas de apertura. Los estaminodios y los nectarios se observan frescos aunque segregan poco néctar (Figura 110).



Figura 110. Subestado F1m
Foto: Cabezas et al., 2003

Subestado F2m - Flor abierta en fase masculina. Anteras no dehiscidas: La flor está abierta. Los tépalos amarillean y alcanzan la perpendicular al eje de la flor. Los estambres del verticilo exterior quedan a un ángulo de 45°. Las anteras continúan cerradas. Los estambres del verticilo interior permanecen unidos al pistilo. El pistilo permanece erecto pero el estigma se ha oscurecido (Figura 111).



Figura 111. Subestado F2m
Foto: Cabezas et al., 2003

Subestado F3m - Flor abierta en fase masculina. Primera dehiscencia: Las anteras de los primeros estambres abren sus valvas. Los tépalos continúan su despliegue más allá de la perpendicular al eje de la flor. Los nectarios se muestran levantados y segregan gran cantidad de néctar. Los estaminodios comienzan a marchitarse (Figura 112).



Figura 112. Subestado F3m
Foto: Cabezas et al., 2003

Subestado F4m - Flor abierta en fase masculina. Dehiscencia completa: La flor alcanza la apertura máxima. El verticilo exterior de tépalos se dobla hacia abajo, el verticilo interior permanece perpendicular al eje de la flor. Todos los estambres muestran sus anteras abiertas. El estigma aparece marchito. Los nectarios continúan frescos y segregando néctar. Los estaminodios se desecan (Figura 113).



Figura 113. Subestado F4m
Foto: Cabezas et al., 2003



Figura 114. *Subestado F5m*
Foto: Cabezas et al., 2003



Figura 115. *Subestado F2c*
Foto: Cabezas et al., 2003



Figura 116. *Estado G. Marchitez de pétalos*
Foto: Cabezas et al., 2003



Figura 117. *Estado H. Cuajado.*
Foto: Cabezas et al., 2003

Subestado F5m - Flor cerrando en fase masculina: La flor está cerrando. Primero se levantan los estambres del verticilo exterior hacia el pistilo y seguidamente los tépalos, ahora amarillos, se pliegan hacia el centro de la flor. El pistilo aparece sinuoso y con el estigma oscuro. Los nectarios han dejado de segregar néctar (**Figura 114**).

Subestado F2c - Flor cerrada de forma definitiva: La flor ha cerrado definitivamente. Los tépalos son largos y muestran en la mitad de su longitud las marcas de las dos aperturas anteriores. En el interior, los estambres han rodeado al pistilo y el ovario queda protegido (**Figura 115**).

Estado G - Marchitez de tépalos: Los tépalos se marchitan desde el ápice hacia la base. Las flores toman forma cónica. Las piezas verticiladas del interior permanecen agrupadas (**Figura 116**).

Estado H - Cuajado. El ovario de color verde engrosa en el centro de las flores que han sido polinizadas y fecundadas. El estigma y el estilo desecan aparecen unidos al extremo superior del ovario. Las restantes piezas florales, también marchitas, se abren forzadas por el crecimiento del ovario. Los restos del androceo aún persisten (**Figura 117**).

Estado I - Fruto tierno. Los restos de tépalos y androceo se han desprendido y el pedúnculo del fruto ha engrosado. La expansión de la pequeña baya da lugar a un fruto de forma piriforme, globosa u ovalada con un número variable de lenticelas en su epidermis según cultivar (**Figura 118**).



Por su parte Bárcenas *et al.* (2002) propone tres escalas fenológicas para el cultivo del aguacate cv. Hass, que comprende cinco etapas en las fases vegetativas, de floración y de fructificación (**Figuras 119 a 133**).

Fase vegetativa



Figura 118. Estado I.

Foto: J. Bernal



Figura 119. Etapa 1. Corresponde a una rama que ha tomado su crecimiento y que posee una yema terminal cerrada y puntiaguda.

Foto: J. Bernal



Figura 120. Etapa 2. La yema terminal está hinchada de coloración amarillenta y las escamas que la cubren empiezan a separarse.

Foto: J. Bernal



Figura 121. Etapa 3. En el extremo del brote aparecen 4 o 5 hojitas.

Foto: J. Bernal

Fase de floración



Figura 122. Etapa 4. Se trata de un brote juvenil más avanzado, cuyas hojas presentan una coloración rojo oscuro.
Foto: J. Bernal



Figura 123. Etapa 5. Finaliza la maduración de las hojas, las que toman una coloración verde.
Foto: J. Bernal



Figura 124. Etapa 1. La yema apical amarilla e hinchada con separación de escamas superiores (etapa 2 de la fase vegetativa), mientras que las yemas axilares se hinchan y se tornan de color verde claro.
Foto: J. Bernal



Figura 125. Etapa 2. Las brácteas se abren y la inflorescencia empieza a emerger, se distinguen claramente los botones florales, claro.
Foto: J. Bernal



Figura 126. Etapa 3. Los ejes florales secundarios se alargan.
Foto: J. Bernal



Figura 127. Etapa 4. Elongación de ejes terciarios, las flores están completamente diferenciadas pero cerradas.

Foto: J. Bernal



Figura 128. Etapa 5. Los pedúnculos florales se separan y se abren los sépalos (apertura de la flor o antesis).

Foto: J. Bernal

Fase de fructificación



Figura 129. Etapa 1. Frutos de 1 a 15 mm de diámetro. De amarre (secos recubren el ovario, están visible), a aceitunas.

Foto: J. Bernal



Figura 130. Etapa 2. Frutos de 16 a 39 mm de diámetro.

Foto: J. Bernal



Figura 131. Etapa 3. Frutos de 40 a 50 mm de diámetro.

Foto: J. Bernal



Figura 132. Etapa 4. Frutos mayores de 51 mm de diámetro, que aún conservan el color verde claro.

Foto: J. Bernal



Figura 133. Etapa 5. Frutos mayores de 51 mm de diámetro, pero de color verde oscuro, listos para corte (3/4 de sazón).

Foto: J. Bernal

Factores que afectan a la floración del aguacate

La temperatura es uno de los factores principales del cambio de la fase vegetativa a la reproductiva. Los cultivares de aguacate subtropicales pueden sólo producir yemas florales si se mantienen bajo un régimen de temperaturas frías. Para el cultivar Hass, el régimen 23°C/18°C (día/noche) es el punto crítico cercano para la floración. Después de la inducción floral, el desarrollo de las yemas florales ocurre adecuadamente para temperaturas de 25°C/20°C (Nevin y Lovatt, 1989; Salazar-García *et al.*, 1999).

El estrés hídrico no induce la floración bajo un régimen no inductivo de alta temperatura, pero la aumenta bajo un régimen inductivo de bajas temperaturas.

Sin embargo, en este caso la floración se retrasa y sólo se presenta alrededor de un mes después de que ha cesado el estrés hídrico (Chaikiattiyos *et al.*, 1994).

La aplicación de ácido giberélico influye en la iniciación y desarrollo floral, pero su efecto depende del estado de desarrollo en el momento de la aplicación (Salazar-García y Lovatt, 1998, 1999, 2000; Salazar-García *et al.*, 1998). Durante la inducción floral o dos semanas más tarde, aplicaciones de 100 mg por litro de ácido giberélico a las yemas apicales no interfiere en el proceso de inducción y la producción de inflorescencias apicales no se ve afectada. No obstante, cuando aplicamos a yemas axilares al final del período de bajas temperaturas, una gran proporción de éstas permanecen latentes, aparentemente suprimidas por el brote apical.

Inducción y diferenciación floral

Poco se sabe aún sobre la biología reproductiva de esta especie, y la mayoría de los trabajos se han hecho para la zona de California. Se ha señalado que los primeros signos anatómicos de la iniciación floral son detectables en otoño o comienzos de invierno, dependiendo de la raza de aguacate y de la localidad (Scholefield *et al.*, 1985; Thorp *et al.*, 1993). Además, se ha sugerido que el proceso de iniciación floral ocurre sólo después de que los brotes entran en un período de reposo (Davenport, 1982, 1986).

La diferenciación y desarrollo florales en el aguacate ocurren, generalmente, en otoño e invierno, cuando la duración del día es inferior a 12 h y las temperaturas son relativamente bajas. La temperatura es el principal factor responsable de los cambios de la fase vegetativa a la fase reproductiva. Los cultivares de aguacates subtropicales, que se desarrollan con éxito en los trópicos a elevadas altitudes y en los subtrópicos con inviernos moderados, pueden producir yemas florales sólo si se mantienen bajo regímenes de temperaturas frías (Gazit y Degani, 2007).

Cuajado y caída de órganos reproductivos

Los cultivares de aguacate pueden llegar a producir miles de inflorescencias, cada una de las cuales, a su vez, pueden estar constituidas por más de 100 flores, de forma que el número total de flores por árbol puede ser más de un millón (Sedgley y Alexander, 1983). Un millón de flores parece ser un número típico para un árbol de aguacate adulto (Bergh, 1986). Sin embargo, tan solo uno o dos frutos por cada inflorescencia podrían alcanzar la madurez.



Un buen número de frutos cosechados por árbol puede estar entre 200 a 300 (Bergh, 1986; Whiley *et al.*, 1988), aunque esto puede variar entre cultivares, pudiendo llegar hasta 1.000 frutos por árbol. Así, la producción de frutos en el aguacate pueden representar tan solo del 0,002 al 0,02% de la cantidad de flores producidas por un árbol (Salazar-García, 2007), aunque el amarre o cuajamiento varía entre el 0,02 al 0,1% (Chandler, 1958; Bergh, 1967). El amarre inicial de fruto en el aguacate es relativamente alto, pero la caída de frutos pequeños al inicio de su desarrollo es considerable (Téliz, 2000).

La mayoría de las inflorescencias que produce un árbol son indeterminadas y raramente forman una nueva inflorescencia (Schroeder, 1944), aunque en bajo ciertas condiciones ambientales esto puede variar, como en el cv. Hass en Michoacán, México (Salazar-García, 2007). Se estima que del 5 al 20% de todas las inflorescencias producidas por un árbol de aguacate son determinadas (Schroeder, 1944; Salazar-García y Lovatt, 1998). El potencial de amarre de cada tipo de inflorescencia es diferente. Basados en datos de amarre inicial de frutos (Bertling y Köhne, 1986) predijeron un amarre de frutos más alto para las inflorescencias determinadas del aguacate cv. Fuerte. Se cree que el reducido amarre de fruto en las inflorescencias indeterminadas se debe a una competencia con el crecimiento vegetativo, el cual se desarrolla en el momento en que las inflorescencias están amarrando frutos, lo que supone que si al momento de la floración se establece un programa incorrecto de fertilización, riego, poda, etc., prácticas que estimulan el crecimiento vegetativo durante el período crítico para la retención del fruto, da como resultado un incremento en la caída del fruto y pérdida de producción. Esto se debe a que existe una competencia por carbohidratos, agua y/o reguladores de crecimiento, entre otros (Téliz, 2000).

Los frutos de aguacate que no cuajan se dividen en dos grupos, provenientes de flores polinizadas, pero en las que no se alcanzó la fertilización, y provenientes de flores polinizadas y fertilizadas que dan lugar a un embrión normal y semillado (Lovatt, 1990).

Bajo condiciones favorables, los aguacates cuajan más frutos que los que el árbol es capaz de llevar hasta la madurez. En estas condiciones, la planta ajusta su capacidad de nutrir a los frutos modificando su número, esto es, provocando la caída masiva de frutos recién cuajados durante las primeras tres a cuatro semanas y nuevamente, cuando el fruto ya ha alcanzado entre un 10% y un 40% de su tamaño final (Whiley *et al.*, 1988; Wolstenholme *et al.*, 1990).

Sedgley (1987) observó que durante la primera semana después de la antesis el 80% de los frutos caídos procedían de flores polinizadas pero no fertilizadas. Sin embargo, un mes después de la antesis todos los frutos caídos habían sido fertilizados y presentaban un normal desarrollo del embrión y del endospermo. Razeto (2000) señala que esta caída de frutos podría tener su origen en un aporte limitado de asimilados o en una fuerte competencia por ellos entre frutos y brotes vigorosos que se desarrollan a la vez. Además, menciona que una última caída puede ocurrir en épocas secas, como consecuencia de un aporte insuficiente de agua y una elevación de la temperatura ambiente.

El fruto de aguacate permanece verde desde el cuajado hasta la madurez y tiene una alta densidad estomática, con estomas activos similares a los de las hojas, lo que facilita el intercambio gaseoso (Blanke y Bower, 1990). Por otra parte, la concentración de clorofilas totales en el mesocarpo es sólo un 12 a 13% de la que posee la piel (Cran y

Possingham, 1973; Blanke, 1991; Blanke y Whiley, 1995), de esta forma, un fruto tiene el potencial de realizar actividad fotosintética, contribuyendo así a sus propios requerimientos de carbono durante el crecimiento. La fotosíntesis de frutos es una acumulación de CO_2 en los espacios libres internos, obtenido de la atmósfera y de la respiración tanto de hojas como de los mismos frutos.

Al respecto, Whiley (1990) estableció que la tasa neta de asimilación de CO_2 del fruto de aguacate, expuesto a la luz fue de 0,4 a 2,5% del de las hojas completamente expandidas, lo que indica que el fruto del aguacate contribuye a su propios requerimientos de carbono por medio de CO_2 asimilado, durante estados tempranos del desarrollo de éste.

Todo lo anterior, es decir, la fijación de CO_2 en la luz, y que la contribución relativa de la fotosíntesis del fruto es mayor durante sus primeros estados de desarrollo, podrían indicar un factor que influye en la retención del fruto de aguacate, debido a que ésta se produce al mismo tiempo que el período de competencia por fotoasimilados entre los sumideros vegetativos y reproductivos (Blumenfeld *et al.*, 1983; Wolstenholme *et al.*, 1990), lo cual se extiende hasta alrededor de 42 días después que el crecimiento de brotes ha comenzado (Whiley, 1990), período durante el cual los frutos tienen una tasa fotosintética neta positiva y así contribuyen levemente a sus propios requerimientos de carbono para el crecimiento (Whiley *et al.*, 1992).

A medida que el fruto avanza en su desarrollo, su tasa de fotosíntesis neta llega a ser menor que el desprendimiento de CO_2 (respiración oscura) y la contribución relativa de sus propios requerimientos de carbono es muy escasa (Whiley *et al.*, 1992; Whiley y Schaffer, 1994).

Partenocarpia en aguacate

Es la formación de los frutos sin fertilización del óvulo. Existen referencias con respecto a algunas variedades que difieren en su habilidad para cuajar frutos sin que ocurra polinización cruzada, pero comúnmente hay más diferencias en el comportamiento floral dentro de una misma variedad en diferentes localidades, que entre diferentes variedades.

Dependiendo de las condiciones climáticas durante la floración, una variedad se puede volver autofértil, pudiendo producir buenas cosechas, sin necesidad de tener que plantarse con variedades diferentes (Muñoz y Nuñez, 1983).

La variedad Fuerte es excepcionalmente sensible al frío o al tiempo excesivamente caluroso durante la floración y la formación del fruto. Cuando las condiciones para la polinización no son buenas, una gran parte de la cosecha puede originar frutas sin semilla, de forma alargada, de dos a seis cm de largo y de uno a dos cm de ancho, llamados dedos o pepinillos (Figura 134).

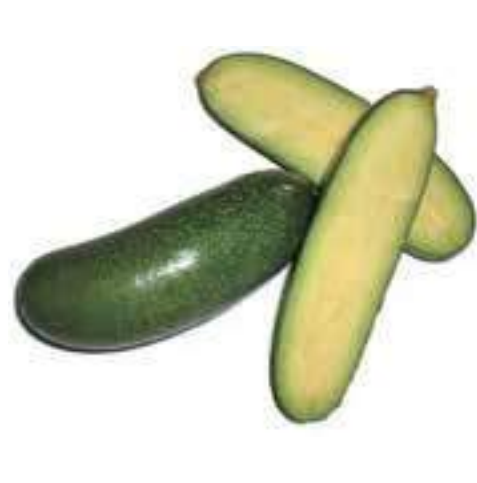


Figura 134. Detalle de frutos partenocárpicos en aguacate

Foto: <http://www.frutaselporton.es/apps/wa1/Frutas.html>; <http://alimentacionandrea.blogspot.com/p/aguacate-cocktail-o-datil.html>.



Estos frutos conservan su agradable sabor y la semilla queda abortada. En esta variedad se produce una especie de partenocarpia natural inducida por condiciones ambientales desfavorables para la polinización (Muñoz y Núñez, 1983).

La práctica del anillado, la cual produce un efecto positivo sobre la producción parece que, en algunos casos, induce la producción de frutos partenocárpicos. Cuando se presenta una gran floración y fructificación, producto de un anillado, se presenta una gran competencia por sustancias reguladoras, trayendo como consecuencia que algunos frutos no alcancen a formar semilla, dado que no alcanzan a ser suministradas dichas sustancias. Se sabe que la cubierta de la semilla de aguacate contiene un gran nivel de hormonas de crecimiento, ejerciendo un fuerte efecto de vertedero por fotoasimilados (Muñoz y Núñez, 1983).

Otra forma de inducir partenocarpia en aguacate es con aspersiones de 2,4 D, auxina, aplicado a los árboles de la variedad Fuerte, lo cual aumenta el número de frutos sin semilla, pero no el número total de frutos formados en el árbol.

Con lo anterior se concluye que en aguacate hay tres formas para que se produzcan aguacates sin semilla o partenocárpicos: naturalmente por condiciones extremas de temperaturas, bajas o altas, anillado y con aspersiones del 2,4 D. Además, se ha encontrado que el ataque de trips u otros insectos del fruto, en etapas tempranas de fructificación dan como resultado frutos partenocárpicos.

Duración del ciclo productivo

El ciclo productivo del aguacate en forma natural puede superar los 40

años; cuando éste se siembra en forma comercial, su ciclo alcanza hasta los 15 años; sin embargo en países como México existen cultivos comerciales de hasta 50 años con excelentes producciones. El inicio del ciclo productivo depende de la variedad o cultivar, del clima donde se encuentre el cultivo y del tipo de propagación empleado. Para cultivares propagados por semilla la producción se inicia después del 4° ó 5° año, entrando en plena producción después del 9° año. Los cultivares propagados por injerto comienzan a producir a partir del segundo año, entrando en plena producción hacia el 3° o 4° año y con una vida útil promedia de la plantación de 15 años.

Llenado de frutos

El proceso del desarrollo del fruto es puesto en movimiento normalmente por dos estímulos consecutivos. Las auxinas y las giberelinas producidos durante el crecimiento del tubo polínico actúan como el estímulo primario que inicia el desarrollo (Lee, 1987).

El estímulo secundario emana de la semilla en desarrollo y, en particular, del endospermo (Luckwill, 1959; Lee, 1987), el cual empieza a crecer rápidamente e inmediatamente después de la fertilización, produciendo altos niveles de auxinas. De otra parte Lee (1987) sugiere que el hecho de que el fruto aborte o madure, depende de su fuerza como demanda metabólica ("vertedero") o de su habilidad para inhibir químicamente el desarrollo de frutos vecinos. Blumenfeld y Gazit (1972) encontraron que es en la cubierta de la semilla en desarrollo donde varias fitohormonas están activas a altos niveles, convirtiéndose en fuertes sitios de demanda de fotoasimilados.

El llenado de frutos es el lapso de tiempo que transcurre entre la polinización y la maduración fisiológica del fruto. En el

aguacate, el fruto alcanza su madurez fisiológica en el árbol y puede permanecer allí después de este período hasta por tres meses o más. Una vez el fruto es separado del árbol, sigue un período de respiración y desprendimiento de etileno, hasta alcanzar su madurez de consumo. El período entre la polinización y la cosecha del fruto depende de la raza, del cultivar y del clima donde se sitúe el huerto y puede oscilar entre 27 a 60 semanas. Para el cultivar Fuerte, este tiempo toma de ocho a diez meses; para Hass, en países subtropicales toma de 10 a 12 meses y en

Colombia 9 a 12 meses, dependiendo de la altura donde se establece el cultivo.

Bernal (2012) encontró que existe una influencia de la altura sobre el período de floración a cosecha, en aguacate cv. Hass en Antioquia, Colombia. De esta forma encontró que los árboles sembrados a 2.410 msnm tardaron 12 meses en producir después de la floración, mientras que aquellos a 2.180 msnm, tardaron entre 10 a 11 meses, a 1.900 entre 9 y 10 meses y a 1.340 msnm, este período fue de 7 a 8 meses.

Cosecha

Existe una creciente preocupación a cerca de las interacciones entre todos los elementos del sistema de producción y poscosecha, en relación con la calidad de la fruta. En general, la máxima calidad del fruto se alcanza en la cosecha y los sistemas de poscosecha están diseñados para minimizar las pérdidas durante el manejo y la distribución. Un mayor conocimiento y comprensión de estas interacciones conduce a un mayor desarrollo en los sistemas de la cadena de distribución, para abarcar los complejos tópicos involucrados en la producción y comercialización hortícola (Hofman *et al.*, 2007). Cualquier actividad que se realice en el huerto antes y durante el desarrollo del fruto, influirá sobre el período poscosecha; sin embargo, la etapa con mayor repercusión comienza desde el momento que se corta el fruto de aguacate, ya que desde ahí hasta su presentación al consumidor final transcurre un período de tiempo considerable, durante el cual, el fruto puede sufrir diferentes tipos de daños mecánicos y fisiológicos que lo hacen susceptible al ataque de diferentes fitopatógenos (Nieto *et al.*, 2007). Se debe considerar que en el lapso de tiempo comprendido entre la cosecha de un pro-

ducto vegetal, hasta llegar a su consumo, ocurren pérdidas del mismo tanto en calidad como en cantidad. Esa pérdida puede ser del 5 al 25% en países desarrollados y del 20 al 50% en los países en desarrollo (Sánchez *et al.*, 2001).

Definición de la época de cosecha

Es el punto en el cual el fruto está óptimo para ser cosechado; está determinado por el grado de maduración, por el mercado para el cual se dirige la producción y el piso térmico en el que se encuentre la plantación. Para el aguacate, además de las consideraciones anteriores, hay que conocer las características que tiene cada variedad cuando el fruto ha alcanzado su madurez fisiológica, ya que el color pueda variar o no.

La época apropiada de cosecha, es la etapa en la cual el fruto ha alcanzado el estado de madurez adecuado para su comercialización. La cosecha del aguacate se hace manualmente, empleando tijeras o navaja para cortar el pedúnculo (Carvajal, 1996).



Madurez

Al contrario que la mayoría de los frutos, el aguacate no alcanza su fase climatérica (esto es, no alcanza su madurez de consumo) mientras que permanece en el árbol. La mayoría de las variedades comerciales de aguacate pueden permanecer en el árbol durante varios meses, salvo los de la raza Antillana, sin que se produzca la abscisión y correspondiente caída de los frutos. De hecho, y salvo para aquellos cultivares que cambian de color en la madurez, es difícil apreciar ésta de forma visual.

Aunque esta particularidad es sin duda ventajosa, ya que podemos acomodar en gran parte la recolección a las necesidades del mercado, conlleva algunos riesgos tanto de recolección temprana (bajo contenido de aceite, presencia de fibras en la pulpa, fruto de aspecto arrugado) o demasiado tardía (corta vida en anaquel, maduración irregular y calidad gustativa mediocre, excesivo contenido de aceite, germinación de la semilla) (Galán-Sauco, 1990).

De ahí que sea preciso encontrar técnicas específicas que permitan determinar una evaluación *in situ* de la madurez (Galán-Sauco, 1990). Para la cosecha del aguacate se utilizan varios criterios indicadores para definir el momento del corte, entre ellos: el tamaño y forma de los frutos, cambios físicos en la corteza de los frutos (cambio de tonalidades brillantes a opacas, aparición marcada de las lenticelas), cambio en la coloración del pedúnculo (amarillamiento), el color interno del mesocarpio o pulpa, fecha asignada a la cosecha (días transcurridos después del amarre de la fruta, contenido de aceite y materia seca, cambio en la coloración de la testa de la semilla, tasa de respiración del fruto y pérdida de peso, entre otros (Coria, 2008; Cerdas *et al.*, 2006)

En Colombia los principales criterios de cosecha son el cambio de color de la cáscara, de verde claro a verde oscuro y la desaparición del brillo, que ha mostrado bastante imprecisión por ser una medición subjetiva que depende de la experiencia del cosechador. Estos criterios de cosecha no siempre se ajustan a los criterios de selección utilizados en los centros de acopio y mucho menos a los criterios para la exportación, lo cual se traduce en porcentajes de rechazo muy altos, principalmente por fruta inmadura, que luego muestra problemas por no alcanzar la madurez de consumo, además, la capa exterior de la semilla se adhiere a la pulpa y no se logra desprender de ésta y el sabor y la firmeza de la fruta no se desarrollan adecuadamente.

Para nuestro país, la combinación de las diferentes variables climáticas que imperan en las áreas productoras de aguacate, propicia la presencia de un período de floración bastante amplio, que para un mismo huerto puede ser de hasta cuatro meses y en consecuencia existe fruta con diferentes grados de madurez durante la mayor parte del año. Este período de floración tan amplio ocasiona que exista una gran variación en tamaño, edad y diferente grado de madurez de la fruta; este fenómeno se complica si se considera que el período de floración presenta variaciones importantes, conforme se eleva la altitud del huerto y decrece la temperatura (Báez, 2005).

Contenido de aceite y materia seca

La concentración de aceite en el aguacate aumenta durante su desarrollo y es significativamente determinante para su palatabilidad. Para el año 1983, la industria aguacatera de California, E.U.A., adoptó la técnica de determinación del contenido de materia seca como método

oficial para estimar la madurez del aguacate (Lee *et al.*, 1983; Bergh *et al.*, 1989) y continúa siendo el indicador más confiable (Kaiser, 1994). Pese a ello, su costo y la dificultad de su medición han hecho necesarias investigaciones en busca de alternativas.

El porcentaje de materia seca (MS) está fuertemente relacionado con el contenido de aceite y la calidad (Lee *et al.*, 1983; Brown, 1984; Ranney, 1991). El contenido total de aceite y la humedad son recíprocos y, generalmente se suman a una constante para cualquier cultivar (Swarts, 1978). Por lo tanto, el porcentaje de MS es utilizado actualmente como un índice de madurez en Australia, Israel, Nueva Zelanda y Estados Unidos, entre otros. En la **Tabla 21** se presentan los índices actuales de maduración según el porcentaje de MS legal utilizados en varios países.

Tabla 21. Porcentaje promedio de materia seca (%MS) de la pulpa, requerido para asegurar una calidad de maduración aceptable en varios cultivares de aguacate.

Índice de Maduración (%MS)			
Cultivar	País	Promedio (%)	Referencia
Hass	Australia	21,0	Brown, 1984
	Estados Unidos	21,6	Ranney, 1991
	Estados Unidos	21,8	Lee <i>et al.</i> , 1983
	Sudáfrica	23,0	Milne, 1994
	México	22,0	Sánchez, 1993
	Chile	23,0	Waissbluth y Valenzuela, 2007
	España	23,0	Galán-Saúco, 1990
Fuerte	Australia	21,0	Brown, 1984
	Australia	22,5	Dettman <i>et al.</i> , 1987
	Estados Unidos	19,9	Ranney, 1991
	Estados Unidos	21,0	Lee <i>et al.</i> , 1983
	Sudáfrica	20,0	Milne, 1994
	España	22,0	Galán-Saúco, 1990
Bacon	Estados Unidos	18,5	Ranney, 1991
	Estados Unidos	20,0	Lee <i>et al.</i> , 1983
	España	21,0	Galán-Saúco, 1990
Zutano	Estados Unidos	18,8	Ranney, 1991
	Estados Unidos	20,2	Lee <i>et al.</i> , 1983
	España	22,0	Galán-Saúco, 1990
Gwen	Estados Unidos	25,9	Ranney, 1991
Ryan	Sudáfrica	20,0	Milne, 1994
Edranol	Sudáfrica	25,0	
Pinkerton		20,0	Kruger Abercrombie, 2000
Ettinger	España	21,0	Galán-Saúco, 1990



Acondicionamiento del aguacate para el mercado fresco

El manejo del aguacate durante y después de la cosecha debe ser cuidadoso para garantizar al consumidor la calidad e inocuidad de la fruta que ellos requieren. Los operarios que laboran en el campo y en la planta empacadora deben conocer bien el producto, sus atributos de calidad y los principales defectos, así como la tolerancia de los mismos para que no sean considerados factores de rechazo. Adicionalmente deben poder identificar las posibles fuentes de contaminación de la fruta y tomar las medidas correctivas para llevar al consumidor productos seguros para consumir. También deben conocer cuáles son las mejores condiciones para su manejo, que permitan extender su vida comercial (Cerdas *et al.*, 2006).

Los procesos de cosecha y acondicionamiento del aguacate deben tomar en cuenta los requerimientos de los clientes y consumidores finales en el mercado objetivo, así como el tiempo desde la cosecha hasta la exhibición en los puntos de venta y los cambios esperados durante el transporte, tales como cambios en la textura y color propios de la maduración y cualquier síntoma de deterioro debido a patógenos, insectos y a daños físicos en la fruta (Cerdas *et al.*, 2006).

El contenido de grasa es un criterio de madurez confiable pero es difícil de determinar; sin embargo, existe un alto grado de correlación entre el contenido de grasa y materia seca en el aguacate, y esta última se determina por un método simple, barato y rápido con un horno para secar. Lo anterior ha permitido que en California y en la mayoría de las áreas productoras de aguacate de otros países, se utilice el contenido de materia seca como índice de madurez para definir

el momento de cosecha, el cual debe alcanzar de 19 a 25%, dependiendo del cultivar (PROEXANT, 2002; Kader, 1992).

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 (Cerdas *et al.*, 2006).

Desde el punto de vista práctico, la determinación del porcentaje de grasa es difícil de realizar, requiere la extracción y determinación del contenido de grasa lo cual demora varios días en un laboratorio especializado y tiene un costo elevado por muestra (aproximadamente US\$ 15 - 18/muestra). Por su parte, la determinación del contenido de materia seca es bastante más simple y más barata (US\$ 8/muestra en un laboratorio privado) y su implementación en una planta empacadora de aguacate es relativamente sencilla como se explica seguidamente (Cerdas *et al.*, 2006).

Los resultados de contenido de materia seca se obtienen en unas pocas horas por lo que se pueden utilizar para determinar si un lote de la plantación está listo para cosechar y para realizar análisis a los frutos cosechados en caso de duda sobre el grado de madurez; el corto tiempo permite dar información oportuna a los productores para modificar los criterios (afinar) de cosecha. El equipo requerido incluye un horno de microondas, una balanza analítica, un desecador y cápsulas (tipo platos petri o similar) para colocar las muestras. El método consiste en cortar aproximadamente 10 g de pulpa en rebanadas muy delgadas (cortadas con un pelador de papas y colocarlas en el horno de microondas a secar hasta peso constante, proceso que tarda entre 5 y 15 minutos (Yahia, 2001).

El uso combinado de dos indicadores de cosecha como la opacidad de la cáscara y contenido de materia seca, para determinar el momento de cosecha del aguacate resulta conveniente y de aplicación muy práctica, porque facilita la cosecha en el campo al usar el primero y con el segundo se comprueba la madurez fisiológica del fruto, y sus resultados sirven para mantener una buena comunicación con el productor y hacer los ajustes que se requieran en los casos en que el contenido de materia seca sea más bajo del requerido (fruta inmadura) (Cerdas *et al.*, 2006).

Rendimientos

Los árboles de aguacate producen un número de flores (1 a 2 millones de flores por árbol). Sin embargo, solo 1 a 2 frutos de cada inflorescencia alcanzan la madurez. Un buen número final de frutos cosechados por árbol podría estar entre 200 y 300 (Bergh, 1986; Whiley *et al.*, 1988), aunque esto puede variar entre cultivares, pudiendo llegar hasta 1.000 frutos por árbol. Así, la producción de frutos en el aguacate podría representar tan sólo del 0,002 al 0,02% de la cantidad de flores producidas inicialmente (Téliz y Mora, 2007).

En huertos comerciales de aguacate, los bajos rendimientos por hectárea han sido una causa de preocupación mundial por muchos años. En California, un buen rendimiento para el aguacate Fuerte está entre 5,6 y 11,2 t/ha y para el Hass de 7,8 a 13,4 t/ha (Gustafson y Rock, 1976). En México, el promedio nacional de producción de todas las variedades de aguacate en 1987 fue de 7,5 t/ha (CONAFRUT, 1988). Información más reciente para el cultivar Hass en Michoacán indicó que una producción común para un huerto adulto (100 árboles/ha) con manejo intermedio, oscila entre 11 y 15 t/ha (Aguilera-

Montañez y Salazar-García, 1996). Una idea sobre el potencial de producción del aguacate, se puede obtener al comparar el costo energético de la fructificación con la capacidad fotosintética del árbol (Wolstenholme, 1986). El fruto del aguacate es rico en grasas (aceites) mono y poliinsaturadas. Así, el aguacate tiene un "costo energético" más alto que el de los frutos acumuladores de azúcar con poco peso similar (Ej. manzanas o cítricos) (Téliz, 2007). La consecuencia es una producción más baja por hectárea (Wolstenholme, 1986; 1987). Si el promedio de producción potencial de un huerto de manzano de alta densidad y manejo intensivo sobre portainjertos enanos es de 100 t/ha, el costo de energía equivalente para el aguacate sería de 32,5 t/ha (Téliz, 2000).

Una de las posibles causas de los bajos rendimientos del aguacate en Colombia y en varias áreas productoras del mundo, es que la mayoría de la producción está basada en cultivares comunes, los cuales tienen un bajo nivel de domesticación (Wolstenholme y Whiley, 1992; Téliz y Mora, 2007). Los árboles nativos de aguacate son originarios de los bosques húmedos, con ramas de complejidad simple y un bajo potencial de producción caracterizado por un fruto pequeño, con bajo contenido de aceite (Wolstenholme y Whiley, 1992; Téliz y Mora, 2007). La domesticación ha tenido éxito en aumentar la complejidad del árbol, pero también ha resultado en una competencia entre el crecimiento vegetativo y reproductivo, en etapas críticas de la fenología del árbol. El mejoramiento y la selección para calidad de fruto, han resultado en un fruto que puede tener un contenido de aceite superior al 20%, haciendo al aguacate un fruto "energéticamente costoso" (Wolstenholme y Whiley, 1992; Téliz y Mora, 2007).



Los rendimientos en un huerto están determinados por factores bióticos, abióticos y de manejo cultural. Se pueden establecer para el trópico de altura o clima frío en Colombia, o con adecuadas características ecológicas y de manejo para las variedades Hass y Fuerte, rendimientos promedios que oscilan entre 8 y 12 t/ha, aunque bajo condiciones óptimas de clima, suelo, cultivar y manejo, estos rendimientos se pueden duplicar. En plantaciones en plena producción y

cultivos muy especiales, un árbol puede llegar a producir 500 kg de fruta/año o más. La producción de aguacate varía de acuerdo con la variedad, edad, estado sanitario, manejo, clima y fertilidad del suelo.

Calendario de cosechas

Las épocas de cosecha en Colombia, de acuerdo con series estadísticas de Corabastos, se presentan en la **Tabla 22**.

Tabla 22. Disponibilidad de las variedades de aguacate más comunes en Colombia.

VARIETADES	MESES											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
PAPELILLO	o	x	x	x	x	x	x	o				o
CHOQUETTE							o	o	x	x	x	x
BOOTH 8			x	x						o	x	x
TRINIDAD			x	x						o	x	x
COMUN			x	x	x	x						
SEMIL							o	o	x	x	o	o
SANTANA							o	o	x	x	o	o
VENEZOLANO								x	x	x		
CURUMANI				x	x							

Alta oferta (x) Baja oferta (o)

Fuente: <http://www.gobant.gov.co/>

Beneficio

Es el proceso que se realiza a los frutos de aguacate cosechados, para mejorar la calidad de los frutos a comercializar y comprende los siguientes procesos.

Lavado

Esta es una práctica que no se realiza normalmente en el mercado nacional. Para mercados más especializados y de exportación, el lavado y la desinfección de la fruta son tareas necesarias para una mejor presentación del producto. El lavado consiste en limpiar el aguacate, quitándole los residuos de fungicidas, insecticidas o fertilizantes foliares y polvo.



Desinfección

Este proceso se realiza utilizando una solución desinfectante, en la que se sumergen los frutos.

Selección

Es la actividad en la cual se separan los aguacates que no tiene un color uniforme, que tienen cicatrices sobre la epidermis, que están rajados o atacados por enfermedades o plagas y que no se pueden comercializar.

Clasificación

Es el proceso por el cual se separan los frutos del aguacate por categorías, de acuerdo a su color, intensidad del mismo y tamaño; lo cual está determinado por el mercado.

Bodega

La bodega consta de una construcción situada cerca al cultivo, donde se procede a la selección y acondicionamiento de los frutos.

Transporte

Para el transporte interno, dentro del país, los frutos son llevados en camiones de estacas, a temperatura ambiente; estos frutos son transportados a las centrales mayoristas de abastos de las principales ciudades; sólo una pequeña parte de la fruta, que es comercializada en los almacenes de cadena, es transportada en camiones refrigerados dentro de canastillas plásticas.

Para los mercados de exportación, se hace en camiones refrigerados, dentro de cajas de cartón; para ser transportados a los mercados externos se lleva en aviones o barcos, en contenedores refrigerados.

Acopio

Los sitios para el acopio deben ser salones amplios, de piso de cemento, baldosa o madera, bien aireados, donde se almacena la fruta para ser distribuida a los centros de comercialización.

Empaque

Para el empaque de los frutos de aguacate se utilizan diferentes materiales, como costales de fibra y fique, cajas de madera y guadua, canastillas de madera, canastillas plásticas y cajas de cartón, entre otros.

Almacenamiento

Los frutos de aguacate se deben guardar en un lugar fresco, seco, bien aireado; no se deben almacenar con agroquímicos, detergentes, sustancias tóxicas, combustibles, pinturas u otros productos que emitan olores fuertes. Si se desean almacenar por más de ocho días, se recomienda recurrir al almacenamiento en frío, de 5 a 7°C y 85 a 90% de humedad relativa, donde se conservan hasta por dos semanas. Los frutos empacados en sacos o costales, deben arrumarse como máximo tres; al igual que los cajones plásticos y las cajas de cartón, máximo 10.

Para evitar que se produzca una maduración generalizada y rápida, el aguacate no se debe almacenar con vegetales de alta tasa de producción de CO₂.



II. BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS (BPA)



II. BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS (BPA)

Carolina Osorio Toro¹

Las Buenas Prácticas Agrícolas - BPA se originan como gestión de la calidad en la producción de alimentos frescos, que se desarrollaron por el alto grado de sensibilidad de los consumidores, hacia la inocuidad de los productos alimenticios de buena calidad. Las expectativas de manipulación de los productos en condiciones higiénicas y libres de riesgos para la salud, han llevado a los productores, empacadores, transportistas, exportadores y comerciantes de todo el mundo a hacer mayores esfuerzos para asegurar la aceptabilidad de sus productos.

La producción bajo el esquema de BPA asegura a los consumidores de frutas y hortalizas frescas, un producto sano e inocuo para el consumo humano, protegiendo además el medio ambiente y la salud de los trabajadores.

Definición

Las Buenas Prácticas Agrícolas son un conjunto de prácticas y principios que permiten realizar de manera adecuada las labores que se llevan a cabo en el proceso productivo, desde la selección del terreno y el material a sembrar, hasta la entrega del producto al cliente final, teniendo en cuenta la protección del medio ambiente, y la seguridad del trabajador, garantizando la utilización de productos inocuos o libres de riesgo para el ser humano.



¹ Ingeniera Agrónoma, Inspectora Globalgap y BPA. La Ceja, Antioquia, Colombia. Correo electrónico: osorio.carolina@gmail.com



Importancia de las BPA

Las exigencias de los mercados internacionales marcan una tendencia hacia la implementación de las Buenas Prácticas Agrícolas, buscando establecer nuevos estándares, con el fin de asegurar que los mismos cumplan con una serie de requisitos que garanticen su inocuidad, desde el productor hasta el consumidor final. A dichos protocolos o normas, además se le introducen especificaciones relativas al uso de los recursos naturales, preservar el ambiente y especificaciones vinculadas a la seguridad laboral de los trabajadores, involucrados en la producción de alimentos.

El desarrollo de las BPA son importantes para que los productores cuenten con herramientas que al aplicarlas, garanticen al consumidor, productos sin contaminantes químicos, biológicos y

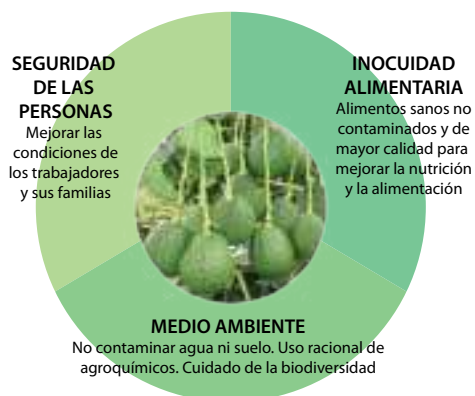
físicos y evitar así los casos frecuentes y cada vez más crecientes de enfermedades transmitidas por alimentos, para incrementar las exportaciones y diversificar los productos a comercializar.

Con su implementación, los productores demuestran su compromiso en:

- Mantener la confianza del cliente en cuanto a la calidad y la seguridad de los alimentos.
- Minimizar el impacto ambiental en sus lotes de producción.
- Reducir el uso de pesticidas.
- Asegurar una actitud responsable hacia la salud y bienestar de sus trabajadores.

Lineamientos de las BPA

El desarrollo de las BPA está enmarcado como se describe en la **Figura 1**.



Cómo implementar las Buenas Prácticas Agrícolas

Los procesos de implementación y aplicación de las BPA son una actividad voluntaria, que está sujeta a las expectativas, necesidades y capacidades de cada productor; sin embargo, las exigencias del mercado tienden a convertirlas en prácticas obligatorias. Por lo tanto, debe ser una preocupación del sector agrícola, la implementación de esquemas de certificación que garanticen una mayor aceptación de nuestros productos en el mercado externo.

Figura 1. Principios de las BPA

Los procesos de implementación y aplicación de las BPA son una actividad voluntaria.

Un factor importante dentro del proceso de implementación y aplicación de las Buenas Prácticas Agrícolas es el humano; aunque existen diversos elementos externos que pueden interferir en su buen desarrollo. Por ello, es necesario tomar acciones que permitan que el productor esté en constante capacitación o cuenta con las herramientas y motivación necesarias para garantizar que el sistema se va a mantener conforme a los requisitos de las BPA.

Para hacer una adecuada implementación de las BPA es necesario cumplir con los requisitos dados por las normas establecidas a nivel nacional e internacional.

Para el caso de Colombia existe la norma NTC 5400 del ICONTEC y la resolución 4174 de 2009 del Instituto Colombiano Agropecuario - ICA, que orientan sobre el manejo y aplicación de las Buenas Prácticas Agrícolas y a nivel internacional está la norma Globalgap.

Planeación del cultivo

Es importante planificar las actividades que se van a ejecutar en el cultivo para poder cumplir con todos los objetivos. Las Buenas Prácticas Agrícolas se convierten en un buen referente para la programación, organización y coordinación de actividades.

De esta etapa depende el éxito en la productividad del cultivo, razón por la cual se debe invertir la cantidad de tiempo necesario para recolectar la información pertinente y así realizar una buena planeación del cultivo. Es preciso incluir siempre en cada etapa de la planeación, las preguntas ¿Para qué?, ¿Dónde?, ¿Cómo?, ¿Cuándo?, ¿Con quién? y buscar

orientación técnica para validar el plan del cultivo.

Los aspectos a tener en cuenta en la planeación del cultivo son:

- Antecedentes de la unidad productiva.
- Uso recomendado del suelo, conforme al Plan de Ordenamiento Territorial (POT) del municipio donde se ubique el predio.
- Calidad y cantidad de agua disponible y acceso a la fuente.
- Condiciones climáticas y agroecológicas de la zona donde se ubica el predio.
- Recursos de la zona (infraestructura, red vial, servicios, entre otros).
- Caracterización física y química de suelos y aguas (análisis de suelo y agua).
- Reconocimiento del predio (ubicar instalaciones, linderos, fuentes de agua, vías, etc.) e identificación de peligros para la inocuidad del producto, el medio ambiente y la salud de los trabajadores.
- Asistencia técnica disponible.

Material de propagación

El uso de material de siembra sano es uno de los factores de mayor relevancia en el establecimiento del cultivo de una especie perenne como el aguacate, por eso hay que asegurar que el material cumpla con los parámetros de calidad agronómica, genética y fitosanitaria. Es importante programar las siembras y utilizar material producido en viveros registrados ante el ICA, los cuales cumplen con la Resolución ICA 3180 (Figura 2).



Figura 2. Vivero de aguacate siguiendo normas ICA.

Si el productor obtiene su propio material vegetal, debe realizar un buen manejo de éste, elaborando y poniendo en práctica procedimientos de control, para garantizar el estado óptimo del material de propagación, a través de un manejo apropiado de los tratamientos fitosanitarios necesarios, lo cual va a contribuir a la obtención de un material de propagación adecuado.

El control comprenderá el muestreo de signos visibles de plagas y enfermedades con sus observaciones correspondientes, así como el registro de todas las aplicaciones de los tratamientos fitosanitarios y de nutrición aplicados.

Instalaciones

Almacenamiento de plaguicidas

Para garantizar que mediante un adecuado manejo y almacenamiento de los plaguicidas que se usan en la unidad productiva, se eviten accidentes con los trabajadores, contaminación del medio ambiente y/o contaminación cruzada de los productos cosechados, éstos se deben guardar de manera adecuada (Figuras 3 y 4).



Figura 3. Especificaciones externas del área para el almacenamiento de plaguicidas.



Figura 4. Especificaciones internas del área para el almacenamiento de plaguicidas.

Para lo anterior, se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- El área de almacenamiento debe ser independiente de otras áreas y alejada de fuentes de agua
- Debe ser de una estructura sólida, en material resistente al fuego, con buena ventilación y con sistema para contener derrames.
- Deben estar disponibles los elementos necesarios para atender un derrame, con los siguientes elementos: aserrín, arena o material absorbente, recogedor, bolsas y guantes.
- Las estanterías deben ser en material no absorbente e incombustible. Los productos en polvo deben ir en la parte superior y los líquidos en la inferior.

- Todos los plaguicidas deben almacenarse en su envase original y nunca deben estar en contacto directo con el suelo.
- En caso de accidentes con el manejo de plaguicidas, se deben seguir las recomendaciones descritas en la **Figura 5**.
- Debe existir un control del uso de plaguicidas mediante un inventario o kárdex de cada uno de los productos, el cual debe estar actualizado y disponible en la unidad productiva (**Tabla 1**).



PREVENCIÓN POR PLUGUICIDAS

- No se debe reducir el espacio cuando el paquete/embalaje en su envase original, para éste se debe la garanta y la boca totalmente al salir como al entrar. (ESTO EN LA ETIQUETA DEL PRODUCTO SI ES RECOMENDADO).
- Nunca reducir el espacio cuando el paquete está almacenado en su envase original, para evitar más accidentes con el propio envase.
- No se recomienda reducir el espacio debajo de algunos envases.
- Reducir el espacio introduciendo un dedo y el mango de una cuchara en la garganta de la botella.
- Asegurar de que está bien cerrado y de evitar al producirse fugas.
- Siempre se debe hacer que el paquete registre la fuga de una fuga de agua, incluso en el envase y después volver a dar el espacio de agua.
- Seguir el procedimiento hasta que quede seguro.

PREVENCIÓN DE PLUGUICIDAS

- Usar e la botella correctamente al almacenar.
- Evitar las quemaduras por el sol.
- No usar recipientes plásticos o la limpieza del recipiente del producto en recipientes.
- Mantener el producto tan quieto como sea posible.
- En caso de estar con el producto, protegerse contra caídas o golpes en la cabeza. Mantenerse alejado del producto ligeramente hacia atrás para facilitar el paso del aire a los pulmones.

PLUGUICIDAS EN LA PIEL

Mientras se usa el producto, evitar las siguientes situaciones:

- Quitar la ropa húmeda.
- Usar la piel y el cuerpo directamente con agua y jabón por la noche de emergencia o con agua jabonosa.
- Usar el teléfono y permitir que se seque.

PLUGUICIDAS EN LA OJOS

- El más importante es lavar los ojos lo más rápidamente posible, pero sin necesidad de utilizar agua fría que puede dañar los ojos.
- No se debe usar productos químicos ni drogas en el agua con que se lavan los ojos, para aumentar la sensibilidad de los tejidos.

EN CASO DE ALGUNA EMERGENCIA COMUNICARSE CON:

HOSPITAL	
CENPROQUIM	01 8000 916012
Línea de atención SURSA	01 8000 511414
POLICIA	112 - 123
NÚMEROS	
	119

PROHIBIDO FUMAR

PROHIBIDO COMER Y BEBER

RIESGO DE INTOXICACIÓN

LÍQUIDO PELIGROSO

USA EL EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL

Figura 5. Recomendaciones en caso de accidentes con plaguicidas



Tabla 1. Formato para el inventario de productos plaguicidas usados en el cultivo.

NOMBRE O LOGO DEL CULTIVO		INVENTARIO DE PLAGUICIDAS (Uno por producto comercial)				
PRODUCTO:		PERIODO DE CARENCIA:				
INGREDIENTE ACTIVO:		CATEGORIA TOXICOLÓGICA:				
TIPO:		REGISTRO ICA:				
CASA COMERCIAL:						
Fecha	Concepto	N° Lote	Fecha Vencimiento	Entrada	Salida	Saldo

Área de dosificación y preparación de mezclas de insumos agrícolas

Para dosificar y preparar las mezclas de los insumos agrícolas necesarios para el cultivo, se requiere destinar un área específica. Puede estar dentro del almacenamiento de plaguicidas o en otro lugar; independiente de esto, deben tomarse las precauciones necesarias para evitar accidentes en el manejo de los productos. Así, será necesario que se cumplan las mismas características que en una bodega:

- Suelo impermeable, fácil de limpiar, con un sistema de contención para casos de derrames.
- Buena iluminación, que permita leer las especificaciones de los productos.
- Disponer de llave de agua para casos de emergencia.
- Es recomendable que exista cerca una ducha de emergencia. Si la dosificación se hace en la bodega, se recomienda instalarla inmediatamente afuera de ella.
- Poseer elementos para medir y pesar, tales como dosificadores y pesas calibradas para uso exclusivo. Estos elementos deben mantenerse en buen estado de conservación y calibrarse para asegurar su eficacia.
- Mesón firme, nivelado, con espacio suficiente para trabajar en forma cómoda con los envases.
- Uso de ropa de protección.
- Señalizar el área de dosificación, no fumar, no comer en el recinto, ingreso restringido a personal autorizado, uso de ropa de protección, plan de emergencias.
- Si el área es externa a la bodega, debe estar protegida del viento.

Área de almacenamiento de herramientas y equipos

Estos elementos son necesarios para el desarrollo de la labor de campo en el cultivo; para su almacenamiento es necesario:

- Disponer de un sitio adecuado y seguro, para almacenar los equipos de aplicación, herramientas y demás maquinaria (Figura 6).
- Los implementos deben permanecer limpios, desinfectados, ajustados y en buen estado.
- Deben existir registros que evidencien la ejecución de las actividades de mantenimiento, calibración, limpieza y desinfección (Tabla 2).
- Contar con procedimientos e instructivos para su manejo que eviten los riesgos de contaminación cruzada, un accidente laboral, su deterioro y mal funcionamiento.



Figura 6. Área de almacenamiento de herramientas y equipos.

Tabla 2. Formato para mantenimiento de equipos y herramientas.

NOMBRE O LOGO DEL CULTIVO				MANTENIMIENTO DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS							DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN	OPERARIO	OBSERVACIONES
FECHA		Nº	EQUIPO O HERRAMIENTA										
D	M		A	Bomba de espalda	Bomba de motor	Estacionaria	Guadaña	Motosierra	Otra				

Área de almacenamiento de fertilizantes

Si su aplicación no va a ser inmediata, los fertilizantes deben estar almacenados en un área donde no se deterioren, separados del suelo, en un lugar limpio, seco y ventilado (Figura 7). Estos productos se pueden almacenar en el mismo sitio de las herramientas y equipos.



Figura 7. Área de almacenamiento de fertilizantes.



Igual que en los plaguicidas se debe tener un control mediante un inventario de cada uno de los productos (**Tabla 3**). Debe estar actualizado y disponible en la unidad productiva.

Tabla 3. Formato para el inventario de fertilizantes.

NOMBRE O LOGO DEL CULTIVO		INVENTARIO DE FERTILIZANTES (Deberá elaborarse uno por producto comercial)				
PRODUCTO:			REGISTRO ICA:			
COMPOSICIÓN:			CASA COMERCIAL:			
Fecha	Concepto	Nº Lote	Fecha Vencimiento	Entrada	Salida	Saldo

Los fertilizantes orgánicos deben estar almacenados en un sitio ventilado, sobre estibas e independientes de los demás insumos, a menos de 25 m de una fuente de agua, para evitar su contaminación. Este almacenamiento se puede hacer al aire libre, teniendo la precaución de taparlo.

Área de acopio y poscosecha en la unidad productiva

A medida que se va cosechando la fruta, se debe ir almacenando temporalmente con el fin de evitar la exposición directa al sol, la lluvia o que se contamine con agentes presentes en el ambiente o simplemente, para garantizar que las condiciones de calidad e inocuidad se mantengan hasta que el producto llegue al cliente final.

Por esto, es tan importante contar con un área de acopio y poscosecha cuando ésta última aplique, donde además se pueda almacenar la fruta de manera limpia y organizada, evitando que entre en contacto directo con el suelo (**Figura 8**).



Figura 8. Área de acopio y poscosecha.

Esta área deben tener las siguientes características:

- Contar con las condiciones de temperatura, humedad y ventilación aptas para mantener la calidad de la fruta.
- Estar protegida de tal forma que evite el ingreso de aves, roedores y animales domésticos.
- Las lámparas o bombillos deben contar con un mecanismo que evite el desprendimiento del vidrio, si éste se rompe.
- Los equipos y herramientas de la cosecha no deben ser utilizados en ninguna otra labor.
- Disponer de una fuente de agua potable que permita realizar la limpieza de equipos y herramientas y para las necesidades de higiene de los operarios.
- Los equipos y elementos utilizados deben ser de material inerte y lavable, deben permanecer en buen estado; los equipos de medición deben ser calibrados y revisados periódicamente.
- Las canastillas que contienen la fruta, no deben estar en contacto directo con el suelo, deben permanecer estibadas y separadas de la pared.
- El área donde debe permanecer aseada, de acuerdo a un plan de limpieza y desinfección. Es recomendable llevar registros de estas actividades.
- Tener avisos informativos claros, en buen estado y visibles e instructivos acerca de las practicas de higiene que se debe tener al estar en dicha área al manipular la fruta (**Figura 9**).



Figura 9. Normas básicas de higiene.

Áreas de instalaciones sanitarias

Los trabajadores deben tener acceso a servicios sanitarios dotados adecuadamente para llevar a cabo una correcta higiene y así garantizar el cumplimiento de las normas referentes a este aspecto, para evitar la contaminación cruzada del producto. Estas unidades deben presentar las siguientes características:

- Estar ubicados a una distancia tal que no representen foco de contaminación para el cultivo, ni para las áreas de acopio y poscosecha.
- Las unidades sanitarias pueden ser fijas o portátiles, construidas con materiales fáciles de limpiar y con sistemas de evacuación de aguas servidas diseñados para prevenir la contaminación.
- Estar muy cerca del área de trabajo y tener los elementos de aseo básicos como papel higiénico, jabón y toallas limpias para el secado de las manos.
- Permanecer limpios y en buen estado.
- Tener la señalización respectiva a la higiene, indicando la obligatoriedad del lavado de manos después de su uso.



Áreas destinadas al bienestar de los trabajadores

El factor más importante de toda actividad productiva, es el humano; suministrarle áreas agradables para que el trabajador guarde y tome sus alimentos es sinónimo de motivación y bienestar (**Figura 10**), por esta razón es recomendable disponer de una zona limpia en la unidad productiva para este fin, así como instalaciones para beber agua y lavarse las manos.



Figura 10. Área de descanso de los operarios.

Esta área debe ser independiente de las zonas de trabajo y contar con canecas de basura. Debe permanecer limpia y ordenada, de esta manera también se contribuye a garantizar la inocuidad del producto, procurando además, no dejar residuos que puedan ser foco de proliferación de agentes contaminantes.

Manejo del agua

El agua es uno de los recursos que más impacto tiene en la calidad e inocuidad del producto, de allí la importancia de conocer desde la planeación del cultivo, las fuentes de agua disponibles en la unidad productiva (**Figura 11**).

Utilizar aguas de baja calidad constituye una fuente directa y un medio de diseminación de contaminación en campo, de ahí la importancia de aplicar buenas prácticas agrícolas, para reducir



Figura 11. Fuente de agua disponible para el cultivo.

en lo posible estos riesgos en el producto cultivado, algunas de estas prácticas son:

Agua para riego

Debido a que las condiciones climáticas del país en las que se encuentra el cultivo de aguacate proporcionan la precipitación suficiente para el proceso productivo, no se hace necesario la instalación de un sistema de riego; sin embargo en caso de ser requerido se debe:

- Usar agua limpia. No se pueden utilizar aguas residuales sin tratar.
- Debe provenir de fuentes sostenibles.
- Contar con el permiso para su uso, otorgado por la autoridad competente.

- Conocer los parámetros que establece la ley sobre la calidad del agua para uso agrícola (Decreto 1594 de 1984).
- El agua de riego debe ser analizada para determinar sus componentes fisicoquímicos y microbiológicos.
- Realizar acciones correctivas en caso de resultados adversos.
- El análisis debe ser elaborado por un laboratorio acreditado en ISO 17025 (Sistema de Calidad para Laboratorios de Ensayo y Calibración).

El agua de mala calidad puede ser fuente directa de contaminación e importante vehículo de diseminación de enfermedades. Existe mayor posibilidad de contaminación por patógenos, si se realizan riegos en época de cosecha.

En el caso del cultivo de aguacate, por ser un frutal de tallo alto, el riesgo de contaminación es menor; sin embargo, se debe evitar cosechar frutas que entren en contacto directo con el suelo.

Agua para aplicación de insumos agrícolas

Al realizar aplicaciones de insumos agrícolas (plaguicidas o fertilizantes), hay que considerar que el agua utilizada sea adecuada, de tal manera que no se convierta en un vector de contaminación para el cultivo.

Los insumos agrícolas se comportan mejor o son más eficaces siempre y cuando las condiciones de pH, CE (Conductividad Eléctrica) y las concentraciones de metales pesados del agua usada para las aplicaciones, entre otras variables, se encuentren en unos valores adecuados; por esto es importante realizar análisis físico-químicos del agua y tener conocimiento de las condiciones de los insumos a aplicar, para, con la información obtenida

en los resultados de los análisis, optimizar las aplicaciones realizadas al cultivo (**Figura 12**).

Al preparar los insumos hay que verificar la calidad del agua, para evitar alteraciones en la efectividad de los mismos.



Figura 12. Aplicación de productos químicos para el cultivo con aguas adecuadas.

Agua en poscosecha

La poscosecha es el último eslabón de la cadena productiva, es decir, es el paso anterior a la distribución del producto, a punto que el consumidor final esté en contacto directo con él; razón por la cual, cualquier riesgo de contaminación que no haya sido considerado, puede tener un efecto negativo sobre la inocuidad y calidad del mismo. Por esto, el agua que se utiliza durante esta etapa, sea para el lavado de la fruta o para la aplicación de algún tratamiento químico, debe ser potable, según la legislación vigente, debido a que el mayor riesgo de contaminación se presenta cuando el producto entra en contacto con agua que inadecuada (**Figura 13**).



Figura 13. *Uso del agua en poscosecha*
 a. *Tratamiento con fungicida*
 b. *Lavado de fruta*

Cuando el agua no provenga de acueducto y no sea posible asegurar su calidad, se debe realizar un análisis microbiológico para determinar si su uso no representa riesgo para el producto y para la salud humana.

Debe haber un programa de muestreo y análisis del agua empleada en poscosecha, con una frecuencia mínima anual y conservar los registros tanto de los resultados, como de los tratamientos realizados, en caso de ser necesario su uso.

Manejo de suelos

Ante la pérdida progresiva de los recursos naturales, es importante tener en cuenta la forma de uso del suelo en la producción agrícola, pues esta actividad puede ser en gran parte, responsable del deterioro de los suelos, cuando se realizan prácticas como la tala, la quema, el sobrepastoreo, el exceso de fertilización, el uso excesivo e inapropiado de herbicidas y en general, la implementación de sistemas de siembra inapropiados, entre muchas otras prácticas, conduciendo a la pérdida de zonas cultivables.

Para un buen uso del suelo, inicialmente se realizan mapas y/o análisis de suelos,

como herramienta para reconocer el tipo y la calidad de éste; así se define si es apto para el cultivo de aguacate y los elementos que se deben corregir en él, para lo cual el asistente técnico debe realizar un plan de fertilización.

En segundo lugar, se implementan prácticas adecuadas de manejo de suelos para evitar problemas de erosión y compactación (**Figura 14**).

Dentro de estas prácticas podemos encontrar: el aporte de materia orgánica, labranza mínima, siembra en curvas a nivel, cobertura del suelo (coberturas vivas y/o coberturas muertas), localización de caminos y corredores internos, construcción de canales de drenaje, cordones de vegetación permanente (barreras rompevientos) y control de cárcavas, entre otras.





Figura 14. Prácticas adecuadas de manejo del suelo.

Nutrición de plantas

Para efectuar una buena nutrición del cultivo, se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Contar con un programa de fertilización basado en el análisis de suelo y foliar y la necesidad nutricional del cultivo.
- Elaborar y ejecutar el programa de fertilización bajo la responsabilidad de un asistente técnico.
- Contar con la ficha técnica, donde se indique el contenido de nutrientes y de metales pesados.
- Asegurar que los fertilizantes, abonos orgánicos y enmiendas, cuenten con el registro de venta otorgado por el ICA y se adquieran en almacenes autorizados.
- Llevar registro, cuando el abono sea preparado en la finca, origen del material vegetal, procedimientos de transformación y controles realizados.
- Antes de aplicar un abono orgánico se debe realizar una evaluación de riesgo, teniendo en cuenta la fuente y sus características. El estiércol utilizado como abono orgánico contiene microorganismos patógenos como *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Listeria*, *Campylobacter*, *Cryptosporidium* *Giardia lamblia*, considerados entre los parásitos más peligrosos. Por esta razón es necesario, que en caso de ser utilizados, deben ser aplicados en la resiembra o en estadios tempranos de desarrollo, para evitar contacto directo con el producto y por ende contaminación del mismo.
- Registrar todas las aplicaciones de fertilizantes, tanto foliares como edáficos, en un formato para tener un control de los insumos y así mismo garantizar su trazabilidad (Tabla 4).

Tabla 4. Formato para el control de insumos.

NOMBRE O LOGO DEL CULTIVO				FERTILIZACIÓN											
FECHA			LOTE	PRODUCTO	COMPOSICIÓN	MÉTODO DE APLICACIÓN		CANTIDAD APLICADA			EQUIPO DE APLICACIÓN		OPERARIO	RECOMENDADO POR	VISTA TÉCNICA N°
D	M	A				Edáfico	Foliar	cc/l	g/árbol	Total (l/kg)	Dosificador	Bomba de Espalda - Estaciona			

Protección del cultivo

Manejo integrado

Establecer un programa de control fitosanitario es importante a la hora de brindar protección al cultivo. Es necesario conocer las plagas que pueden afectar el cultivo del aguacate y determinar los umbrales en los cuales causan daño económico y de acuerdo con esta información, establecer sistemas de monitoreo permanentes, que permitan identificar a tiempo la presencia de estas plagas (Figura 15) e implementar estrategias de control adecuadas al grado o nivel de daño causado, teniendo en cuenta el Manejo Integrado de Plagas (MIP) que incluyan como última opción el uso de agroquímicos.



a



b



c



d

Figura 15. Plagas que atacan el cultivo del aguacate.
a: Escama protegida; b: Pasador del fruto;
c: Monalonion; d: Compsus

Aunque el uso de agroquímicos es importante para mantener la sanidad y la calidad del cultivo, deben aplicarse de manera tal que no contaminen el producto, el medio ambiente y que tampoco pongan en riesgo la salud de los trabajadores. Estas técnicas de manejo deben ser orientadas bajo el criterio de un profesional en el área. A continuación se describen las estrategias de manejo integrado de plagas:

Labores de prevención

La mejor medida de prevención es tener un cultivo bien fertilizado y libre de malezas, medidas que se complementan con las podas y el uso de trampas de luz y trampas pegantes (Figura 16), según el tipo de insecto, a fin de mantener las poblaciones plaga por debajo del nivel de daño económico.

Labores de observación y control

Todas las aplicaciones de productos agroquímicos deben estar justificadas mediante los datos arrojados de los monitoreos de plagas en el campo, el cual debe corresponder al 10% del cultivo y se debe realizar mínimo una vez al mes. Estas deben quedar registradas (Tabla 5).



Figura 16. Uso de trampas pegantes para el manejo de plagas.

Tabla 5. Formato para el monitoreo de plagas y enfermedades.

NOMBRE / LOGO DEL CULTIVO		MONITOREO PLAGAS Y ENFERMEDADES																			
FECHA:																					
LOTE:																					T: Trips A: Acaros M: Monaloniion E: Epitrix Mu: Mulita G: Gusano S: Sphaceloma AN: Antracnosis MB: Mosca blanca
MONITOR:																					
N°	T	A	M	E	Mu	G	S	AN	MB	N°	T	A	M	E	Mu	G	S	AN	MB		
1										46											
2										47											
3										48											
A											A	N° sitios monitoreados									
B											B	N° sitios con plaga o enfermedad									
C											C	N° total de individuos									
% Seve											% SEVERIDAD= C ÷ B										
% Incid											% INCIDENCIA= (B ÷ A) X 100										



Labores de intervención

Las aplicaciones de plaguicidas van a depender del resultado del monitoreo y se realizan por parte de un profesional competente, dejando evidencia de ello en el registro de visita de asistencia técnica (**Tabla 6**).

Tabla 6. Formato para el registro de asistencia técnica.

NOMBRE /LOGO DEL CULTIVO		REGISTRO DE ASISTENCIA TÉCNICA	
Visita N°.		Fecha:	
Nombre asistente técnico:		T.P.:	
Cultivo:		Edad del cultivo:	
SITUACIÓN ENCONTRADA:			
RECOMENDACIONES:			
Nombre del producto	Dosis	Método de aplicación	Intervalo aplicaciones
Firma del técnico:			

Elección del producto fitosanitario

Para la elección del producto fitosanitario adecuado, se deben emplear plaguicidas registrados ante el ICA para el cultivo y para la plaga, según recomienda la etiqueta del producto, conservar la factura de la compra de los plaguicidas, disponer de la lista de los plaguicidas prohibidos, tener la hoja de seguridad de cada producto y demostrar la competencia del asistente técnico que recomienda el producto.

Equipos de protección personal

La ropa de protección debe ser considerada la primera línea de defensa para el operario; debe ser confortable y a la vez, debe brindar suficiente protección. El mínimo requerimiento es una ropa ligera que cubra la mayor parte del cuerpo y que evite la penetración de los agroquímicos; además, se deben usar botas, guantes, gafas y mascarillas.

La ropa y equipo de protección deben estar en buenas condiciones y tener todos los elementos completos, según lo indiquen las instrucciones de las etiquetas de los agroquímicos e insumos aplicados. Deben limpiarse después de haberlos usado y almacenarse en un sitio ventilado, separados de los plaguicidas y de otros agroquímicos que puedan contaminarlos.

Los operarios se pueden contaminar por varias vías, son la piel, la boca, la nariz y los ojos; ya sea inhalando el producto, recibiéndolo en la piel o en caso de caer accidentalmente en los ojos.

Esto puede ocurrir cuando hay derrames, filtraciones o salpicaduras al abrir el envase, al aplicar contra el viento, con el uso de productos volátiles o al reenvasar, sin las condiciones adecuadas. Para reducir estos riesgos se recomienda usar los equipos de protección personal.

Características de los Elementos de Protección

Guantes: Usar siempre guantes sin forro, largos, flexibles y del tamaño adecuado. Se recomiendan de nitrilo, porque dan buena protección ante una amplia gama de productos fitosanitarios.

Botas: Botas de goma, sin forro, que lleguen hasta la rodilla. El pantalón debe ir encima de la bota para que el producto escurra sobre ella.

Protector Facial y Gafas: El protector facial corresponde a una lámina transparente semi rígida que protege los ojos y el rostro de salpicaduras. Las gafas sólo protegen los ojos; buscar aquellas que no se empañen.

Respiradores: Los respiradores son elementos para proteger la nariz y la boca de la neblina de aspersión. Los filtros son

fibras que atrapan y retienen partículas perjudiciales y/o solventes. Bien elegidos y bien usados, permiten el paso libre del aire limpio para que el operario pueda seguir trabajando con seguridad. La etiqueta del producto indica cuándo usar un respirador y qué tipo. La duración del filtro es limitada. Debe ser reemplazado apenas se sienta olor o al tener dificultades al respirar.

Traje de Protección: El traje debe ser del tamaño adecuado para el aplicador, de modo que trabaje cómodo, no debe presentar roturas ni partes gastadas, se debe inspeccionar continuamente y reemplazarlo según sea el caso. La impermeabilidad y duración del traje dependerá del material con el cual está confeccionado. Los materiales más empleados son PVC, hule y Tyvek. Actualmente, hay materiales más innovadores, como son los trajes en tela anti-fluidos.





Plazos de seguridad

Al realizar una aplicación es recomendable señalar el lote aplicado para evitar que las personas ingresen al área tratada y se contaminen. Se puede usar un letrero o una bandera de color, de tal forma que todo el personal lo reconozca como "No Ingresar" (Figura 17).

Este tiempo de espera entre la aplicación del producto y el ingreso al área tratada se conoce como período de reingreso y se expresa en horas. Esta información se encuentra en la etiqueta del producto, en el área de instrucciones de uso.

Es perentorio considerar este tiempo cuando es necesario realizar una labor posterior a la aplicación. Después de una aplicación quedarán residuos en la fruta que irán disminuyendo con el tiempo; cuando estos residuos ya no son peligrosos para el consumidor, es decir están bajo el límite establecido, se puede cosechar y consumir sin ningún riesgo.

El tiempo que transcurre entre la aplicación y la cosecha se conoce como "período de carencia". La carencia es fundamental para proteger al consumidor y las BPA exigen llevar un registro de todos los productos aplicados con sus



Figura 17. Señalización preventiva después de una aplicación de productos en el cultivo.

Registros de aplicación de producto fitosanitario

Las aplicaciones que se hagan deben quedar registradas, en formatos que incluyan información relevante, para garantizar que se realicen adecuadamente, con un criterio técnico, respetando las dosis, frecuencias de aplicación, plaga, períodos de carencia y de reingreso (Tabla 7).

Tabla 7. Formato para el registro de aplicaciones de productos.

NOMBRE O LOGO DEL CULTIVO				FUMIGACIÓN												
FECHA			LOTE	INSUMOS	INGREDIENTES	PR. (Hora)	P.C. (Días)	PLAGA	DOSIS		EQUIPO DE APLICACIÓN	SOBRANTE		OPERARIO	RECOMENDADO POR	VISITA TÉCNICA N°
D	M	A							cc/l	g/l		Total de producto aplicado	B.E.			

B.E: Bomba de Espalda – E: Estacionaria - P.R.: Período de Reingreso - P.C.: Período de Carencia

Equipo de aplicación

El equipo de aplicación debe mantenerse en buenas condiciones, realizando calibraciones y mantenimientos periódicos, esto garantiza una óptima aplicación, un mayor aprovechamiento de los insumos, un costo racional del proceso y un control efectivo (Figura 18).

Se debe tener en cuenta que las boquillas que se utilizan para aplicación de productos, con el uso, van teniendo un desgaste natural, razón por la cual se deben calibrar con frecuencia y cambiar cuando su descarga se aumente significativamente. El tiempo de desgaste depende de su uso. Las calibraciones deben quedar registradas (Tabla 8).



Figura 18. Equipos de aplicación aptos para su uso.

Tabla 8. Formato para el registro de calibración de equipos de aplicación.

NOMBRE O LOGO DEL CULTIVO			CALIBRACIÓN DE EQUIPOS DE APLICACIÓN (Se deberá identificar o marcar cada uno de los equipos de aplicación)											
FECHA	EQUIPO		DESCARGA BOQUILLA (cc/min)				ÁREA DETERMINADA M ²	AGUA GASTADA (L)				L/Ha (10.000 m ² x B)/A	OPERARIO	OBSERVACIONES
	B.E.	E	Toma (T1)	Toma (T2)	Toma (T3)	Promedio		Toma (T1)	Toma (T2)	Toma (T3)	Promedio			
							A					B		

B.E: Bomba de Espalda – E: Estacionaria

Si se dispone de varios equipos de aplicación, estos deben estar identificados. Los equipos que se utilizan para la aplicación de herbicidas deben estar marcados como “herbicidas” y solamente usarlos para aplicar estos productos.



Envases vacíos de productos fitosanitarios

Los residuos de plaguicidas que quedan en los envases son fuente de contaminación, por lo que se deben eliminar; para esto, se recomienda utilizar la técnica del triple lavado (Figura 19), la cual consiste en:

1. Una vez que se ha terminado el contenido del envase.
2. Se procede a echarle agua limpia hasta la tercera parte del envase.
3. Se tapa y se sacude bien.
4. Se vierte el contenido en el tanque donde se está preparando el producto.
5. Se vuelve a realizar lo anterior por dos veces más; esto elimina el 99% de residuos en los envases.
6. Finalmente éstos se deben inutilizar haciéndoles un hueco en el fondo, con el fin que ninguna persona los use para almacenar agua o alimentos, ya para animales o seres humanos.



Figura 19. Descripción de la técnica del triple lavado.

El almacén de envases vacíos de plaguicidas debe ser seguro, señalizado y con registros de entrega a las entidades autorizadas para su disposición final.

Gestión de los excedentes de productos fitosanitarios

Tanto los sobrantes de las aplicaciones de plaguicidas, como de las aguas producto del lavado de los equipos de protección personal y de aspersión, se deben manejar adecuadamente, disponiendo de éstos de tal manera que no contaminen el agua y el suelo, en áreas improductivas donde no circulen personas ni animales (áreas de barbecho) o en estructuras como pozos de desactivación de aguas contaminadas con agroquímicos (Figura 20).



Figura 20. Área de disposición de residuos de productos agroquímicos.

Producto fitosanitario caducado

No se deben acumular pesticidas. Se deben comprar cantidades de acuerdo a la necesidad.

Los productos caducados deben ser conservados en un lugar seguro, identificados y eliminados a través de empresas autorizadas, los fabricantes o en su defecto, los distribuidores, quienes son responsables de su recuperación cuando sea técnica y económicamente factible.

Residuos de plaguicidas

Los niveles elevados de residuos de plaguicidas en las cosechas pueden ser un peligro para las personas que consumen los productos hortofrutícolas. Para regular los residuos de plaguicidas, existe un límite legal conocido como Límite Máximo Residual (LMR) para cada plaguicida. Este límite se utiliza para proporcionar la certeza que no producirán efectos adversos en el consumidor.

Para respetar los LMR se debe:

- Respetar los plazos de seguridad de los productos fitosanitarios.
- Contar con un asistente técnico capacitado y con experiencia en las recomendaciones de aplicación de agroquímicos en el cultivo.
- Realizar un manejo integrado de plagas y enfermedades, reduciendo el uso de agroquímicos.
- No exceder las dosis recomendadas para cada producto de acuerdo a la ficha técnica del mismo.
- Mantener calibrados y en buen estado los equipos de aplicación.

Anualmente se debe efectuar un análisis de residuos en un laboratorio acreditado. Además, se debe tener el listado de los límites máximos de residuos del país destino del producto.

Cosecha

La cosecha es el primer contacto directo que se tiene con el producto, es por eso que a partir de ese momento y en las etapas siguientes del proceso, los riesgos de contaminación son mayores, debido a que el producto se encuentra más expuesto a un mayor número de agentes o vectores de contaminación.

Es importante identificar los riesgos a los cuáles se encuentra expuesto el producto y tomar las medidas necesarias para minimizarlos o evitarlos, por esta razón se recomienda seguir las siguientes instrucciones:

- Realizar antes de la cosecha, la limpieza y desinfección de las herramientas que se utilizarán en la cosecha (bolsos recolectores, tijeras, canastillas, entre otras) (**Figura 21**). Esta actividad debe quedar registrada (**Tabla 9**).



Figura 21. Elementos utilizados para la cosecha y poscosecha.



Tabla 9. Formato para el registro de limpieza y desinfección de elementos para la cosecha.

NOMBRE O LOGO DEL CULTIVO			LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN											
FECHA			INSTALACIONES Y HERRAMIENTAS							DOSIS				
D	M	A	Tijeras	Bolsos Recolectores	Acopio	Mesas Selección	Canastillas	Transporte Interno	Transporte Externo	Producto utilizado	cc/l	g/l	Operario responsable	Observaciones

- Verificar hábitos de higiene de los trabajadores. Como parte, de las prácticas de higiene el operario debe asumir una conducta apropiada y no contribuir a la contaminación de la fruta. Por lo que se recomienda a los operarios seguir unas normas mínimas de higiene, como: Bañarse diariamente, no excretar al aire libre (usar unidades sanitarias), lavar y desinfectar sus manos, vestir ropa limpia, usar zapatos cerrados, usar pantalón largo y camisa con mangas largas, mantener el cabello cubierto (los hombres deben utilizar gorra o sombrero y las mujeres recogerse el cabello) para evitar encontrarlos en el producto, mantener las uñas limpias y cortas, no usar reloj, pulseras, anillos, aretes, ni cadenas.
- No fumar, comer, drogarse, escupir, masticar chicle, así como introducir al cultivo materiales que no sean los de trabajo, como envases de vidrio u otro material.
- Evitar personal enfermo. Si no se encuentra en condiciones óptimas de salud, se debe informar al supervisor del cultivo, así como notificar cualquier cortada o herida sangrante.
- Eliminar frutos que entren en contacto con fluidos corporales.
- Estar capacitado sobre higiene y manipulación de alimentos.
- Evitar el contacto de la canastilla con el suelo. Colocarlas siempre sobre estibas, plásticos o canastillas vacías. No recoger fruta del suelo o que se haya caído durante el proceso, esta fruta debe ser almacenada en una canastilla aparte y se debe identificar, al igual que la fruta que esté afectada por plagas o enfermedades.
- Una vez cosechado el producto debe almacenarse en lugares de acopio que lo protejan de condiciones adversas, de plagas u otros agentes contaminantes y por ende que garanticen su inocuidad y calidad. El tiempo de espera de la fruta en el campo para ser transportada al área de acopio, debe ser el mínimo posible.
- La cosecha debe quedar registrada para llevar un control de producción, que permita determinar los volúmenes con los cuáles se puede contar y para garantizar que los períodos de carencia se están respetando (Tabla 10).

Tabla 10. Formato para el control de producción

NOMBRE O LOGO DEL CULTIVO				COSECHA			
FECHA			LOTE	VARIEDAD	PRODUCCIÓN OBTENIDA (Kg)	OPERARIO RESPONSABLE	OBSERVACIONES
Día	Mes	Año					

- Si la unidad productiva es de grandes extensiones, conviene disponer de un transporte interno, según los volúmenes producidos y debe mantenerse limpio y en buen estado, de tal manera que no represente un riesgo de contaminación del producto.
- El vehículo que transporta la fruta, tanto internamente en el predio, como externamente, debe estar libre de agentes contaminantes. La estructura debe ser cerrada y construida con materiales que permitan una limpieza fácil y la desinfección completa. Todos los vehículos se deben inspeccionar antes de cargar el producto con el fin de asegurarse que se encuentren en buenas condiciones sanitarias.
- El aguacate no se debe transportar con otros productos que ofrezcan riesgos de contaminación u olores fuertes. Se debe llevar registro del transporte de la fruta (**Tabla 11**).

Tabla 11. Formato para el registro del transporte de la fruta.

NOMBRE O LOGO DEL CULTIVO			TRANSPORTE DEL PRODUCTO				
FECHA	HORA LLEGADA	HORA SALIDA	TIPO DE VEHÍCULO	NOMBRE CONDUCTOR	VARIEDAD A DESPACHAR	CANTIDAD (Kg)	DESTINO



Poscosecha

Este proceso es el que acondiciona el producto para el mercado en fresco. Las operaciones que allí se realizan, como lavado, tratamiento con agroquímicos, selección y empaque, contribuyen a mantener la calidad del producto, extender su vida útil y garantizar al consumidor productos que no les transmitirán enfermedades.

Cuando durante el proceso sea necesario el uso de insumos, como desinfectantes o agroquímicos para la limpieza y adecuada presentación del producto, deben tener registro de la autoridad competente para su uso en la industria de alimentos; asimismo, deben ser recomendados por una persona competente en el área y aplicados bajo la supervisión del mismo; todas la aplicaciones deben quedar registradas (**Tabla 12**).

Tabla 12. Formato para el registro de tratamientos poscosecha de la fruta

NOMBRE O LOGO DEL CULTIVO				TRATAMIENTO DE LA FRUTA									
FECHA			FRUTA DEL LOTE	Tipo de Tratamiento			PRODUCTO				L DE AGUA PREPARADA	AREA DONDE SE REALIZO EL TRATAMIENTO	
D	M	A		Pedúnculo	Inmersión	Fumigación	NOMBRE COMERCIAL	INGREDIENTE ACTIVO	DOSIS cc/l	ENFERMEDAD		Campo	acopio

Higiene del personal

A continuación se detallan las prácticas que el personal responsable de la poscosecha de la fruta debe realizar:

- Estar capacitado en prácticas higiénicas de manipulación de alimentos y debe cumplirlas a lo largo del proceso.
- Bañarse diariamente antes de iniciar las labores de trabajo con abundante agua limpia y jabón.
- Utilizar ropa de trabajo (gorra, camiseta, pantalón y calzado limpio), en buenas condiciones y apropiadas para las labores a desempeñar (**Figura 22**).



Figura 22. Uso de implementos de higiene para la manipulación de fruta en poscosecha



- Si se encuentra enfermo debe informar a la administración. Ninguna persona con una enfermedad infectocontagiosa (gripa, diarrea, vómito, dolor de estómago, hepatitis, entre otras), deberá trabajar en la manipulación de la fruta.
- Cubrir cortes y heridas con vendajes impermeables.
- Mantener el cabello y barba cubiertos.
- Mantener las uñas cortas, limpias y sin esmalte.
- No utilizar durante la manipulación de la fruta anillos, pulseras, cadenas u otros objetos personales.
- No toser o estornudar sobre la fruta.
- En caso de utilizar guantes, antes de su postura, se deben lavar y desinfectar las manos y después lavar y desinfectar los guantes.
- Durante la jornada de trabajo no comer, fumar, escupir, masticar, usar perfumes o joyas.

Se deben lavar las manos a conciencia al inicio de la jornada de trabajo, después de utilizar los baños, al regresar de algún descanso, al estornudar o toser sobre éstas, al tocar superficies y herramientas como escobas, trapeadores, elementos de limpieza en general, antes y después de comer o beber, después de haber manipulado dinero o basuras y después de tocar o de rascarse una herida.

Higiene en las instalaciones

El área donde se lleve a cabo este proceso debe estar construida con materiales que faciliten las operaciones de limpieza y desinfección, permanecer organizada, de acuerdo a un Plan de Limpieza y Mantenimiento y contar con agua potable, de acuerdo con la reglamentación vigente.

- Tener instalaciones sanitarias suficientes para el personal que labora, separadas del área de proceso; con lavamanos, dotados con jabón sin olor y toallas de papel, próximos al sitio de proceso.
- No se debe permitir la entrada de animales domésticos (callejeros o mascotas de visitantes), a las instalaciones de manipulación e implementar un plan de desinfección y control de plagas y roedores, incluyendo los empaques.
- Si el producto es empacado en bolsas, cajas u otro tipo de embalaje, éstos también deben ser almacenados en áreas adecuadas, limpias, organizadas (**Figura 23**) y que no representen ningún riesgo de contaminación directa o cruzada.



Figura 23. Áreas adecuadas de almacenamiento de la fruta.



Documentación, registros y trazabilidad

La trazabilidad es un sistema que permite conocer la trayectoria de un alimento a través de las diferentes etapas del proceso productivo y de los diferentes segmentos de la cadena productiva (Figura 24).



Figura 24. Codificación para seguir la trazabilidad de la fruta.

Esta permite identificar puntos críticos en caso de presentarse una emergencia sanitaria y retirar los productos contaminados rápidamente, sin perjudicar el resto de la producción. La trazabilidad se puede dividir en interna y externa.

Trazabilidad interna

Es el seguimiento que queda en registros sobre todo el proceso productivo del aguacate, para ello se hacen necesarios los siguientes registros:

1. Análisis de laboratorio:

Análisis de agua: Sirve para comprobar que el agua que se utiliza es potable, que reúne las condiciones mínimas para ser utilizada en todos los procesos que se requieran en la finca. **Análisis de suelo:** Estos registros son de vital importancia para revisar las aplicaciones

de enmiendas y fertilizantes. **Análisis de residualidad:** Permite verificar que la fruta que le llega al consumidor final está libre de trazas de plaguicidas o que está cumpliendo el límite máximo permitido en el país destino.

2. Registros del material vegetativo que adquiere o produce la finca.
3. Registro de aplicación de plaguicidas y fertilizantes.
4. Registros de calibración de equipo.
5. Registro de inventario de insumos (fertilizantes y plaguicidas).
6. Registro de cosecha.
7. Registro de limpieza y desinfección.
8. Registro del transporte de la fruta.

El manejo de registros por lotes de producción, es parte fundamental de este mecanismo de identificación, ya que a través de éstos, se evidencian todos los procesos a los que ha sido sometido el aguacate desde su siembra hasta la producción.

Trazabilidad externa

La trazabilidad externa comprende los registros que se generan después que el productor entrega su fruta al centro de acopio o intermediario.

Si pertenece a un grupo organizado que comercializa su fruta, debe registrar la fecha de recibo, cantidad y calidad de la fruta recibida, nombre del productor y de la finca de procedencia, responsable del recibo y clasificación del aguacate, fecha de ingreso al sistema de enfriamiento y temperatura del cuarto frío, fecha de salida de la fruta, cantidad, calidades de entrega, nombre del transportista y número de placa y destino del envío.

Salud, seguridad y bienestar del trabajador

El trabajador es parte fundamental en la gestión eficiente y segura de los predios. Tanto el personal del cultivo, los subcontratistas, como los productores, deben velar por la calidad de la fruta, la conservación del medio ambiente y la salud y seguridad del trabajador. Para garantizar este último aspecto, se deben seguir las siguientes recomendaciones:

- Garantizar al personal vinculado a la finca la afiliación al sistema de seguridad social y al sistema de riesgos profesionales, según la legislación vigente.
- Cerciorarse del buen estado de salud del personal de la finca exigiendo un chequeo médico por lo menos una vez al año.
- Verificar el cumplimiento de las prácticas higiénicas del personal establecidas en la finca.
- Capacitar y entrenar al trabajador en la labor específica que realice en la finca.
- Entregar por escrito y en forma detallada la información de las actividades objeto de capacitación.
- Proporcionar al trabajador el equipo necesario para el desempeño de sus labores y la protección de su integridad física.
- Capacitar por lo menos a una persona para prestar en forma idónea los primeros auxilios.
- Ejecutar un plan de capacitación permanente y guardar soporte de las capacitaciones dictadas (**Tabla 13**).

Tabla 13. Formato para el registro del plan de capacitación permanente.

TEMA	PLAN DE CAPACITACIÓN PERMANENTE																								
	2013																								
	ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				
	SEMANA				SEMANA				SEMANA				SEMANA				SEMANA				SEMANA				
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
MANIPULACIÓN DE ALIMENTOS																									
USO Y MANEJO SEGURO DE AGROQUÍMICOS																									
CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DE ASPERSIÓN																									
MANEJO DE EXTINTORES																									
PRIMEROS AUXILIOS																									
RIESGOS PROFESIONALES																									
PRÁCTICAS HIGIÉNICAS DE PERSONAL																									
ATENCIÓN Y PREVENCIÓN DE EMERGENCIAS																									
MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS																									
MANEJO DE HERRAMIENTAS																									
PANORAMA DE RIESGOS																									
	PROGRAMADA								REALIZADA																



Protección ambiental

Actualmente, es de vital importancia el cuidado del ambiente, para lo cual es recomendable que el productor tenga presente:

A la hora de realizar los trabajos de la finca, vigilar que no se contamine el medio ambiente, dejando zonas de linderos entre el cultivo y las corrientes de agua.

No eliminar bosques naturales para establecer siembras nuevas. Muchos de los cambios climáticos, como el calentamiento global, son causados en parte por la deforestación indiscriminada de las últimas décadas, por lo que es responsabilidad de todos velar por deforestación (Figura 25).



Figura 25. Cultivo de aguacate con prácticas ambientalmente sostenibles.

Conocer los aspectos que generan impacto ambiental y promover la mejora y la preservación del medio ambiente donde se llevan a cabo las actividades agrícolas, con base en el impacto de estas actividades, elaborar e implementar un plan de gestión de conservación del ambiente (Tabla 14).

Tabla 14. Formato del plan de gestión de conservación del ambiente.

NOMBRE / LOGOTIPO DE LA EMPRESA	IDENTIFICACIÓN GENERAL DE IMPACTOS									
	COMPONENTE AMBIENTAL	IMPACTO	ACTIVIDADES DE CAMPO							OTROS
ADECUACIÓN DEL TERRENO			TRAZADO DE LA PLANTACIÓN	SIEMBRA	PODAS U OTRAS LABORES CULTURALES	FERTILIZACIÓN	RIEGO	CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES	COSECHA	
AGUA	DISMINUCIÓN DE RECURSO									
	VERTIMIENTO POR PLAGUICIDAS									
AIRE	EMISIÓN DE GASES									
	EMISIÓN DE OLORES									
SUELO	CONTAMINACIÓN QUÍMICA									
	CAMBIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS									
FLORA Y FAUNA	DISMINUCIÓN DE LA ABUNDANCIA RELATIVA									
	DISMINUCIÓN DE LA DIVERSIDAD									
SOCIAL	GENERACIÓN DE EMPLEO									
	DERMATITIS Y ALERGIAS									

IMPACTO BAJO



IMPACTO MEDIO



IMPACTO ALTO



Manejo de residuos líquidos

Los residuos generados en la actividad productiva deben manejarse adecuadamente, previniendo su generación, mediante el uso racional de mezclas de agroquímicos, preparándolos en las dosis recomendadas en las cantidades necesarias y en caso de sobrantes, disponer los evitando siempre contaminar agua y suelo, depositándolos en áreas improductivas (áreas de barbecho), ubicándolos donde no circulen personas ni animales o en estructuras como pozos de desactivación de aguas contaminadas con agroquímicos (**Figura 26**).

Las aguas domésticas deben ser conducidas mediante pozos sépticos a los cuales se les debe hacer un adecuado mantenimiento, para evitar la contaminación de fuentes de agua y suelos.



Manejo de residuos sólidos

Se debe disponer de recipientes adecuados para la clasificación de los residuos sólidos generados en la actividad productiva y disponer de ellos, evitando contaminar el medio ambiente (**Figura 26**). Los residuos especiales, como envases de agroquímicos y uniformes utilizados en la labor de fumigación, deben ser dispuestos acorde con la ley y tener los debidos soportes de entrega a entidades autorizadas para su disposición final.

Todas las actividades que se realicen en el proceso productivo deben ir encaminadas a cumplir con los tres pilares de las BPA, protección del medio ambiente, protección al ser humano y garantía de inocuidad del producto. Poniendo en práctica lo expuesto en este capítulo, es posible obtener una producción basada en Buenas Prácticas Agrícolas.



Figura 26. Recipientes para la disposición de residuos sólidos generados en la actividad productiva.

III. NUTRICIÓN Y FERTILIZACIÓN



III. NUTRICIÓN Y FERTILIZACIÓN

Álvaro Tamayo V.¹
Walter Osorio V.²

Características de los suelos

Clima frío

En términos generales los suelos de clima frío en Colombia tienen una relativa baja disponibilidad de nutrientes, desbalances nutricionales y el pH del suelo es normalmente bajo, lo que hace que se consideren entre extremadamente a fuertemente ácidos (4,5 - 5,5). El aluminio intercambiable generalmente es menor de 3,0 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ de suelo; no obstante, puede representar hasta el 60% de la capacidad de intercambio catiónico (Muñoz, 1998).

En estos suelos de clima frío, la materia orgánica humificada desempeña un papel preponderante en las propiedades físicas, generando suelos bien estructurados y estables (Zapata y Osorio 2010). En cambio, en la parte química esta contribuye en forma notoria en la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) y en la capacidad buffer del suelo (Zapata, 1998); sin embargo, su tasa de descomposición es muy baja ($\sim 0,1\%$) y, por ende, aporta poco nitrógeno, fósforo y azufre inorgánico. Por tal razón, los cultivos que se establecen en esta región (hortalizas y frutales) responden positiva y significativamente a aplicaciones de enmiendas orgánicas (compost, gallinaza, lombricompost,

entre otros) que exhiben una mayor mineralización (Tamayo *et al.*, 1998). Otra característica importante en estos suelos, es la alta capacidad de cambio aniónico y la fijación de fosfatos, lo cual se atribuye a los altos contenidos de alófana, goetita e imogolita y a complejos húmico-alofánicos (Shoji *et al.*, 1993). Por otro lado, los contenidos de calcio y magnesio tienden a ser bajos por la alta lixiviación.

Sin embargo, el potasio puede estar en valores medios a altos, debido a que el material parental (cenizas volcánicas y feldespatos de potasio, entre otros), aún contribuye con el aporte de este elemento. Los elementos menores catiónicos (hierro, manganeso, cobre, zinc) suelen estar en contenidos altos a medios; en contraste, boro y molibdeno tienden a estar en baja disponibilidad (Jaramillo, 1995; Muñoz, 1998).

En la década del 70 (Siglo XX), se utilizó en estos suelos, cal agrícola en dosis tan altas, como 20 - 30 $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$ para neutralizar la acidez; otros elementos como el magnesio y potasio no se aplicaron tan regularmente y en algunos cultivos se generaron desbalances de bases y deficiencias de estos elementos.

¹ I.A. M.Sc. Suelos. Investigador Máster. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica, C.I. La Selva. Rionegro, Antioquia, Colombia. Correo electrónico: atamayo@corpoica.org.co

² I.A. Ph.D. Docente e Investigador. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Facultad de Ciencias. Medellín, Colombia. Correo electrónico: nwsorio@unal.edu.co



Clima medio

En Colombia, el piso térmico medio o templado abarca la franja altitudinal entre 1.000 y 2.000 metros. Los suelos se distinguen por un relieve quebrado que favorece los procesos erosivos, siendo moderadamente evolucionados y su naturaleza mineralógica es acentuadamente variable. Predominan los suelos de origen volcánico, particularmente en las zonas de producción de café (Guerrero, 1995).

En estos suelos se encuentran valores de pH de 5,0 - 6,0 (fuerte a moderadamente ácidos), el contenido de aluminio intercambiable fluctúa de bajo a medio y los contenidos de materia orgánica son muy variables, usualmente en el rango de 3 - 5%, pero en suelos formados a partir de ceniza volcánica se pueden encontrar niveles entre 15 - 20%. Los contenidos de fósforo disponibles, son normalmente bajos (<15 mg.kg⁻¹=ppm) y medios a altos en potasio intercambiable (0,15 - 0 - 3 y >0,3 cmol_c.kg⁻¹). En general, estos suelos son de mediana fertilidad con alta probabilidad de respuesta a las aplicaciones de nitrógeno (N) y fósforo (P). Un alto porcentaje de estos suelos exhiben un bajo contenido de magnesio intercambiable y la relación calcio/magnesio tiende a ser amplia (>3) (Guerrero, 1995).

El exceso de calcio (Ca), por antagonismo iónico, puede inducir deficiencia de magnesio (Mg). En relación con los elementos menores presentan contenidos bajos de boro (B) (<0,5 mg.kg⁻¹), cobre (Cu) (<1,0 mg.kg⁻¹) y zinc (Zn) (<1,5 mg.kg⁻¹). Los suelos generalmente tienen una buena disponibilidad de hierro (Fe) y manganeso (Mn) (Marín, 1986).

Clima cálido

El clima cálido comprende regiones localizadas a altitudes <1.000 metros; la temperatura es superior a 24°C, cubre aproximadamente el 80% de la extensión territorial del país e incluye las llanuras costeras del Caribe y del Pacífico, los Valles del Magdalena, Cauca, Cesar, Sinú, Catatumbo y Patía, entre otros y las extensas regiones de la Orinoquía y Amazonía. De acuerdo con Marín (1986) y Guerrero (1996), las características generales de las principales regiones de clima cálido, se resumen a continuación.

Costa Atlántica

Los suelos son de origen aluvial, marino y/o lacustre, en general más o menos bien drenados, excepto aquellas áreas aledañas a los ríos que sufren inundaciones periódicas. Los suelos no inundables, mecanizables tienen niveles de fertilidad variable.

Valle del Bajo Magdalena

Los suelos de esta región son predominantemente de naturaleza aluvial, originados de sedimentos arenosos, limosos y arcillosos. La mayor parte del área está siendo utilizada en la explotación de ganadería de carne y en menor proporción, en cultivos como algodón, arroz, sorgo y maíz. La mayor limitante para el uso de la tierra es el exceso de agua durante la estación lluviosa.



Llanos Orientales

Los suelos de esta región se han desarrollado bajo condiciones de alta precipitación y temperatura, a partir de sedimentos aluviales lavados, originando suelos muy ácidos y pobres. Son suelos que presentan concentraciones tóxicas de aluminio y su fertilidad es baja o muy baja, ya que presentan deficiencias en casi todos los nutrientes esenciales. Las zonas de piedemonte y de los planos aluviales tienen condiciones de fertilidad menos adversas.

Valle del Alto Magdalena

Esta región está localizada en la parte central del país, entre las cordilleras Central y Oriental, incluye terrazas y planadas aluviales, así como planicies semidesérticas. En términos generales, los suelos de esta región son fértiles y apropiados para el desarrollo de una agricultura tecnificada.

Valle del Cauca

Los suelos se han desarrollado principalmente a partir de depósitos aluviales, compuestos principalmente de sedimentos arcillosos y de arenas volcánicas, existiendo también en los extremos Sur y Norte, fuertes influencias de cenizas volcánicas. Tradicionalmente se han considerado los suelos del Valle del Cauca como de alta fertilidad; sin embargo, en los últimos años una buena parte de ellos se han tornado deficientes en potasio y ocasionalmente en fósforo, particularmente en aquellas áreas bajo explotación agrícola intensiva; de otra parte la ocurrencia de suelos salinos y sódicos se ha incrementado acentuadamente.

Funciones de los macronutrientes

Nitrógeno (N)

El papel más importante del N en las plantas es su participación en la estructura de las moléculas de proteína, de aminoácidos, ácidos nucleicos, adenosin trifosfato (ATP), vitaminas y fosfolípidos. En consecuencia, el N está involucrado en la mayoría de las reacciones bioquímicas determinantes para la vida vegetal. El N tiene también un importante papel en el proceso de la fotosíntesis, debido a que es indispensable para la formación de la molécula de clorofila (Glass, 1989).

El N es el componente de vitaminas que tienen una importancia extraordinaria para el crecimiento de la planta. Entre otras funciones importantes del nitrógeno están las de favorecer el crecimiento del follaje, el desarrollo de los tallos y promover la formación de frutos y granos; contribuye, en resumen, a la formación de los tejidos y se puede decir que es uno de los elementos más importantes en crecimiento y desarrollo vegetal (Salisbury y Ross, 1994).

El exceso de N retarda la maduración del cultivo y la formación de frutos, provoca un escaso desarrollo del sistema radical de la planta y un crecimiento excesivo del follaje, reduce la producción de compuestos fenólicos (fungistáticos) de lignina de las hojas, disminuyendo la resistencia a los patógenos obligados, pero no de los patógenos facultativos (Guerrero, 1996).

Como regla general, todos los factores que favorecen las actividades metabólicas y de síntesis de las células y que retardan la senescencia de la planta hospedera (como la fertilización nitrogenada), aumentan la resistencia a los parásitos facultativos.



Por otro lado, las aplicaciones altas de N aumentan la concentración de azúcares, aminoácidos y de amidas libres, lo que aparentemente favorece el desarrollo de enfermedades de las plantas y el ataque de insectos plagas (Marschner, 1997).

Fósforo (P)

De los tres elementos primarios (N, P, K) el P es requerido en cantidades menores; la disponibilidad de este elemento en la mayor parte de los suelos agrícolas del trópico es muy limitada. El P es un elemento que juega un papel clave en la vida de las plantas. Es constituyente de ácidos nucleicos, fosfolípidos, vitaminas, las coenzimas, NAD y NADP, y más importante aún, forma parte del ATP, compuesto almacenador de energía en la planta. El P se requiere en altas concentraciones en las regiones de crecimiento activo. Otra de sus funciones es estimular el desarrollo de la raíz, interviniendo en la formación de órganos de reproducción de las plantas y acelerando la maduración de los frutos, en los cuales generalmente se acumula en concentraciones altas. El exceso de este elemento acelera la maduración, a expensas del crecimiento y puede generar efectos adversos sobre la utilización de otros elementos nutritivos, como el cobre, hierro y zinc (Glass, 1989).

El potencial de fijación de P (como fosfato) en andisoles, parece estar relacionado con la presencia de diferentes materiales en la fracción arcillosa, que resultan de meteorización de la ceniza volcánica.

Los suelos dominados por complejos humus-aluminio (Al), parecen tener alto potencial de adsorber P, lo cual aparentemente es difícil de saturar.

El contenido de carbono total podría ser un arma de diagnóstico complementaria, que ayuda a determinar la capacidad

de fijación de fósforo en andisoles. La acumulación de materia orgánica es mayor en suelos volcánicos localizados a mayor altitud (>2.000 m); evidencia indirecta obtenida en andisoles de Ecuador y Colombia permite concluir que la fijación de P está estrechamente relacionada con el contenido de carbono en el suelo (complejos humus-Al) (Gualdrón y Herrón, 1979; Espinosa, 1996).



Potasio (K)

Para un crecimiento vigoroso y saludable, las plantas deben tomar grandes cantidades de K. Este nutriente, altamente móvil, está envuelto en la mayoría, sino en todos los procesos biológicos de la planta; sin embargo, no forma parte de la estructura de los compuestos orgánicos de la planta. Se conoce que el potasio tiene un papel vital, debido a que cataliza procesos tan importantes como la fotosíntesis, el proceso por el cual la energía del sol, en combinación con agua y dióxido de carbono, se convierte en azúcares y materia orgánica, interviene en la formación de clorofila y la regulación del contenido de agua en las hojas (Salisbury y Ross, 1994).

Se ha demostrado también que el K juega un papel fundamental en la activación de más de 60 sistemas enzimáticos en las plantas. También es importante en la formación del fruto, se le reconoce como un elemento que mejora su calidad, ya que extiende el período de llenado e incrementa su peso; fortifica

los tallos, mejora la resistencia a plagas y enfermedades y ayuda a la planta a resistir mejor el estrés (Salisbury y Ross, 1994).

Otra función básica del potasio es regular la entrada de dióxido de carbono (CO_2) en las plantas a través de los estomas, cuya función de abrirse y cerrarse es regulada por el suplemento de este elemento.

Las células de guarda a cada lado del estoma acumulan grandes cantidades de K, si el suplemento es adecuado, forzándolo a que se abra. En plantas bien provistas de K se incrementa el número y tamaño de los estomas por unidad de área, facilitando de esta manera el intercambio de CO_2 y oxígeno del tejido de la hoja. La función primaria del potasio está ligada al transporte y acumulación de azúcares dentro de la planta función que permite el llenado de la fruta (INPOFOS, 1979).

La apertura y cierre de estomas también regula la transpiración de la planta y esto a su vez controla el movimiento convectivo del agua y facilita su paso de la solución del suelo y de los iones disueltos, hacia la raíz. Además, la transpiración permite que la planta haga una termorregulación y se evite la generación de altas temperaturas que afectarían el desempeño vegetal (Salisbury y Ross, 1994).

Calcio (Ca)

El Ca forma parte de la pared celular que mantienen unidas entre sí a las células. Igualmente, el Ca ejerce un efecto neutralizador de los desechos orgánicos de la planta, influye en la utilización del Mg, K y B y en el movimiento de las sustancias producidas por las hojas. La deficiencia del Ca implica una reducción del crecimiento; las hojas jóvenes se enroscan y comienzan a secarse por las puntas y los bordes. Algunas veces las hojas nuevas no se desarrollan completamente (Marschner, 1997).

El Ca es uno de los nutrientes más determinantes en la calidad de los frutos en lo referente a su conservación. Es así como los frutos con altos contenidos de calcio, tienden a resistir más el transporte y permanecer en buenas condiciones durante bastante tiempo. La concentración del calcio en el tejido, necesaria para lograr estos resultados, es usualmente superior a las concentraciones que acumulan normalmente los frutos (Salisbury y Ross, 1994).

Magnesio (Mg)

El magnesio es el componente principal de la clorofila e interviene en la síntesis de carbohidratos. Además, participa en la síntesis de proteínas, nucleoproteínas y el ácido ribonucleico y favorece el transporte de P dentro de la planta (Glass, 1989). Es un elemento móvil en la planta, por lo que su deficiencia se presenta primero en las hojas más viejas.

Del total del magnesio absorbido por la planta, aproximadamente la mitad de éste se encuentra en el tronco y las ramas del árbol, un tercio en las raíces y el resto en las hojas. Durante la floración y fertilización se produce una translocación significativa del magnesio hacia los brotes y frutos (Glass, 1989).

Azufre (S)

El azufre es un elemento esencial para el desarrollo vegetal. La cantidad requerida por las plantas es similar a la del fósforo y magnesio. Algunos cultivos de importancia en el trópico y en el mercado mundial, como el café, algodón, palma africana y caña de azúcar, absorben más azufre que fósforo (Guerrero, 1996).

En la planta, el azufre es constituyente de las proteínas, varias vitaminas como la tiamina y biotina y es componente importante de numerosas enzimas.



Además, forma parte de algunos compuestos orgánicos responsables del olor y sabor de algunas hortalizas, como la cebolla y el ajo (Salisbury y Ross, 1994).

Funciones de los micronutrientes

Los investigadores están de acuerdo en que los llamados micronutrientes desempeñan una función tan importante como los llamados elementos mayores.

Hierro (Fe)

El Fe es el microelemento más abundante en la mayoría de los suelos cultivables, pero buena parte de él se encuentra en una forma no asimilable. La química de este elemento, al igual que la del manganeso (Mn), es muy compleja, pues se sabe que se oxida y reduce fácilmente según las condiciones del suelo. Cuando se oxidan ambos elementos quedan en formas poco solubles y por ende, son poco asimilables para las plantas. El papel más conocido del hierro en el metabolismo de la planta, es su participación en el grupo prostético del sistema citocromo, un grupo de enzimas implicadas en la oxidación terminal de la respiración (Epstein y Bloom, 2005).

Algunas de las enzimas y de los portadores que actúan en el mecanismo respiratorio de las células vivas, son compuestas de Fe; ejemplos específicos son la catalasa, la peroxidasa, la oxidasa citocrómica y los citocromos.

La participación del Fe, en la forma de tales compuestos en los mecanismos oxidativos de las células, es indudablemente uno de los papeles más importantes en el metabolismo celular (Epstein y Bloom, 2005).

El Fe interviene en la formación de clorofila y es por lo tanto indispensable

en la formación de alimentos en la planta; hace parte de la secuencia de reacciones que sintetizan los componentes de la clorofila; actúa como parte de un mecanismo enzimático que opera en el sistema respiratorio de las células vivas; participa en las reacciones que incluyen la división y el crecimiento celular.

El hierro, asociado al cobre, manganeso y boro aumenta el contenido de lignina, compuesto orgánico que cumple funciones de sostén y protección de la planta contra el ataque de organismos causantes de enfermedades (Epstein y Bloom, 2005).

Manganeso (Mn)

El Mn tiene una función estructural en el sistema de membranas del cloroplasto y actúa en la disociación fotosintética de la molécula de agua. El Mn es un elemento esencial para la respiración y para el metabolismo del N; en ambos procesos actúa como activador enzimático. El Mn interviene en la activación de numerosas enzimas que actúan en el metabolismo de los carbohidratos, como la hexoquinasa, adenosina y la fosfoglucoquinasa. Es el ión metálico predominante en el metabolismo de los ácidos orgánicos y activa la reducción del nitrito e hidroxialamina en amoníaco (Salisbury y Ross, 1994; Devlin, 1982).

El Mn es el ión metálico predominante en las reacciones del ciclo de Krebs. El manganeso genera resistencia en la planta a varios patógenos, inhibiendo la enzima fungosa fentin-metilesterasa, esencial para iniciar el proceso infectivo. Además, inhibe enzimas producidas por hongos ya establecidos en la planta. El Mn es esencial en el proceso que controla en la raíz la producción de la microflora, reduciendo la disponibilidad de nutrimentos para los microorganismos patogénicos (Epstein y Bloom, 2005).

Cobre (Cu)

El Cu está presente en diversas enzimas o proteínas relacionadas con los procesos de oxidación y reducción. Dos ejemplos notables son la citocromooxidasa, una enzima respiratoria que se halla en las mitocondrias y la plastocianina, una proteína de los cloroplastos.

El Cu induce la formación de polen viable, por ello su más alta demanda se presenta en la floración. El Cu actúa conjuntamente con el Mn y el Zn en la utilización y movilización de otros nutrientes (Salisbury y Ross, 1994; Epstein y Bloom, 2005).

Zinc (Zn)

El Zn es indispensable en la formación de clorofila. Es componente de varias enzimas, entre ellas las que promueven el crecimiento. También interviene en la utilización del agua y otros nutrimentos. El Zn regula el crecimiento de los meristemas al nivel de la raíz y parte aérea, al controlar la síntesis de triptófano regula la síntesis de la hormona del crecimiento conocida como ácido indolacético (AIA, auxina) (Epstein y Bloom, 2005).

El Zn activa diversos procesos enzimáticos, como la fosforilación de la glucosa y a través de ella, la formación del almidón.

De igual manera actúa en la anhidrasa carbónica para la utilización del ácido carbónico, asociada a la asimilación del CO₂. Además, está involucrado en la reducción de nitratos y síntesis de aminoácidos que se transformarán en proteínas amoníaco (Salisbury y Ross, 1994).

Molibdeno (Mo)

El Mo es esencial para el proceso de fijación de nitrógeno por parte de las bacterias en los nódulos de las raíces

de las leguminosas y de bacterias asimbióticas que crecen dentro o en la superficie de la raíz (rizoplasma). Además este nutriente es componente de la enzima nitrato reductasa, esencial en la asimilación metabólica del N.

El Mo es parte estructural de una oxidasa que convierte el aldehído del ácido abscísico (ABA), regulador de crecimiento que protege las plantas contra factores de estrés fisiológico. El Mo induce efectos positivos en la formación de polen viable al momento de la floración y fecundación (Salisbury y Ross, 1994; Devlin, 1982).

Boro (B)

El B participa de una serie de procesos fisiológicos dentro de la planta y en ocasiones su deficiencia se confunde con la de otros nutrientes como la de P y K. Entre las funciones del boro en las plantas, dos están muy bien definidas, la síntesis de la pared celular y la integridad de las membranas plasmáticas. Por esta razón, con la deficiencia de B se restringe el crecimiento de nuevas raíces y de nuevos brotes. El B actúa sobre la diferenciación de tejidos y la síntesis de fenoles y auxinas, interviene en la germinación y el crecimiento del tubo polínico, es importante en el metabolismo de ácidos nucleicos y en la elongación y división celular e interviene en el transporte de almidones y azúcares desde la hoja hacia los frutos en formación. Disminuye la caída de flores y aumenta la producción de frutos; además, está asociado con la actividad celular que promueve la maduración.

Una vez que el B ha sido utilizado por los tejidos en crecimiento activo de la planta, no puede trasladarse y ser utilizado nuevamente. Esto significa que debe existir una fuente permanente de B disponible para la planta durante todo su ciclo de crecimiento y desarrollo (Salisbury y Ross, 1994; Devlin, 1982).



Cloro (Cl)

Las plantas absorben el cloro en forma del ion cloruro (Cl⁻). Este está involucrado en la apertura de los estomas y por lo tanto interviene en la turgencia de las células y ayuda al metabolismo del nitrógeno. Las plantas tienen su mecanismo de tolerancia a los excesos, acumulándose

en las vacuolas. Generalmente las aguas de riego son ricas en cloruros, por lo tanto, casi nunca es necesario hacer aplicaciones de este elemento (Salisbury y Ross, 1994; Devlin, 1982).

A manera de resumen se presentan las funciones de los nutrientes esenciales para las plantas en la **Tabla 1**.

Tabla 1. Principales funciones de los nutrientes.

Nutriente	Funciones principales
Componentes de compuestos orgánicos	
C	Hace parte de la estructura de carbohidratos, proteínas, lípidos, ácidos nucleicos, ATP, NADP, clorofila, reguladores de crecimiento (p.e., IAA).
H	Hace parte de la estructura de carbohidratos, proteínas, lípidos, ácidos nucleicos.
O	Hace parte de la estructura de carbohidratos, proteínas, lípidos, ácidos nucleicos, aceptor de electrones.
N	Aminoácidos, proteínas, enzimas, coenzimas, ácidos nucleicos, clorofila.
S	Sulfo-aminoácidos (cisteína y metionina), responsable de la conformación estructural y estabilidad de proteínas, coenzima A, vitaminas, responsable de aromas y sabores.
P	ATP, NADP, lípidos de las membranas celulares, ácidos nucleicos, fosfo-azúcares.
Activadores de enzimas	
K	Activador de ~60 enzimas. Esencial en síntesis de proteínas, responsable de la turgencia y apertura de estomas.
Ca	Activador de enzimas. Esencial para la permeabilidad de la membrana. Asociado con las pectinas de la pared celular.
Mg	Activador de enzimas y ATP, componente de la clorofila.
Mn	Activador de enzimas, esencial en la fotólisis del agua.
Zn	Cofactor de varias enzimas (dehidrogenasas, aldolasa, fosfatasa, DNA y RNA polimerasa).
Ni	Parte fundamental de la enzima ureasa.
Agentes Redox	
Fe	Componente de citocromos, peroxidasa y ferredoxina, en los cuales es responsable de reacciones redox.
Cu	Componente de la citocromo oxidasa (respiración) y plastocianina (fotosíntesis), superóxido dismutasa (radicales O ₂ ⁻), fenol oxidasa (síntesis de lignina), y responsable de reacciones redox.
Mo	Componente de la nitrato reductasa (reducción del NO ₃ ⁻) y de la nitrogenasa (reducción de N ₂ en rizobios).
Otras funciones	
B	Crecimiento de tubo polínico, estabilidad de la estructura de la pared celular por formación de enlaces cis-diol con compuestos orgánicos.
Cl	Osmosis, balance de cargas y fotólisis del agua.

Fuente: Glass (1989).

Síntomas de deficiencias

Las carencias nutricionales y su influencia en el desarrollo de la planta han sido estudiadas por varios investigadores en plantas jóvenes, cultivadas en soluciones nutritivas controladas, en las variedades Booth-8, Lula y Fortuna; a continuación se describen algunas características (Lacceuilhe *et al.*, 1968; Charpentier y Martin-Prevel, 1967; Avilán *et al.*, 1989). En la **Tabla 2**, se indica el tipo de síntoma, su ubicación y algunas causas.

Tabla 2. Síntomas visuales de deficiencia predominantes.

Parte afectada	Síntoma predominante	Deficiencia	Observaciones	
Tercio superior (hojas jóvenes)	Clorosis	Generalizada Intervenal	Fe Mn, Cu, Zn Color blanco; pH >6.5, exceso de P pH >6.5 exceso de P	
	Deformaciones	Hojas asimétricas	B	Más intenso en sequía, pH >7.5, muerte de meristemos, alta ramificación, hojas gruesas, venas suberizadas (corchosas)
		Hojas angostas	Zn, Mo	Mo: pH >5.0
	Entrenudos cortos		Ca, Cu, Zn	
	Necrosis		Cu Ca	Cu: Muerte descendente, plantas pequeñas Ca: Alta ramificación, frutos rajados
Tercio medio	Clorosis	Generalizada	S	Avanza a hojas jóvenes muy rápidamente
Tercio inferior hojas viejas	Clorosis	Generalizada	N	Plantas pequeñas, desarrollo retrasado.
		Intervenal	Mg	pH < 5.0, exceso de K
		Marginal (punta y bordes)	K	Rápida necrosis. Mayor susceptibilidad a plagas y enfermedades y deshidratación
	Hojas oscuras/ Manchas púrpuras		P	Plantas muy pequeñas, desarrollo muy retrasado; pobre crecimiento radical; pH <5.5

Fuente: Osorio (2012).



Nitrógeno (N)

La deficiencia de este elemento en aguacate se manifiesta en un crecimiento y desarrollo reducido de la planta, presentando ausencia de ramificaciones laterales. Las hojas son pálidas, con pequeñas deformaciones y una clorosis característica (**Figura 1**) (Avilán *et al.*, 1989). El sistema radical es poco ramificado, con raíces más finas y más largas (Silva *et al.*, 1982; Avilán *et al.*, 1989). Otro síntoma muy marcado de la deficiencia de este elemento, es la presencia de racimos florales terminales sin brotes foliares acompañantes.



Figura 1. Síntoma de deficiencia de nitrógeno en hojas de aguacate
Foto: A. Tamayo

Fósforo (P)

Como en el caso del N, la deficiencia de P en aguacate causa una reducción en el crecimiento y desarrollo de la planta. La emisión de hojas nuevas es muy espaciada, siendo el crecimiento de las yemas terminales inhibido. Las

hojas de los árboles con deficiencia de fósforo, presentan manchas necróticas, irregulares e intervenales. La coloración verde de la planta se torna un tanto azulada, sufriendo una inclinación de 45°, debido al doblamiento de los pecíolos y base de las hojas (Avilán *et al.*, 1989).

El tamaño de la hoja es reducido y de forma redondeada. Los niveles foliares indican que la carencia de fósforo corresponde a tenores inferiores a 0,05%, siendo el nivel normal entre 0,095% y 0,13%, dependiendo de la variedad y de la saturación de otros elementos. Las raíces se tornan más gruesas y con pocas ramificaciones (Avilán *et al.*, 1989).

Potasio (K)

La deficiencia de potasio afecta medianamente el desarrollo de las plantas, caracterizándose por unas manchas marrón-rojizas, que se inician en los bordes de las hojas (**Figura 2**) y avanzan hacia la nervadura central y que luego afectan los pecíolos, a lo largo de las nervaduras principales y secundarias, luego cubre toda la hoja (Avilán *et al.*, 1989).



Figura 2. Deficiencia de potasio en hojas de aguacate
Foto: A. Tamayo

Calcio (Ca)

Las plantas con deficiencia de calcio presentan un crecimiento lateral reducido. Las emisiones foliares son abundantes y de entrenudos cortos. Las yemas terminales de las ramas detienen su desarrollo formando rosetas de hojas lanceoladas; luego se presenta una clorosis apical que avanza por los espacios intervenales, abarcando posteriormente toda la hoja (Avilán *et al.*, 1989).

Los niveles normales de Ca en las hojas se encuentran entre 0,9 - 1,5%, en plantas con deficiencia de este elemento, los valores se encuentran en 0,05% (Avilán *et al.*, 1989). Es necesario aclarar que las deficiencias de Ca están asociadas al Mg y al K, por lo que se debe tener en cuenta además de contenido Ca, la relación Ca/Mg y la de Ca/Mg/K, para determinar la deficiencia de este elemento, ya que eventualmente tanto el Mg como el K, en altas concentraciones pueden inhibir la absorción del Ca.

Magnesio (Mg)

El síntoma característico de la deficiencia de magnesio, es una clorosis intervenal, que se acentúa lateralmente y se presenta cerca de la nervadura central y progresa posteriormente hacia el borde de las hojas (Figura 3).



Figura 3. Síntomas de deficiencia de magnesio en hojas de aguacate

Foto: A. Tamayo

Los niveles adecuados en las hojas se encuentran entre 0,25 - 0,80%, siendo de un valor de <0,1% en plantas deficientes (Avilán *et al.*, 1989).

Boro (B)

La baja presencia de boro en la planta, se presenta como una severa disminución en el crecimiento y desarrollo de las plantas, debido a que su carencia afecta órganos nuevos. Los entrenudos son más cortos y las hojas más pequeñas, presentando un necrosamiento en las nervaduras. Los meristemos terminales son inhibidos y los brotes continuos presentan una sobrebrotación. Las plantas deficientes presentan un nivel ≤ 11 mg.kg⁻¹ en las hojas. Las hojas nuevas presentan un aumento del tenor de potasio y una disminución notable del tenor de calcio (Avilán *et al.*, 1989). Los frutos se deforman y en las ramas se presentan malformaciones en forma de agallas.

Manganeso (Mn)

La deficiencia de este elemento es mucho más tardía que el resto de las deficiencias. Se presenta como una clorosis que se inicia desde la base de la hoja, hacia las nervaduras secundarias y principal. Así, una banda estrecha es amarilla y el resto de ella verde (Figura 4). Los niveles foliares encontrados en las plantas deficientes estuvieron entre 8 - 13 mg.kg⁻¹ (Avilán *et al.*, 1989); se cree que un nivel crítico del elemento estaría alrededor de 16 mg.kg⁻¹ (Avilán *et al.*, 1989).

Azufre (S)

La deficiencia de S se manifiesta por una clorosis acentuada en las hojas nuevas, tanto en el limbo como en el pecíolo, siendo muy marcada hacia los extremos de las hojas (Avilán *et al.*, 1989).



Figura 4. Síntomas de deficiencia de manganeso en hojas de aguacate

Foto: A. Tamayo

Hierro (Fe)

La deficiencia de Fe se manifiesta a través de un color verde pálido en las hojas jóvenes, siendo la base de las mismas más verdes (**Figura 5**). Las nervaduras conservan su coloración verde normal; en etapas avanzadas, las hojas se tornan cloróticas. Los niveles foliares para las plantas deficientes están entre $63 - 70 \text{ mg.kg}^{-1}$ (Avilán *et al.*, 1989). Se presenta un aumento del K y del Ca con disminución del tenor del Mg (Goodall *et al.*, 1965; Avilán *et al.*, 1989).



Figura 5. Síntomas de deficiencia de hierro en hojas de aguacate

Foto: A. Tamayo

Zinc (Zn)

La deficiencia de Zn se caracteriza por una clorosis en las hojas jóvenes, no observándose una deformación en las mismas, pero su tamaño es menor al normal. En los ramos terminales se presenta un acortamiento de los entrenudos, además de la formación de rosetas enteramente cloróticas; el resto del árbol presenta una coloración normal. En los frutos la deficiencia se manifiesta en crecimiento reducido y de forma redondeada (Avilán *et al.*, 1989).

Cobre (Cu)

La carencia de cobre afecta los órganos jóvenes, en particular los meristemos terminales. Los extremos de las hojas se necrosan y se enroscan; posteriormente las hojas caen prematuramente, quedando desnudas las extremidades de las ramas principales y secundarias (Avilán *et al.*, 1989)

Antagonismos y sinergismos

A pesar del efecto benéfico de los fertilizantes, es común observar interacciones iónicas, es decir, la influencia sobre la intensificación o depresión de un ión en un tejido. Algunos reportes indican que la adición de cantidades grandes de N al cultivo induce deficiencias de K, Cu, Zn, B y reducen la concentración de Mg e incrementan la de Fe y Mn en hojas. En cambio, aplicaciones altas de P incrementan la concentración de N, Mg y Mn y disminuyen la de K, Zn, Cu y B; así mismo, se considera que el exceso de Ca puede inducir deficiencias de K, Fe y Mn en las hojas.

Toma de muestras de suelo y foliar

Son muchos los factores que afectan el rendimiento de los cultivos, entre los cuales ocupa un lugar importante, la disponibilidad de los nutrientes esenciales para las plantas; cuando estos nutrientes no están en cantidades adecuadas hay necesidad de agregar fertilizantes químicos, orgánicos y/o enmiendas para suplir la necesidades de la planta. El análisis químico del suelo, dispuesto para el establecimiento del cultivo refleja el estado relativo de disponibilidad en el suelo y permite diseñar recomendaciones que buscan eliminar las deficiencias de nutrientes en el suelo.

El suelo no es una masa homogénea, sino más bien compleja y heterogénea, que presenta múltiples variaciones. Por ello, en la toma de la muestra, debe examinarse el área a ser estudiada, en relación a la homogeneidad, en cuanto topografía, color y tipo de suelo, textura, grado de erosión, manejos culturales anteriores, cobertura vegetal, drenaje y otras características que pueden servir de guía para diferenciar las unidades de muestreo y de muestras entre sí, para una posterior recomendación (Avilán *et al.*, 1989). Lo anterior permite que se definan unidades de mapeo por lotes (Lote 1, Lote 2, Lote 3, etc.).

El esquema más sencillo y el más usado, consiste en tomar submuestras al azar en forma aleatoria en todo el terreno. Para eso se puede seguir un recorrido en "zig-zag". En cada cambio de dirección se toma una submuestra (**Figura 6**).

También se pueden tomar muestras en trayectos diagonales en forma de "X" (**Figura 7**), en los cuales se escogen las plantas en forma sistemática (un



Figura 6. Recorrido en "zig-zag" a través del lote de aguacate. En cada punto se toma una submuestra

Foto: W. Osorio



Figura 7. Recorrido en forma de "X", siguiendo dos trayectos diagonales

Foto: J. Bernal

árbol cada cierto número de árboles), dependiendo del tamaño del lote (Lazcano-Ferrat y Espinoza, 1998).

Se puede usar cualquier otra forma sistemática de muestreo, tratando de cubrir adecuadamente el campo, acomodándose a las condiciones particulares de cada huerto (Lazcano-Ferrat y Espinoza, 1998). En cada árbol seleccionado se eligen de dos a cuatro sitios equidistantes de muestreo, que se ubican debajo del árbol, en la zona comprendida entre la mitad de la copa y el perímetro de la misma, como se indica en la **Figura 8** (Lazcano-Ferrat y Espinoza, 1998; Avilán *et al.*, 1986).



Figura 8. Sitios (ver flechas) donde se toman las submuestras de cada árbol

Foto: A. Tamayo

Luego se mezclan las submuestras, para obtener una muestra compuesta que irá al laboratorio. Por ser el aguacate un cultivo perenne, las exigencias de nutrimentos para satisfacer sus procesos fisiológicos, como crecimiento vegetativo, floración y fructificación, varían de acuerdo con la edad de la planta; por tal motivo, es necesario hacer muestreos de suelos periódicamente, a través de la vida del cultivo.

Las muestras para análisis de suelo en huertos establecidos se deben tomar de lotes uniformes con respecto al tipo de suelo, edad de la planta, manejo y nivel de producción. Estas propiedades delimitan la unidad de muestreo. Las muestras se deben tomar de árboles seleccionados, de modo que se pueda obtener una muestra representativa del campo (Lazcano-Ferrat y Espinoza, 1998). Con relación a la profundidad de muestreo, éste se debe realizar tomando en consideración las características de la distribución del sistema radical del aguacatero (Avilán *et al.*, 1989).

Se debe efectuar un muestreo superficial (0 a 20 cm) y uno profundo (20 a 50 cm) siendo este muy importante para verificar si a esta profundidad hay o no impedimentos físicos para el crecimiento

de la raíz, los cuales afectan su desarrollo, modificando su distribución en el perfil del suelo, aspecto de relevante importancia, por cuanto va a determinar la localización del fertilizante y otras prácticas culturales (Avilán *et al.*, 1989). Además, el muestreo a una profundidad de 20 a 50 cm puede ayudar en el diagnóstico, particularmente en ciertos casos, en los cuales se sospecha que existen problemas de acidez o acumulación de sales en la subsuperficie (Lazcano-Ferrat y Espinoza, 1998).

Las submuestras de cada árbol se recolectan en un recipiente plástico limpio, se mezclan completamente y de esta mezcla se retira una porción aproximada de un kg de suelo, que se envía al laboratorio.

Para un buen diagnóstico, además del análisis del suelo, que da información sobre el contenido de los elementos disponibles en él, así como de ciertas características que pueden afectar el comportamiento de los fertilizantes, se debe realizar un análisis foliar, que dirá lo que la planta está asimilando (Avilán *et al.* 1989).

Las muestras para los análisis foliares se deben tomar también con los mismos criterios indicados anteriormente para las muestras de suelos, siguiendo el mismo muestreo sistemático discutido anteriormente (Lazcano-Ferrat y Espinoza, 1998).

En los árboles seleccionados, la muestra foliar se debe tomar a una altura media de 1,5 a 2 m, alrededor de la copa (**Figura 9**), tomando seis a ocho hojas de cuatro meses de edad, en ramas jóvenes que no estén en producción (**Figura 10**) (Avilán, 1989).



Figura 9. Zona de muestreo para análisis foliar
Foto: J. Bernal



Figura 10. Hojas a muestrear
Foto: J. Bernal

El muestreo completo debe provenir de por lo menos 25 árboles y contener más de 100 hojas por cada 2,5 hectáreas (Avilán *et al.*, 1989). Algunos autores señalan que, además de la edad de la hoja, tipo de retoño, posición en la planta y época de muestreo, se debe tener en consideración el tipo de patrón y la incidencia de la enfermedad, causada por *Phytophthora cinnamomi*, puesto que estos factores también afectan acentuadamente la concentración de los elementos en las plantas (Lahav y Kadman, 1980; Avilán *et al.*, 1989). Se ha encontrado que los árboles injertados sobre patrones de la raza Guatemalteca son más susceptibles a la clorosis férrica que los injertados en patrones de raza Mexicana; en Israel, añaden que los de la raza Antillana son más resistentes a la clorosis férrica que los de las razas Guatemalteca y Mexicana. En relación a la incidencia de la enfermedad, señalan que en las plantas infestadas, las hojas muestran un incremento en la concentración de nitrógeno, sodio, cloro y cobre y una disminución en fósforo, hierro y manganeso, en comparación a la concentración observada en las hojas de plantas sanas (Avilán *et al.*, 1989).

La aplicación de nutrientes en aguacate debe estar basada en los análisis de suelo y en los análisis foliares. Esto ayuda a obtener el mayor beneficio agronómico y económico de la aplicación de fertilizantes. Los análisis de suelo y foliares deben estar acompañados, en lo posible, con registros rigurosos de producción.

Esto permite ajustar las dosis de nutrientes utilizadas a través de los años. La correlación entre el contenido foliar de nutrientes y el rendimiento, permite determinar las concentraciones óptimas de nutrientes en las hojas, que en la mayoría de los casos cambian de región a región y de variedad a variedad (Lazcano-Ferrat y Espinoza, 1998).

Las concentraciones de los nutrientes en las hojas sirven de referencia para ajustar los niveles de producción a través de los años. La **Tabla 3**, presenta los rangos de suficiencia generales de la concentración foliar de nutrientes en aguacate. La extracción de nutrientes del campo en la fruta cosechada, puede ser un buen parámetro a utilizar, para determinar las dosis de nutrientes a aplicar (**Tabla 4**) (Lazcano-Ferrat y Espinoza, 1998).



Tabla 3. Niveles nutricionales en las hojas del aguacate.

Nutriente	Deficiente	Adecuado	Excesivo
Macronutrientes			
Nitrógeno	< 1,60	1,60 - 2,00	> 2,00
Fósforo	< 0,05	0,08 - 0,25	> 0,30
Potasio	< 0,35	0,75 - 2,00	> 3,00
Calcio	< 0,50	1,00 - 3,00	> 4,00
Magnesio	< 0,15	0,25 - 0,80	> 1,00
Azufre	< 0,05	0,20 - 0,60	> 1,00
Micronutrientes			
Boro	< 50	50 - 100	> 100
Cobre	< 5	5 - 50	> 50
Hierro	< 50	50 - 200	--
Manganeso	< 30	30 - 200	> 500
Molibdeno	< 0,05	0,05 - 1,0	--
Zinc	< 30	30 - 150	> 300

Fuente: Chapman, 1973; Lahav and Kadman, 1980.

Tabla 4. Extracción de nutrientes en fruta fresca de aguacate, de árboles en plena producción.

Nutriente	kg/tonelada de fruta fresca
Nitrógeno	3,152
Fósforo	0,736
Potasio	3,560
Calcio	0,547
Magnesio	0,474
Azufre	0,183
Boro	3,7
Cobre	3,0
Hierro	7,4
Manganeso	2,0
Molibdeno	0,02
Zinc	4,5

Fuente: Lazcano-Ferrat y Espinoza, 1998.



Remoción de nutrientes en aguacate

Por muchos años la rentabilidad de la producción de aguacate se midió en términos de producción total de fruta por árbol o por hectárea. Sin embargo, este parámetro ha perdido importancia debido a la globalización del mercado. Al momento, factores como fecha de cosecha, tamaño y calidad de fruta (tanto externa como interna) son considerados como los principales factores en el exitoso mercadeo del aguacate. Para determinar el adecuado manejo de la nutrición, que sostenga una producción de fruta del tamaño y calidad requeridos, es necesario tener información de la remoción de nutrientes del cultivo de aguacate en cada región (Salazar-García y Lazcano-Ferrat, 2001).

Tradicionalmente, los huertos de aguacate han utilizado poco fertilizante, basándose en la idea preconcebida de que el árbol está adaptado a suelos de media a baja fertilidad. Debido al alto contenido de aceite de la fruta (hasta 20%), la producción de rendimientos altos de aguacate requiere de un adecuado suplemento de nutrientes, especialmente potasio (K). En México, los dueños de huertos viejos argumentan que hace 30 o 40 años era común el obtener 20 t.ha⁻¹ de fruta sin fertilización; sin embargo, hoy esto es imposible debido a que la fertilidad nativa del suelo ha declinado significativamente (Salazar-García y Lazcano-Ferrat, 2001).

De acuerdo con Salazar (2002) los rendimientos promedio de aguacate en los huertos mexicanos variaron de 4 a 10 t.ha⁻¹/año. En la mayoría de los huertos, las dosis de fertilización utilizadas varían de 0 a 100 kg de nitrógeno (N) y de 0 a 115 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ y K₂O. La evidencia acumulada indica que los huertos manejados

científicamente pueden fácilmente producir rendimientos mayores a 25 t.ha⁻¹/año, minimizando al mismo tiempo el problema de rendimientos bajos al año siguiente de una buena cosecha. A pesar de las mejoras en el manejo, no existe información local sobre la exportación de nutrientes de los huertos de aguacate (Salazar-García 2002).

El peso fresco de la fruta es un parámetro común para estimar el rendimiento y la rentabilidad de un huerto de aguacate; sin embargo, esto no significa que la fruta más grande o una abundante cosecha de frutas grandes, extraiga más nutrientes del suelo. La información de las diferencias en peso fresco de la fruta entre cultivares de aguacate se presenta en la **Figura 12**, de acuerdo con un trabajo realizado por Salazar-García *et al.* (2006). La fruta de la variedad Hass (239 g/fruta) puede ser considerada pequeña comparada con Booth-8, Hall y Choquette. El contenido de materia seca presentó un comportamiento diferente que el peso fresco (**Figura 11**) (**Figura 12**).

La fruta de Hass tuvo el mayor contenido de materia seca (23.2%) comparado con otros cultivares. Este estudio demostró que el tamaño de la fruta no está directamente relacionado con la remoción total de nutrientes.

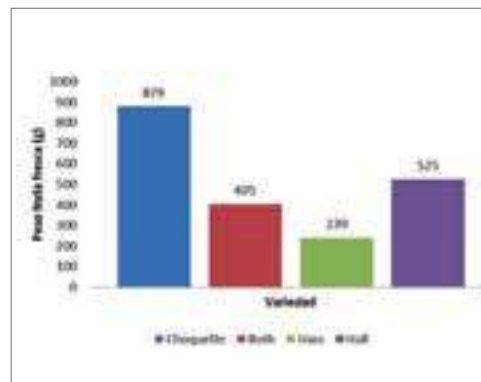


Figura 11. Promedio de peso fresco de cuatro cultivares de aguacate (Salazar-García *et al.*, 2006).

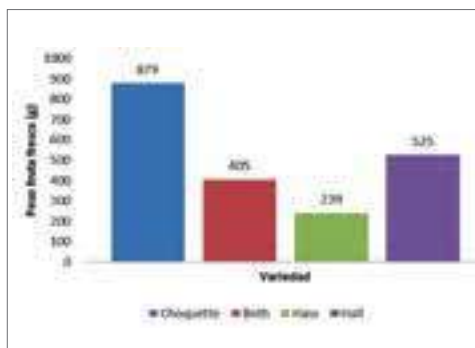


Figura 12. Promedio del contenido de materia seca en cuatro cultivares de aguacate (Salazar-García et al., 2006).

La remoción de nutrientes fue mucho mayor en la fruta pequeña de mayor contenido de materia seca como la variedad Hass.

La materia seca está compuesta de carbono (C) y otros nutrientes acumulados durante el crecimiento y desarrollo de la fruta. Se usan también nutrientes en la síntesis de proteínas y aceite, ambos en altas cantidades en la fruta del cultivar Hass. Por esta razón, se espera que fruta con mayor contenido de materia seca y aceite requiera más nutrientes.

A pesar de que se han reportado muchos casos de rendimientos más altos en México, los cálculos de costo energético han establecido que el potencial de rendimiento del aguacate Hass es de 32.5 t.ha⁻¹ (Wolstenholme, 1986). En este estudio, los cálculos de remoción de nutrientes se basaron en un rendimiento de fruta de 20 t.ha⁻¹. Es importante mencionar que los rendimientos de huertos



Choquette (con 100 árboles/ha) pueden ser mayores a 60 t.ha⁻¹. Por esta razón, la remoción de nutrientes podría ser más alta si se calculan con estos rendimientos. Sin embargo, no se han conducido estudios para determinar el contenido de nutrientes para rendimientos récord en este cultivar.

La extracción de nutrientes en la fruta fresca del aguacate, en orden descendente sería la siguiente: K > N > P > Ca > Mg > S. Algunos autores han demostrado que es razonable esperar diferencias significativas en remoción de nutrientes entre cultivares de aguacate. En un estudio realizado por Salazar-García y Lazcano-Ferrat (2002), en México, la cantidad de N, P y K removidos por el cultivar Hass fue la más alta (Figura 13). Una producción de 20 t.ha⁻¹ removió 52, 21 y 94 kg de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente. La remoción de K por la fruta del cultivar Hass fue 70, 77 y 39% más alta que los cultivares Choquette, Hall y Booth-8, respectivamente.

La exportación de magnesio, azufre, zinc, boro y molibdeno por la fruta, fue mayor en el cultivar Hass (Tabla 3). La remoción de nutrientes de los cultivares Choquette, Booth-8 y Hall fueron similares, sin embargo, el cultivar Hall tuvo una menor remoción de varios nutrientes en comparación con Choquette o Booth-8 (Tabla 5).



Figura 13. Remoción de nitrógeno, fósforo y potasio en 20 toneladas de fruta, en cuatro variedades de aguacate (Salazar-García y Lazcano-Ferrat, 2001).

Tabla 5. Remoción de nutrientes de acuerdo con la producción de fruta fresca de varios cultivares de aguacate manejado sin riego en Nayarit, México.

Nutriente	Remoción de Nutrientes							
	g/100 kg de fruta fresca				kg/20 t de fruta fresca			
	Hass	Choquette	Hall	Booth-8	Hass	Choquette	Hall	Booth-8
N	257,0	151,0	145,0	185,0	51,5	30,1	29,1	36,9
P₂O₅	103,0	69,2	49,9	58,2	20,6	13,0	10,0	11,6
K₂O	469,0	302,0	296,0	271,0	93,8	60,5	59,2	54,3
Ca¹	8,4	8,7	6,5	10,4	1,7	1,7	1,3	2,1
Mg	29,5	16,3	16,5	22,3	5,9	3,3	3,3	4,5
S	34,5	19,2	18,4	22,6	6,9	3,8	3,7	4,5
Cl	12,0	7,3	0,2	7,4	2,4	1,5	0,04	1,5
Fe¹	0,6	1,0	0,4	0,7	0,12	0,2	0,08	0,14
Cu¹	0,2	0,1	0,2	0,2	0,04	0,02	0,04	0,04
Mn¹	0,1	0,1	0,01	0,07	0,02	0,02	0,002	0,014
Zn	0,4	0,3	0,3	0,2	0,08	0,06	0,06	0,04
B	0,4	0,2	0,2	0,3	0,08	0,04	0,04	0,06
Mo	0,02	0,01	0,01	0,01	0,004	0,002	0,002	0,002
Na¹	1,0	0,6	0,8	1,0	0,2	0,12	0,16	0,2
Al¹	0,3	0,3	0,2	0,4	0,06	0,06	0,04	0,08

¹ Ca: calcio; Cl: cloro; Fe: hierro; Cu: cobre; Mn: manganeso; Na: sodio; Al: aluminio

Fuente: Salazar-García et al., 2006.

Los resultados de este estudio demuestran que es razonable esperar diferencias significativas en remoción de nutrientes entre los diferentes cultivares de aguacate. Los productores deben poner atención al potencial de rendimiento de cada cultivar y a la remoción total de nutrientes y deben asegurar que se suplemente suficiente N y K, para lograr el crecimiento y calidad deseados. Se debe monitorear que el contenido de nutrientes en el suelo sea suficiente y si es necesario se deben hacer aplicaciones de fertilizantes al suelo o vía foliar (Salazar-García y Lazcano-Ferrat, 2001).

Los programas de fertilización balanceada, específicos para cada cultivar, son esenciales para mejorar el rendimiento

y la calidad de la fruta. Un programa de fertilización adecuado del aguacate debe incluir el análisis del contenido de nutrientes en la fruta y los análisis de suelo y foliar para estimar de mejor manera los requerimientos de fertilización del huerto.

Exigencias nutricionales

La fertilización es una práctica importante de manejo en aguacate, que tiene como objetivo aumentar la concentración de nutrientes en la solución del suelo, cuando no existe suficiente cantidad de éstos, para satisfacer las demandas nutrimentales del cultivo. Debido a que el sistema radical del aguacatero no es muy extenso y carece de pelos radicales,



es necesaria la presencia en el suelo de una cantidad elevada de nutrimentos de fácil disponibilidad. Los estudios llevados a cabo en diferentes regiones productoras del mundo, indican que el aguacatero responde favorablemente a la fertilización, especialmente a la nitrogenada.

En La Florida (EE.UU.) se determinó que la aplicación de nitrógeno tenía gran influencia en el crecimiento del diámetro del tronco, de la producción, tamaño de los frutos, condición de la planta y en general, del tamaño del árbol (Lynch, 1954). Algunos autores consideran que se debe establecer una relación nitrógeno-fósforo-potasio (N, P, K), haciendo el N igual a la unidad ($n=1$) de 1:0,5:1. Altos o bajos niveles de potasio no favorecen la producción y un nivel alto de fósforo tiende a disminuir los rendimientos (Avilán *et al.*, 1989). Trabajos realizados en suelos aluviales, ácidos, con el cultivar Fuerte, aplicando niveles de nitrógeno que variaban de 0 a 1 kg por planta, señalan que, a pesar de la extrema variabilidad característica del aguacatero, se puede concluir que la máxima producción ocurre cuando existe un moderado nivel de nitrógeno en las hojas (1,6 - 2%) y que la producción se reduce por encima y por debajo de este nivel (Embleton *et al.*, 1959; Avilán *et al.*, 1989).

En Venezuela, en suelos del orden inceptisol, con una moderada a baja suplencia de nitrógeno y fósforo y baja de potasio, se encontró una respuesta significativa sobre el rendimiento de la interacción N-K. La aplicación de 1.200 g/árbol de N y 1.600 g/árbol de K, representa un incremento del beneficio económico sobre la parcela testigo, del orden del 67%, en la variedad Pollock, con 6 años de edad (Sergent, 1979; Avilán *et al.*, 1989).

Sugerencias generales de fertilización

Tomando como base la edad fisiológica y la producción por planta (cajas de frutos/planta), Malavolta y Pérez citados por Avilán y Leal (1984), sugieren un plan de fertilización como se muestra en las **Tablas 6 y 7**. La aplicación de los fertilizantes debe ser fraccionada en tres o cuatro veces al año.

Tabla 6. Plan de fertilización en árboles jóvenes de aguacate (menores de 4 años).

Edad planta (años)	g/planta		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	40	0	20
2	80	40	20
3	120	60	60

Fuente: Avilán y Leal (1984).

Tabla 7. Plan de fertilización en árboles de aguacate, en producción (mayores de 5 años).

Nivel de potasio en el suelo	g/caja de frutos		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Bajo	100	50	100
Medio	100	50	50

Fuente: Avilán y Leal (1984).

Empleando el criterio de fertilización por sustitución, Avilán *et al.* (1978) recomiendan aplicar 200, 100 y 200 g/planta de N-P-K, por cada 60 kg de fruta fresca producida, respectivamente.

En el caso de no tener acceso a análisis foliares y/o de suelos, una buena práctica es la restituir al suelo los nutrientes extraídos por la cosecha. Una recomendación general es la de aplicar a cada planta 660 g de N, 320 de P₂O₅ y 660 K₂O por cada 100 kg de fruta producida por árbol.

Es aconsejable fraccionar la aplicación de nutrientes de la siguiente forma: aplicar una tercera parte del N y todo el P y K antes de la floración, el segundo tercio del N, cuatro meses más tarde (inicio de las lluvias) y el tercio final de N, cuatro meses después. En la Tabla 8, se muestra una recomendación de fertilización, en árboles de aguacate en producción.

Tabla 8. Recomendación por fertilizante en árboles en producción, para una cosecha de 10 t/fruta fresca/ha.

Nutrientes	Fertilizante (kg/ha/año)	Fertilizante (g/pta/año)
N (urea)	140	1.400 - 1.600
P (superfosfato triple)	40	400-600
K (cloruro de potasio)	106	1.200-1.400
Ca, Mg		500-600

El adecuado manejo de la fertilización del aguacate requiere el apoyo de los parámetros presentados anteriormente en la **Tabla 1**. Los resultados de los análisis foliares se comparan con los de esta Tabla, para tener una idea clara del estado nutricional de la planta. En este caso, es también importante el análisis de suelo, para decidir cuáles son las dosis de nutrientes a aplicar.

En realidad, lo que se busca es aplicar nutrientes para mantener la concentración foliar adecuada, condición que a su vez garantiza rendimientos altos, si se manejan adecuadamente los otros factores de la producción. Usando estos conceptos se puede fertilizar de acuerdo a la edad de la planta como se indica en la **Tabla 9**.

Tabla 9. Fertilización del aguacate de acuerdo a la edad de la planta.

Edad de la planta (años)	g/árbol/año		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
A la siembra	300	100 - 200	200 - 300
2	600	200 - 600	200 - 300
3	800	300 - 800	200 - 600
4	1.000	300 - 800	300 - 800
5	1.500	400 - 1.200	400 - 1.200
6	1.800	500 - 1.500	400 - 1.200
7 o más	2.000	500 - 1.500	600 - 1.400

Fuente: Avilán y Leal (1984).

Las cantidades de P y K a aplicar dependen de la cantidad de estos nutrientes presentes en el suelo, de acuerdo con el análisis y su porcentaje en las hojas, de acuerdo al análisis foliar. Cuando el contenido es bajo, se utilizarán las dosis altas y viceversa.

Se estima que los nutrientes en los frutos son un tercio o más de las necesidades totales de la planta. Los niveles se deben ajustar de acuerdo a los coeficientes de eficiencia de los nutrientes aplicados a los fertilizantes: urea 50%, 15% para el fósforo y 60% para el cloruro de potasio (Hiroce *et al.*, 1979).





Zona de aplicación del fertilizante

La localización del fertilizante alrededor de la planta de aguacate se debe hacer considerando la ubicación de la mayor cantidad de raíces activas. Esto asegura el eficiente aprovechamiento de los fertilizantes aplicados. Cuando las plantas están muy jóvenes las raíces están muy cercanas y el fertilizante se debe aplicar en la cercanía de la raíz (**Figura 14**). Para evitar daños a la raíz, se recomienda aplicar dosis bajas pero más frecuentes, en vez de dosis altas muy espaciadas en el tiempo. La alta concentración de sales puede causar toxicidad a las raíces.



Figura 14. Aplicación de fertilizantes alrededor de plántulas recién trasplantadas.

Foto: A. Tamayo

Cuando se trata de árboles en producción (>4 años) las raíces están distribuidas en la zona de plateo y la fertilización se puede hacer en esta zona, aunque algunos recomiendan aplicar entre la mitad del radio de la copa y la proyección externa de la misma (**Figura 15**) (Lazcano-Ferrat y Espinoza, 1998; Avilán *et al.*, 1986).

El método de aplicación del fertilizante más recomendable en el cultivo del aguacate, es al voleo (dentro de la zona de aplicación), en el cual se incorpora el abono, para promocionar un buen



Figura 15. Zona de aplicación de fertilizantes en árboles en producción.

Foto: J. Bernal

y uniforme desarrollo de raíces; este método propicia la extensión de raíces superficiales en toda el área de influencia de la fertilización.

Encalamiento

Dada la condición ácida y la baja disponibilidad de Ca y Mg de muchos de los suelos cultivados con aguacate, particularmente en la Zona Andina colombiana, la aplicación de cal es una práctica muy común. Varios autores coinciden en afirmar que el rango adecuado de pH del suelo para el aguacate está entre 5,5 - 6,5. Por razones de disponibilidad de nutrientes, particularmente P y elementos menores y de la eficiencia de la fertilización nitrogenada (con amonio en particular), se recomienda un rango aún más estrecho entre 5,5 y 6,0 (**Figura 16**).



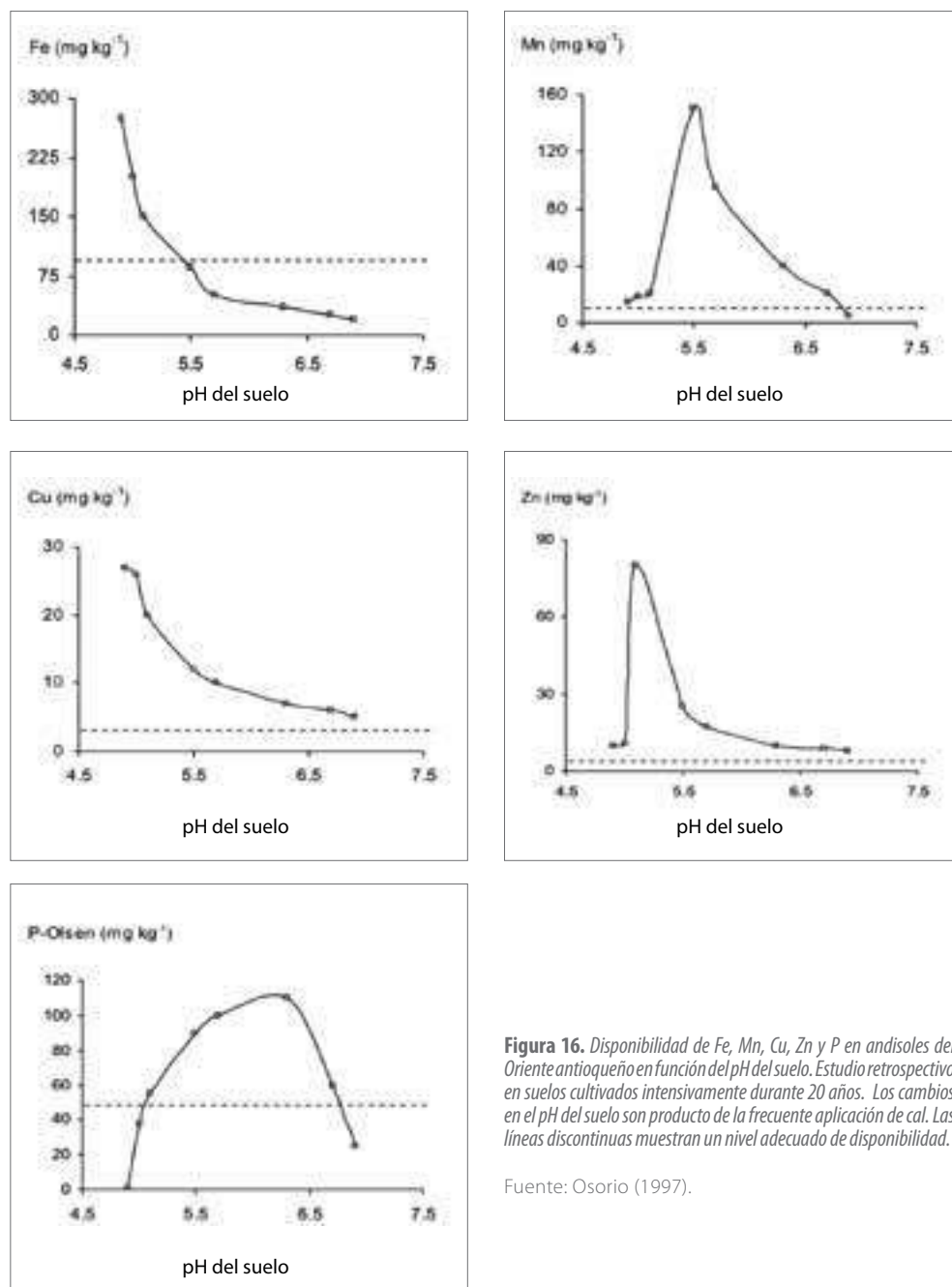


Figura 16. Disponibilidad de Fe, Mn, Cu, Zn y P en andisoles del Oriente antioqueño en función del pH del suelo. Estudio retrospectivo en suelos cultivados intensivamente durante 20 años. Los cambios en el pH del suelo son producto de la frecuente aplicación de cal. Las líneas discontinuas muestran un nivel adecuado de disponibilidad.

Fuente: Osorio (1997).

Desafortunadamente, es común encontrar que los agricultores usan inadecuadamente la cal. En algunos casos por aplicaciones insuficientes, en otros casos por aplicaciones excesivas y en otros casos por una inadecuada escogencia del tipo de cal [cal agrícola -CaCO₃, cal viva -CaO, cal hidratada -Ca(OH)₂, cal dolomita -(Ca,Mg)CO₃].



En un muestreo realizado por Osorio *et al.*, (2012) y Serna *et al.*, (2012) encontraron que en huertos de aguacate del Oriente y Norte antioqueño, el 34,3% de las muestras ($n=70$) presentaban valores de $\text{pH} < 5,5$, 30% de las muestras de suelos tenían $\text{pH} > 6,3$ (algunas alcanzaron valores tan altos como 7,1) y sólo un 35,7% exhibían un pH adecuado. En el primer caso ($\text{pH} < 5,5$) se esperan deficiencias de Ca, Mg, P y Mo y altos niveles de Al, que es potencialmente tóxico para las plantas. En el segundo caso ($\text{pH} 6,3 - 7,1$), es posible encontrar una baja disponibilidad de Fe, Mn, Cu, Zn y P y menor disponibilidad de B (Figura 17). Para evitar los excesos de cal se debe usar un análisis de suelo que indique el valor del pH y los contenidos de Ca, Mg y Al intercambiables. Aunque no existen niveles críticos de estos elementos, establecidos experimentalmente para huertos de aguacate, los datos observados en huertos sanos y altamente productivos, sugieren que se pueden manejar tentativamente valores de Ca intercambiable de $4,0 - 6,0 \text{ cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$, mientras que los valores de Mg pueden estar entre $1,5 - 2,5 \text{ cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$. Para aplicar ambos elementos (Ca y Mg) para lo cual se puede usar, por ejemplo, cal dolomita.

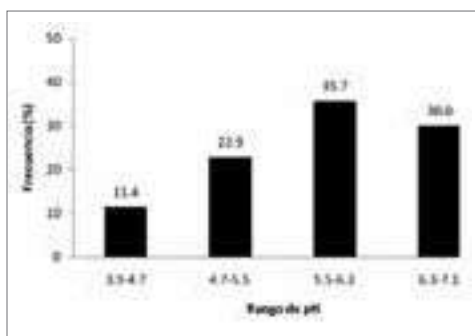


Figura 17. Frecuencia relativa de valores del pH del suelo de huertos de aguacate del Norte y Oriente de Antioquia (Osorio *et al.*, 2012).

Otra alternativa para definir la cantidad de cal a aplicar es a través del uso de la incubación con cal. En este método

pequeñas porciones de suelo se someten a cantidades crecientes de cal y luego de un periodo de incubación de 15 - 20 días (a temperatura ambiente y con suficiente humedad -capacidad de campo-) se mide el pH del suelo (1:1) (Uchida y Hue, 2000). La cantidad a aplicar se escoge en función de la regresión entre la cantidad de cal aplicada y el pH del suelo deseado. En el caso del suelo de la Figura 14, la cantidad de cal dolomita (CaCO_3 : 50%, MgCO_3 : 50%) requerida para aumentar el pH de suelo de 5,1 a 5,5 en un zona de ploteo de radio 0,5 m será de 0,5 kg y en un ploteo de 1 m de radio será de 2,2 kg; en ambos casos se considera una profundidad de 20 cm a la cual se debe aplicar la incorporar la cal.

Este método permite tener cierto control sobre los efectos de la aplicación de la cal. Las cantidades de cal dolomita arriba calculadas están muy por debajo de las frecuentes aplicaciones que se hacen al trasplantar las plántulas de aguacate y que fluctúan entre 5 - 10 kg/sitio, lo cual por supuesto, eleva innecesariamente el pH , genera potenciales deficiencias de nutrientes, que se corregirán aplicando más fertilizante; el sobre-encalamiento no aumenta el rendimiento pero si los costos de producción (Figura 18).

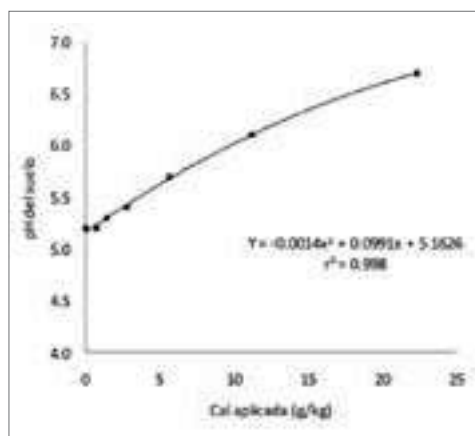


Figura 18. pH del suelo en función de la cantidad de cal aplicada medida luego de incubar las muestras del suelo por 20 días (Osorio *et al.*, 2012).

Fertilización con fósforo

Como se mencionó anteriormente los suelos comúnmente exhiben baja disponibilidad de P para las plantas, de ahí que sea necesaria la adición de fertilizantes fosfóricos solubles para mejorar la disponibilidad del nutriente en el suelo y así satisfacer los requerimientos de las plantas cultivadas. Montoya y Osorio (2009) realizaron un experimento en el cual aplicaron cantidades crecientes de KH_2PO_4 a un Andisol y evaluaron la respuesta de plántulas de aguacate cv. Villagorgona y encontraron que las plantas de aguacate mejoraron su crecimiento sólo cuando la concentración de P soluble en el suelo alcanzó un concentración de 0,2 mg/l (Figura 19).

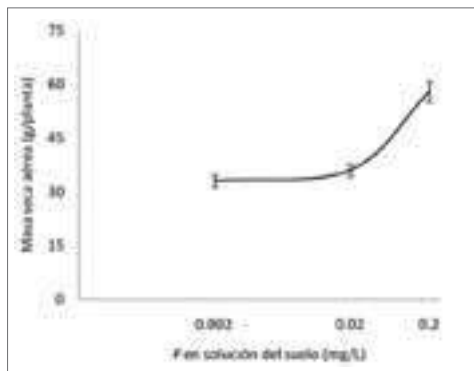


Figura 19. Efecto de la concentración de P en la solución del suelo en la masa seca de plántulas de aguacate (Montoya y Osorio, 2009).

La cantidad requerida para obtener tal concentración de P en la solución del suelo se puede determinar a través de isotermas de adsorción de P (Fox y Kamprath, 1970). Esto consiste en adicionar una fuente de P soluble (p.e., KH_2PO_4 , $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$) y luego de un período de incubación de 6 días se evalúa la cantidad de P que permanece en forma soluble y la cantidad que queda adsorbida. Isotermas de adsorción de P se pueden observar en la Figura 20, para tres suelos de Colombia (un Andisol,

un Oxisol y un Mollisol). Para obtener la concentración de P en la solución del suelo de 0,2 mg/l es necesario aplicar P a razón de 1.658, 352 y 65 mg.kg⁻¹ de suelo, respectivamente. Como es de esperarse el requerimiento de P en el Andisol fue mucho más alto y fue seguido por el Oxisol. Si se considera la fertilización fosfórica requerida para el establecimiento de una plantación de aguacate en estos suelos, las cantidades de, por ejemplo, superfosfato triple (0-44-0) a aplicar serían de 159, 56 y 11,4 kg/sitio (para los cálculos se consideraron los valores de densidad aparente de cada suelo= 0,6, 1,0 y 1,1 g/cm³, respectivamente; una profundidad de 20 cm y un diámetro inicial del plateo de 1 m) (Figura 20) (Osorio, 2011).

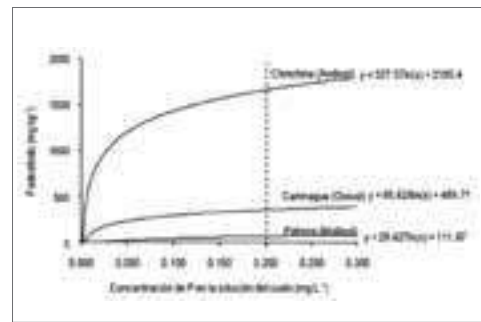


Figura 20. Isotermas de adsorción de P de tres suelos de Colombia. La línea discontinua indica la concentración de P soluble de 0,2 mg/l (Osorio, 2011).

Desafortunadamente los productores de aguacate tienden a aplicar grandes cantidades de fertilizantes fosfóricos sin recurrir a estas técnicas y caen en el problema de la sobrefertilización. Excesos de P son muy comunes en los huertos de aguacate. En el mismo estudio de Osorio et al. (2012) encontraron en huertos de aguacate concentraciones excesivamente altas de P soluble en casi la mitad de la muestras analizadas (47%), mientras que un 51,4% estuvo en un rango de P medio a adecuado y sólo un 1,4% de las muestras presentaron niveles muy bajos (Figura 21).



Tales excesos de fosfato en la solución del suelo no mejoran el crecimiento de las plantas, al contrario lo pueden disminuir ya que pueden reducir la disponibilidad de elementos menores catiónicos (Fe, Mn, Cu y Zn) en el suelo. Esto último tiende a ser manejado a través de la aplicación de fertilizantes, con lo que el costo de producción aumenta, pero no se obtienen más beneficios.

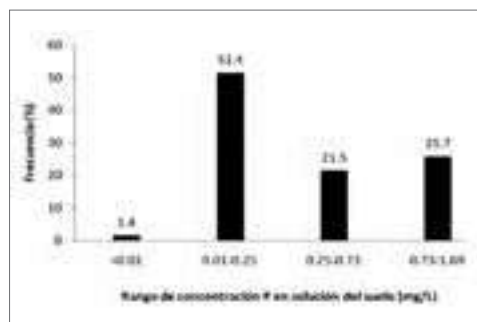


Figura 21. Frecuencia relativa de valores de concentración de P en la solución del suelo agrupados por rango. Suelos del Oriente y Norte de Antioquia cultivados con aguacate.

Fuente: Osorio *et al.* (2012).

Concentraciones altas de P soluble tienen riesgos ambientales ya que el P soluble puede pasar a aguas corrientes destinadas para consumo animal o humano, a través de la escorrentía y contaminarlas, desencadenando problemas de eutrofización. Como se explicará a continuación esto puede ser evitado a través del uso de otras estrategias biotecnológicas como la asociación micorrizal.



Hongos micorrizo-arbusculares

Los hongos formadores de micorrizas arbusculares son microorganismos benéficos que promueven la absorción del agua y nutrientes por las plantas, particularmente ayudan en la absorción de elementos de baja movilidad como el P, Cu y Zn. Estos hongos forman asociaciones mutualistas con las raíces de la mayoría de las plantas, incluyendo el aguacate. En la **Figura 22** se pueden observar las raíces de plántulas de aguacate altamente colonizadas por el hongo micorrizal *Glomus fasciculatum*.

Las hifas del hongo funcionan como una extensión de la raíz, captando así nutrientes más allá del alcance de las raíces. Se ha estimado que las raíces micorrizales pueden explorar 1.000 veces más suelo que la raíz no micorrizal, y con ello acceden a más nutrientes, lo que estimula el crecimiento vegetal. En huertos de aguacate del Norte y Oriente antioqueño se ha encontrado alta presencia de hongos micorrizales en prácticamente todas las muestras analizadas (**Figura 22**).

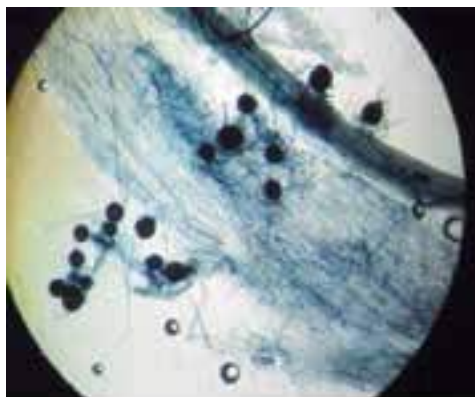


Figura 22. Raíces de aguacate exhibiendo colonización micorrizal con el hongo *Glomus fasciculatum* (Osorio *et al.*, 2012).

Foto: W. Osorio

Sin embargo, la respuesta de las plantas a la inoculación micorrizal varía en función de la concentración de P disponible en el suelo. A bajas concentraciones de P, la planta deriva un gran beneficio de esta asociación, pero a altas concentraciones del elemento el crecimiento vegetal puede ser afectado negativamente (**Figura 23**) (Osorio et al., 2012).

En un sentido práctico lo que sugieren los resultados de la **Figura 24**, es que en presencia de la asociación micorrizal la concentración de P no es necesaria, incluso puede ser contraproducente.

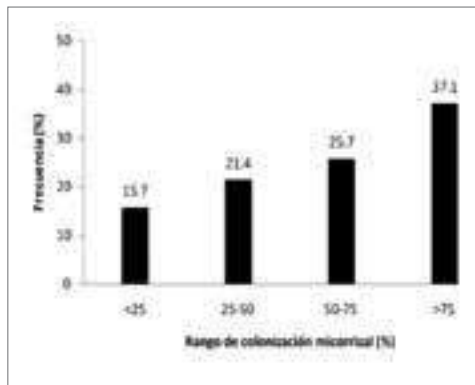


Figura 23. Frecuencia relativa de valores de colonización micorrizal de raíces de huertos de aguacate del Norte y Oriente de Antioquia (Osorio et al., 2012).

De hecho, la cantidad de P requerida en solución no es 0,2 mg/l sino que puede ser tan baja como 0,02 mg/l. Esto hace que el requerimiento de la fertilización fosfórica en presencia de raíces micorrizales disminuya considerablemente. Para el ejemplo anterior de los tres suelos (Andisol, Oxisol, Mollisol; **Figura 20**), las cantidades de fertilizante fosfórico para alcanzar tal concentración serían 86, 25 y 0 kg/sitio (ver detalle de densidad aparente, profundidad y diámetro del plateo arriba).

Esto representa reducciones del ~50% del fertilizante fosfórico, pero quizá más importante que esto, es evitar problemas agronómicos (inducción de deficiencias de micronutrientes) y reducir los riesgos de contaminación ambiental.

La condición micorrizal, como se mostró en la **Figura 17**, es aparentemente la regla y no la excepción, así que al aplicar altas dosis de P se espera que el desempeño de la planta esté por debajo del óptimo deseado.



Figura 24. Aspecto de las plántulas de aguacate no inoculadas (M-) e inoculadas con el hongo micorrizal *G. fasciculatum* (M+) que crecieron a tres concentraciones de P en la solución el suelo 0,002, 0,02 y 0,2 mg/l. Nótese como a las más bajas concentraciones hay una respuesta positiva a la inoculación con el hongo, pero a las más altas, el efecto se vuelve negativo (Osorio et al., 2012).



Fuentes orgánicas

Después de que los nutrimentos del suelo han sido absorbidos por las raíces del árbol, éstos son transformados en compuestos orgánicos o inorgánicos y transportados a los diferentes órganos del árbol. Con la cosecha del fruto, cada año se retira en forma permanente una gran cantidad de estos nutrimentos y otra parte importante es removida en forma temporal, pudiendo ser reciclada en el huerto, como flores y raíces, entre otros. De ahí la importancia de mantener o incorporar la hojarasca y ramas secas al pie de los árboles, ya que esto no solo mejora las propiedades físicas del suelo y su capacidad de retención de humedad, sino que tiene un papel importante en el ciclaje de nutrientes dentro de la plantación (Salazar-García, 2002).

Durante su evolución, el aguacate desarrolló diferentes estrategias de adaptación. Una de ellas es la de producir varios flujos de crecimiento vegetativo, compuestos de hojas de vida corta pero adaptadas a la sombra y que en su búsqueda por luz crecen en brotes terminales, alejados del tronco y en la periferia del árbol (Wolstenholme y Whiley, 1999). El fruto de aguacate es muy demandante de energía y tiene una gran dependencia de las reservas del árbol (Wolstenholme, 1986). Esto hace que la estrategia de la planta sea de alta eficiencia para captar, almacenar, conservar y reciclar carbohidratos y reservas minerales, haciéndolo parecer como un árbol cuya producción es barata en cuanto al gasto de nutrimentos (Salazar-García, 2002).

La materia seca está compuesta de carbono (C) y otros nutrimentos acumulados durante el crecimiento y desarrollo del fruto. Se usan también nutrimentos en la síntesis de proteínas y aceite, ambos en altas cantidades en la fruta. Por esta razón,

se espera que fruta con mayor contenido de materia seca y aceite requiera más nutrientes (Salazar-García *et al.*, 2006)

El conocer que hay nutrimentos cuya tasa de ciclaje es mayor del 50% y otros en los cuales es muy bajo o nulo, ayuda a entender por qué al aguacate se le considera un frutal cuya producción de fruto es "barata", desde el punto de vista nutrimental (Wolstenholme y Whiley, 1999). Por otra parte, la gran eficiencia en el ciclaje de N, P y K por las hojas de ambos flujos vegetativos explica porqué en la región de estudio los árboles no muestran síntomas visuales de deficiencia de estos nutrimentos. Sin embargo, también explica la presencia de deficiencias de Ca, Mg, B y en muchas ocasiones, de Zn (Salazar-García *et al.*, 2007).

La descomposición de la materia orgánica constituye asimismo uno de los flujos principales del ciclo del carbono (C), ya que una gran parte de este elemento se devuelve a la atmósfera por la respiración de los organismos descomponedores (Shiels, 2006).

Uno de los índices de calidad de la hojarasca que más se ha utilizado para predecir la descomposición, es la relación carbono:nitrógeno (C:N) (Heal *et al.*, 1997). En este sentido, Vitousek *et al.* (1994) y Thompson y Vitousek (1997) observaron que, entre otros, factores como la disponibilidad de N limita la descomposición.

Estudios sobre las tasas de descomposición de hojarasca y de mineralización/inmovilización de nutrientes en aguacate en Colombia son muy escasos. La disponibilidad limitada y/o el alto costo de los fertilizantes minerales, además de las nuevas exigencias del consumidor (técnicas de agricultura ecológica) hacen

al sistema. Cada año, una buena parte de los nutrientes que son absorbidos por las plantas, se devuelven al suelo por medio de la descomposición de hojas, restos de poda, abscisión de órganos, etc. Por ello, es primordial conocer y maximizar los beneficios de la descomposición de estos residuos, así como de las tasas de reciclado de sus nutrientes.

De acuerdo con Kolmans y Vásquez (1996), las fuentes de fertilización orgánica al ser combinadas con fuentes de fertilización mineral como la roca fosfórica, activan la flora de la rizosfera, fomentan las asociaciones benéficas entre hongos y raíces a través de la liberación de enzimas, la descomposición de toxinas y el estímulo de la germinación y disminuyen la susceptibilidad a plagas y enfermedades, al activar el metabolismo mediante sustancias orgánicas, la absorción de sustancias de defensa y antibióticos del humus, llevando al mejoramiento del rendimiento y sanidad vegetal.

En aguacate pueden utilizarse diferentes tipos de abonos orgánicos y su elección puede estar determinada por la disponibilidad local, el precio, la facilidad de transporte y aplicación. Las hierbas indeseables o pasto que crecen entre los árboles pueden ser podados y los residuos frescos dejarse dispersos sobre el suelo. También pueden ser utilizados para hacer composta y aplicarse como mulch.

La gallinaza, los lombricompostos, los desechos urbanos y otros materiales orgánicos, así como las fuentes inorgánicas de fertilización (roca fosfórica), son recursos potencialmente valiosos para mejorar las condiciones físico-químicas del suelo y restaurar su productividad, al aumentar la disponibilidad de nutrientes dentro del mismo (Tamayo y Muñoz, 1997).

La gallinaza es utilizada como abono orgánico para mejorar la fertilidad de los suelos y como complemento a la nutrición del aguacate. La aplicación de gallinaza mejora la estructura del suelo cuando se aplica en cantidad suficiente, mejora la retención de humedad del suelo, actúa como fertilizante de liberación lenta, incrementa la capacidad del suelo para almacenar nutrientes y es una fuente moderada de N, P, K y de algunos micronutrientes (Salazar-García, 2002).

La cantidad de nutrientes que puede aportarse al suelo con la gallinaza dependerá de la cantidad, la forma de aplicación y de si es incorporada al suelo. Dependiendo de las características físicas y químicas del suelo, la aplicación individual a un árbol adulto de aguacate puede ser de 25 a 50 kg de estiércol, en forma anual o bianual. Con el tipo de gallinaza usada en Nayarit (México), la incorporación de 50 kg (con 20% de humedad) por árbol, aportarían al suelo, 30 g de nitrógeno como nitratos, 37,2 g de fósforo y 16 g de potasio. Estas cantidades de nutrientes están muy lejos de ser suficientes para producir una cosecha redituable de aguacate (Salazar-García, 2002).

Considerando los requerimientos de potasio, para que 156 árboles/ha produzcan una cosecha de 30 t de aguacate Hass, que extraen 78,16 kg de K, sería necesario aplicar 1.566 kg de gallinaza por árbol por año. De aquí la importancia de incluir aplicaciones adicionales de nutrientes a los huertos abonados únicamente con estiércoles (Salazar-García, 2002).



Conclusiones

La nutrición y la fertilización son aspectos esenciales en el manejo integral del cultivo de aguacate. Los nutrientes cumplen funciones esenciales que determinan el desempeño vegetal y controlan en muy buena parte el potencial de producción. Buena parte de los suelos colombianos exhiben baja disponibilidad de nutrientes y esto ocasiona deficiencias en las plantas. Si bien la identificación de los síntomas de deficiencia es una ayuda importante en el diagnóstico del estado nutricional de las plantas de aguacate, no se deben usar como único criterio, ya que la aparición de los síntomas implica una pérdida significativa en el potencial productivo de la planta.

Los análisis de suelos son una herramienta fundamental para detectar con anticipación niveles deficientes de los nutrientes en el suelo, razón por la cual se deben seguir cuidadosamente las instrucciones para tomar muestras adecuadas y representativas del suelo. Así mismo, las muestras de tejidos foliares pueden ser bastante relevantes para evaluar la existencia de problemas nutricionales en los huertos y así realizar correcciones a través de la fertilización.

En la actualidad se cuenta con criterios satisfactorios para manejar la fertilización de los huertos de aguacate y asegurar la productividad de los huertos. Estas recomendaciones deben ser atendidas técnicamente para evitar manejo inadecuado de cales y fertilizantes. En algunos huertos se han detectado problemas por sobre-encalamiento y sobre-fertilización que deben ser evitados a través de herramientas de diagnóstico y manejo realizados en el laboratorio de suelos, como la incubación de cal y la isoterma de adsorción de fosfato. Estas técnicas pueden jugar un papel importante en el manejo ambientalmente seguro de fertilizantes y enmiendas y al mismo obtener una mejor relación costo-beneficio.

Se debe poner mucho cuidado en el manejo de los elementos menores ya que prácticas como la sobre-fertilización y el sobre-encalamiento pueden disminuir su disponibilidad para las plantas.

Los hongos micorrizo-arbusculares pueden jugar un rol importante en el manejo adecuado de la nutrición vegetal, los experimentos llevados a cabo son muy promisorios sobre su efectos, pero debe ser evaluados en plantas en producción.

La materia orgánica incrementa la eficiencia en el reciclaje de nutrientes y ayuda a la sustentabilidad de condiciones físicas favorables en los suelos, por lo que es uno de los factores más importantes que afectan la fertilidad y productividad de suelos tropicales.

IV. ARVENSES





IV. ARVENSES

Oscar Córdoba Gaona¹

Introducción

El control de arvenses es una de las prácticas más costosas, pues representa entre el 20 al 30% de los costos en mano de obra. También es una labor delicada dentro del manejo sanitario en los cultivos; sin embargo, a pesar de su gran importancia, son pocos los estudios que existen sobre el manejo de la vegetación arvense y sobre las pérdidas que éstas causan en el rendimiento final del cultivo del aguacate.

Las arvenses, comúnmente conocidas como malezas, malas hierbas, hierbas invasoras, yuyos, plantas indeseables, entre otras, se definen como plantas no deseadas, que por sus características de adaptación, agresividad, eficiencia reproductiva y supervivencia, invaden y compiten con el cultivo de aguacate, por agua, luz, espacio y nutrimentos, generando pérdidas económicas, al reducir los rendimientos y la calidad de la cosecha, ser hospederas de insectos plagas, hongos y nemátodos; algunas especies como el manrubio (*Ageratum conyzoides* L.), la pata de gallina (*Eleusine indica* (L.) Gaertn) y los bledos (*Amaranthus* spp.) pueden hospedar nemátodos de los géneros *Meloydogine*, *Pratylenchus* y *Rotylenchus* y aumentar los costos de producción, al dificultar y retardar las prácticas agrícolas (Córdoba y Casas, 2003; Kissmann, 1997). No obstante lo anterior, de acuerdo con Larios (1996), no todo es perjudicial ya que algunas arvenses presentan algunos atributos o ventajas como:

- Ayudan a controlar la erosión.
- Incrementan la cantidad de materia orgánica del suelo y mantienen el reciclaje de los nutrientes en el suelo.
- Ayudan a conservar la humedad del suelo.
- Incrementan la diversidad de especies dando una mayor estabilidad en el ecosistema.

Aunque la competencia que ejercen las arvenses en los cultivos es significativa, en muchas ocasiones los agricultores no son conscientes de este problema, ya que el daño ocasionado por éstas es menos visible, o no es tan obvio como el causado por las plagas y/o enfermedades.

¹I.A. Ph.D. en Ciencias Agrarias – Línea Fisiología de la Producción Vegetal. Investigador Ph.D. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica. C.I. El Nus. San Roque, Antioquia, Colombia. Correo electrónico: ocordoba@corpoica.org.co

Competencia

Las arvenses en el cultivo del aguacate son de gran importancia económica durante todo el ciclo vegetativo, principalmente en las etapas de vivero y establecimiento, donde se forma el sistema radical del futuro árbol, ya que el desarrollo inicial es lento y su área foliar limitada, quedando un área significativa de exposición a las condiciones ambientales que favorecen la reproducción y diseminación de las arvenses. A pesar de esto, es común que los agricultores presten más atención a las plantaciones en producción, pese a que el daño por competencia como ya se anotó, es mucho mayor en huertos jóvenes (Arderi *et al.*, 1996; Gelimi *et al.*, 1994).

En vivero, las arvenses ocasionan problemas durante toda la etapa, desde la germinación, emergencia y permanencia de los árboles hasta su trasplante al campo definitivo, por lo cual se recomienda mantener libre de competencia los árboles de aguacate durante esta fase de desarrollo. En la etapa de formación, especialmente durante los dos primeros años del cultivo, las arvenses compiten por espacio, luz y agua, por lo que se recomienda mantener por lo menos la región debajo del árbol libre de competencia durante este tiempo. Aunque de acuerdo con Coria (2008), se desconoce el impacto que las arvenses ocasionan sobre la capacidad de desarrollo de la planta y su efecto sobre el rendimiento, es asumido que los diez primeros años del cultivo son los más limitantes por el efecto de altas incidencias de malezas; por lo que, el período de competencia de las arvenses con el cultivo del aguacate, en campo, se presenta desde el momento de la siembra hasta la etapa productiva, en la cual los árboles proporcionan sombra y ocupan casi la totalidad del área sobre el terreno. Después de establecido

el cultivo, la competencia de las arvenses disminuye notablemente y las limpiezas se deben realizar de acuerdo con la invasión que se presente.

En el aspecto sanitario del cultivo, la alta incidencia de malezas y con alturas superiores a los 30 cm, reduce el efecto de los plaguicidas en el manejo sanitario, ya sea por lograr menores controles de las plagas o por incrementarse la frecuencia de las aplicaciones, debido a que una elevada población de malezas produce una mayor evapotranspiración lo que genera alta humedad relativa y temperatura estable, condiciones que favorecen el desarrollo de insectos y microorganismos patógenos (Coria, 2008).

Manejo integrado

El manejo integrado se define como el desarrollo de un conjunto de prácticas o métodos, encaminados a mantener la vegetación arvense dentro de un nivel inferior al que produciría pérdidas económicamente importantes. Antes de implementar un programa de manejo, es necesario disponer del inventario de plantas indeseables presentes en el cultivo, además de conocer su biología y ecología, sus hábitos de desarrollo, modo de reproducción, comportamiento de las semillas en el suelo, medios de dispersión, número de semillas por planta y su viabilidad; también pueden influir de manera considerable el área invadida, la especie y estado del cultivo, las prácticas agrícolas usuales y la capacidad económica del productor. Toda esta información permite tener una idea de la importancia real que tienen las arvenses y así poder determinar cómo y cuál es el momento más adecuado para su manejo (Bhowmik, 1997; Zindahl, 2007).



Estos elementos determinan en qué consiste el problema y cómo tratar de resolverlo.

Las especies indeseables asociadas al cultivo del aguacate varían considerablemente de acuerdo a las diferentes regiones productoras; sin embargo, las más importantes se describen en las **Tablas 1, 2, 3 y 4** (Córdoba y Casas, 2003; Kissmann, 1997).

Tabla 1. Principales especies monocotiledóneas, asociadas con el cultivo del aguacate en los climas cálidos y medios de Colombia.

Familia	Nombre Común	Nombre Científico
Commelinaceae	Siempre viva	<i>Commelina difusa</i> Buró. F.
Cypeareae	Coquito	<i>Cyperus rotundus</i> L.
	Cortadera	<i>Cyperus feraz</i> L. C. Rich
Poaceae (Gramineae)	Gusanillo	<i>Setaria geniculata</i> P. Beauv.
	Barba de chivo	<i>Echinochloa crusgalli</i> (L.) P. Beauv.
	Pasto Argentina	<i>Gynodon dactylon</i> (L.) Pers.
	Cadillo	<i>Cenchrus echinatus</i> L.
	Guarda rocío	<i>Digitaria horizontalis</i> Willd.
	Hierba de conejo	<i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop.
	Liendre de puerco	<i>Echinochloa colunum</i> (L.) Link.
	Pata de gallina	<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaert.
	Paja mona	<i>Leptochloa filiformis</i> (Lam.) Beauv.
	Pela bolsillo	<i>Rottboellia exaltata</i> L. f.
	Maciega	<i>Paspalum virgatum</i> L.
	Maciega	<i>Paspalum paniculatum</i> L.
	Braquiaria	<i>Braquiaria</i> sp.

Tabla 2. Principales especies dicotiledóneas, asociadas con el cultivo del aguacate en los climas cálidos y medios de Colombia.

Familia	Nombre Común	Nombre Científico
Asteraceae (Compositae)	Macequia	<i>Bidens pilosa</i> L.
	Diente de león	<i>Emilia sonchifolia</i> (L.) DC.
	Cara de vaca	<i>Acanthospermum hispidum</i> DC.
	Amapola	<i>Tapetes patula</i> L.
	Manrubio	<i>Ageratum conyzoides</i> L.
	Cadillo	<i>Tridax procumbens</i> L.
Amaranthaceae	Bledo macho	<i>Amaranthus spinosus</i> L.
	Bledo liso	<i>Amaranthus dubius</i> Mart. Ex Thell
Cucurbitaceae	Archucha	<i>Momordica cherantia</i> L.
Convolvulaceae	Batatilla	<i>Ipomea purpurea</i> (L.) Roth.
	Campanilla	<i>Ipomea hederifolia</i> L.
	Batatilla blanca	<i>Convolvulus arvensis</i> L.
Euphorbiaceae	Caperonia	<i>Caperonia palustris</i> (L.) St. Hil.
	Croton	<i>Croton lobatus</i> L.
	Patetortola	<i>Croton trinitalis</i> Milsp.
	Lechero	<i>Euphorbia heterophylla</i> L.
Malvaceae	Escoba	<i>Sida acuta</i> Bum. f.
	Escoba dura	<i>Sida rhombifolia</i> L.
Mimosaceae	Dormidera	<i>Mimosa pudica</i> L.
Polygonaceae	Lengua de vaca	<i>Rumex acetosella</i> L.
Rubiaceae	Tabaquillo	<i>Richardia scabra</i> L.



Tabla 3. Principales especies monocotiledóneas, asociadas con el cultivo del aguacate en clima frío en Colombia.

Familia	Nombre Común	Nombre Científico
Commelinaceae	Palo de agua	<i>Tinantia erecta</i> (Jacq.) Schlttdl.
Cyperaceae	Cortadera	<i>Cyperus ferax</i> L. C. Rich.
Juncaceae	Junco	<i>Juncus</i> sp.
Poaceae (Gramineae)	Kikuyo	<i>Pennisetum clandestinum</i> Hochst.
	Falsa poa	<i>Holcus lanatus</i> L.
	Espartillo	<i>Sporobolus</i> sp.
	Yaraguá	<i>Hyparrhenia rufa</i> (Nees) Stapf.
	Gramma	<i>Paspalum</i> sp.
	Nudillo	<i>Panicum zizonoides</i> H.B.K.
	Andadora	<i>Ischaemum rugosum</i> Salisb.
	Avena negra	<i>Avena fatua</i> L.
	Cebadilla	<i>Bromus catharticus</i> Vahl.
	Pasto azul	<i>Poa annua</i> L.
	Ilusión	<i>Bisa minor</i> L.
	Ballico	<i>Lolium multiflorum</i> Lam.
	Yerba filo	<i>Eragostis</i> sp.
	Yerba coneja	<i>Digitaria horizontalis</i> Willd.

Tabla 4. Principales especies dicotiledóneas, asociadas con el cultivo del aguacate en clima frío en Colombia.

Familia	Nombre Común	Nombre Científico
Amaranthaceae	Amaranto, bleado	<i>Amaranthus</i> sp.
	Manrubio	<i>Agenatum conyzoides</i> L.
	Macequia	<i>Bidens pilosa</i> L.
	Botoncillo	<i>Galinsoga paviflora</i> Cav.
	Guasca	<i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav.
	Cilantrillo	<i>Achillea millofolium</i> L.
	Diente de león	<i>Taraxacum officinales</i> Web.
	Cerraja	<i>Sonchus olerace</i>
	Falso piretro	<i>Artemisa vulgaris</i> L.
Brassicaceae	Alpiste	<i>Brassica rapa</i> L.
	Bolsa de pastor	<i>Brassica bursa-pastoris</i> (L) Medik.
Euphorbiaceae	Mal coraje	<i>Mercurialis annual</i> L.
Fabaceae	Trébol blanco	<i>Trifolium repens</i> L.
Malvaceae	Tarasa	<i>Tarasa</i> sp.
Melastomatacae	Niguito	<i>Miconia</i> sp.
Moraceae	Mora silvestre	<i>Morus</i> sp.
Myrsinaceae	Espadero	<i>Myrinepopayanensis</i> H.B.K
Poligonaceae	Colanquilla	<i>Rumex acetosela</i> L.
	Lengua de vaca	<i>Rumex crispus</i> L.
	Barbasco	<i>Polygonum segetum</i> Kunth
	Corazón herido	<i>Polygonum nepalense</i> Meins.
Scrophularaceae	Té de Europa	<i>Vemonica hederifolia</i> L.
	Golondrina	<i>Vemonica persica</i> Poir.
Solanaceae	Lulo de perro	<i>Solanum</i> sp.
	Pensamiento	<i>Browallia americana</i> L.
Urticaceae	Ortiga grande	<i>Ortica dioica</i> L.
Verbenaceae	Verbena	<i>Vrbena litorales</i> Kunth.
	Corazón negro	<i>Clerodondron thomsorae</i> Balf.

Varias son las alternativas para el manejo de arvenses en el huerto y ellas no deben tomarse independientemente. Cuando se usa un solo método, la eficiencia se verá reducida con el tiempo y traerá complicaciones para el manejo en general; por lo tanto se aconseja la combinación de algunos de ellos. El manejo integrado de arvenses en el cultivo de aguacate se centra en tres etapas: vivero, formación y producción; se puede realizar a través de los métodos preventivos, físicos, culturales, manuales, mecánicos y químicos, entre otros.



Método preventivo

Consiste en evitar la introducción, establecimiento y diseminación de nuevas especies en lugares donde normalmente no ocurren. Un medio muy común para la diseminación de plantas indeseables es a través del sustrato del material de siembra, por lo cual se recomienda prestar especial atención al sustrato empleado en la etapa de vivero del cultivo (Gelmini *et al.*, 1994).

Si las plántulas son adquiridas en fincas vecinas o viveros comerciales, se recomienda realizar una adecuada inspección de este material, para evitar que sean introducidas especies no deseables en lotes o áreas donde no existen y se puedan convertir en problemas de difícil solución; por el contrario, si el vivero se establece en la propiedad, se debe tener cuidado al momento de seleccionar el sustrato para tal fin, identificando su procedencia y conociendo cuáles serían las especies potenciales que se pueden diseminar a través de éste. Como medida preventiva, se recomienda el tratamiento físico del sustrato, a través de la técnica conocida como solarización.

Método físico

Son varios los métodos físicos que se pueden emplear para disminuir la interferencia de arvenses en el cultivo del aguacate, los cuales se mencionan a continuación.

Solarización

Es una técnica eficiente que controla semillas y plantas de un amplio espectro de arvenses anuales y perennes. También controla plagas, enfermedades y nemátodos que afectan los cultivos; es una práctica eficiente para disminuir la población de arvenses y de algunos problemas de plagas y enfermedades que

afectan el cultivo (Ver Capítulo I: Manejo del Cultivo).

La solarización se define como un proceso térmico o de calentamiento que utiliza la radiación solar. Consiste en cubrir el suelo húmedo con un plástico transparente, durante cuatro a seis semanas en los meses de mayor temperatura; la temperatura que logra el suelo durante este proceso es letal para muchos patógenos, insectos y arvenses (Horowitz, 1983).

Coberturas o cultivos intercalares

Esta práctica contempla la siembra de cultivos o coberturas vivas en las áreas descubiertas en el cultivo de aguacate, con el fin de maximizar el uso de la tierra y evitar el desarrollo de las arvenses, principalmente en huertos jóvenes.

Durante los primeros cuatro años del cultivo, se recomienda la siembra de cultivos de porte bajo como frijol, soya, piña, maíz, entre otros, los cuales pueden ser plantados en las áreas libres o calles del cultivo, como alternativa para el manejo de arvenses y aprovechamiento del área improductiva en las plantaciones jóvenes de aguacate. En plantaciones adultas, existen arvenses de poco crecimiento y de raíces superficiales, que casi no compiten con el árbol de aguacate, evitando por el contrario pérdida de humedad en el suelo en épocas secas y la excesiva erosión en épocas lluviosas.

Plásticos

Al cubrir el suelo con plásticos opacos se logra un efecto negativo sobre el desarrollo de las arvenses, debido a la ausencia de luz (**Figura 1**). Según Malo (1976), este método es relativamente costoso y muy laborioso; los plásticos opacos y otras coberturas sintéticas deben ser evaluadas localmente para determinar su relación costo:beneficio.



Figura 1. Acolchados plásticos usados en cultivos permanentes.

Foto:<http://www.interempresas.net/Horticola/Articulos/102924-Efectos-acolchado-plastico-cultivo-mesetas-crecimientociruelo-Region-Murcia.html>

El éxito de las coberturas plásticas depende de la correcta ubicación del plástico; se recomienda colocarlo en forma de "ruana" en la base del tallo del árbol, para prevenir el crecimiento de arvenses en esta área, especialmente en árboles jóvenes.

Coberturas muertas o mulch

El uso de restos de vegetación o mulch, puede producir un efecto similar al del plástico opaco; además, los residuos vegetales ofrecen la ventaja adicional de mejorar la estructura del suelo y en algunos casos, suprimir las arvenses por la liberación de toxinas. Las coberturas en aguacate establecen condiciones especiales en el suelo, que favorecen el desarrollo de los árboles y la producción del cultivo. Algunos trabajos indican que el tamaño del árbol y la producción son mayores con coberturas que con la aplicación de herbicidas (Reyes *et al.*, 1994).

El uso de coberturas es una práctica ventajosa que disminuye el uso de productos químicos como herbicidas y fertilizantes y satisface en parte las demandas nutricionales de los árboles. (Figura 2).



Figura 2. Uso de coberturas vegetales (mulch) en aguacate.

Fotos: J. Bernal



Figura 3. Plateo amplio después del trasplante.

Fotos: J. Bernal

Las coberturas sintéticas y los residuos de cosecha también disminuyen el riesgo de problemas fitosanitarios, al reducir el uso de herramientas para el control de arvenses en las áreas próximas al tallo del árbol, donde se concentra el mayor número de raíces de la planta.

Método cultural

Las prácticas culturales son una herramienta muy importante y de gran utilidad, por lo que buscan dar condiciones favorables para el establecimiento del cultivo. Comprenden todas aquellas prácticas que aseguran el desarrollo vigoroso del cultivo y permiten competir favorablemente con las arvenses; ellas son: buena preparación del terreno, plantas de buena calidad, densidad óptima de siembra, siembra oportuna, control de plagas y enfermedades y niveles adecuados de fertilización, que son discutidos ampliamente en los diferentes capítulos de esta publicación (Bazán, 1994).

Método manual o mecánico

El control manual o mecánico es un método práctico y eficaz; sin embargo, su éxito depende de lo oportuno

que se realice y principalmente de la disponibilidad y costo de la mano de obra en las diferentes regiones. Debido a la alta competencia que las arvenses ejercen en el cultivo en los primeros estados de desarrollo, los árboles de aguacate, luego de ser trasplantados a campo definitivo, se deben mantener libres de competencia; para ello se recomienda realizar un primer plateo amplio como se ilustra en la **Figura 3**, de unos 100 cm, inmediatamente después del trasplante, dejando libre de arvenses alrededor del árbol, con el fin de disminuir la competencia inicial por ellas y reducir el número de desyerbas en esta área (Coria, 2008; Jordan, 1990).

Posteriormente se debe realizar un control cada dos o tres meses, momentos antes de la fertilización.

Una vez establecido el cultivo, al realizar el control con medios mecánicos, se debe evitar producir lesiones en el sistema radical, por ser este un cultivo muy afectado por patógenos del suelo, los cuales se ven favorecidos cuando encuentran puertas de entrada a la planta. Una de las principales enfermedades del aguacate, "la marchitez" causada por el hongo *Phytophthora cinnamini*, se ve favorecida cuando se causan este tipo

de lesiones. Por lo anterior, el control de arvenses en el plato se debe hacer manualmente, a través de un macheteo bajo. En todos los casos se debe evitar el uso de azadón, por lo cual se recomienda preferiblemente el uso de coberturas, como plásticos o mulch (Mossler y Nesheim, 2001).

En huertos en formación, donde el sistema radical del árbol ocupa un área relativamente pequeña, el manejo de arvenses con implementos mecánicos es una alternativa, ya que con esta práctica no se afectan las raíces superficiales; sin embargo, el pase continuo de máquinas agrícolas dentro de los huertos tienden a compactar el suelo, favoreciendo encharcamientos y consecuentemente pudriciones radiculares. En las calles del cultivo se recomienda realizar el control de arvenses con machete o guadaña (Figura 4). Los residuos resultantes deben ser acumulados en el área próxima al tallo de los árboles de aguacate, como cobertura muerta o mulch. En plantaciones adultas o en producción, se recomienda el uso de guadañas o herbicidas, para el manejo de las plantas indeseables tanto en la calle como el área por debajo del árbol.

Método químico

Se debe recordar que este método no es el único y de ninguna manera el más importante y efectivo, pero se recomienda como complemento a los métodos preventivo, físico, cultural, mecánico y manual, haciendo uso de la combinación de ellos, de acuerdo a la situación que se presente. Cuando se usan correctamente los herbicidas, estos pueden ser eficientes en el control; sin embargo, cuando son usados de forma inadecuada, estas sustancias pueden causar severas pérdidas económicas en el cultivo y principalmente irreparables al medio ambiente (Córdoba y Casas, 2003).

Un aspecto importante a considerar es que los herbicidas son elaborados para controlar un determinado grupo de arvenses en un cultivo, durante una época específica y con una dosis que asegure efectividad en el control.

Se debe tener en cuenta que el uso generalizado de un mismo producto químico, implicará cambios en la población de arvenses existentes, hasta el punto que el tratamiento se puede volver ineficiente. En áreas extensas, donde la disponibilidad y el costo de la mano de obra son factores limitantes para el control manual o mecánico de arvenses,



Figura 4. Control mecánico (guadaña) en las calles del cultivo.

Fotos: J. Bernal



el control químico es una alternativa económica para el manejo de estas especies. Los herbicidas se clasifican generalmente según su forma de acción: de contacto y sistémicos, y por su época y forma de aplicación en pre-emergentes o pos-emergentes. Los herbicidas de contacto son aquellos que afectan solo las partes de las plantas que han sido cubiertas con la aspersión (Akobundu, 1997) y deben ser aplicados con volúmenes de agua generalmente mayores que otros tipos de productos. Los sistémicos son productos que después de asperjados, penetran a la planta y se movilizan para ejercer su efecto lejos del sitio de acción.

Los herbicidas pre-emergentes son aquellos aplicados después de la siembra



de las semillas de los cultivos, pero antes de emerger las plántulas a la superficie del suelo. Los pos-emergentes son aquellos que se aplican después de la siembra y la emergencia del cultivo. Para el control químico de arvenses en el cultivo de aguacate, existen varios productos que pueden ser utilizados, dependiendo de la edad del cultivo y el tipo de productor (**Tablas 5 y 6**). Se recomienda, antes de realizar cualquier aplicación de un herbicida, consultar al personal técnico con conocimiento en el tema (Akobundu, 1997).

En plantaciones jóvenes, la aplicación de herbicidas puede ser perjudicial para el cultivo de aguacate, ya que su uso puede causar problemas de toxicidad en los árboles. Sin embargo, el uso de Glifosato y Paraquat para el control de arvenses en las calles, puede ser aconsejable, siempre y cuando su aplicación se realice adecuadamente y con protección, por medio de pantallas. En huertos jóvenes, el uso de herbicidas pre-emergentes no es recomendado, debido a la susceptibilidad de los árboles a estos productos (Coria, 2008; Pitty y Muñoz, 1993).

En plantaciones adultas superiores a los dos años, se pueden utilizar los herbicidas listados en la **Tabla 5** para el control de arvenses en las calles y los listados en la **Tabla 6** para el control en el plato o



Figura 5. Control de arvenses en el plato, con el uso de herbicidas.

Fotos: J. Bernal

área debajo del árbol (Figura 5). Los más recomendados para el control de arvenses en el cultivo del aguacate son aquellos a base de Diuron y Simazina (Mossler y Nesheim, 2001; Jordan y Jordan, 1987).

Tabla 5. Herbicidas no selectivos empleados en el control de arvenses en el cultivo de aguacate.

Herbicida	Grupo químico	Nombre comercial	Dosis (L o kg/ha)	Momento de aplicación	Arvenses controlados	Modo de acción
Glifosato	Derivados de la glicina	Roundup	2 - 4	Pos-emergencia	Gramínea, hoja ancha	La enzima EPSP sintasa
Sulfosate	Derivados de la glicina	Coloso	2 - 4	Pos-emergencia	Gramínea, hoja ancha	La enzima EPSP sintasa
Paraquat	Bipiridilos	Gramoxone	1,5 - 3	Pos-emergencia	Gramínea, hoja ancha	Inhibe F1 en la fotosíntesis
Diquat	Bipiridilos	Reglone	1,5 - 3	Pos-emergencia	Gramínea, hoja ancha	Inhibe en la fotosíntesis

Tabla 6. Herbicidas selectivos empleados en el control de arvenses en el cultivo de aguacate.

Herbicida	Grupo químico	Nombre comercial	Dosis (L kg/ha)	Momento de aplicación	Arvenses controlados	Modo de acción
Simazina	Triazinas	Gesatap	8 - 10	Pre-emergencia	Gramíneas. Hojas anchas	Inhibe el FII en la fotosíntesis
Fluazifop-p-butyl	Arioloxifenoxi-propionatos	Fusilade	0,75 - 2	Pos-emergencia	Gramíneas	Inhibe la enzima AcoA Carboxilasa
Sethoxydim	Hidrociclo Hésenos	Poast	1,25	Pos-emergencia	Gramíneas	Inhibe la enzima AcoA Carboxilasa
Oxyfluorfen	Difenileteres	Goal	3 - 6	Pre y pos-emergencia	Gramíneas	Inhibe la enzima Protox
Trifluralina	Dinitroanilinas	Trifluralina	1,5 - 2	Pre-emergencia	Gramíneas	Inhibe la división celular
Diuron	Derivados de la urea	Karmex	2 - 4	Pre y pos-emergencia	Gramíneas, hoja ancha	Inhibe la reacción de Hill en la fotosíntesis
Asulan	Carbamato	Asolox	9	Pos-emergencia	Gramíneas	Inhibe el crecimiento y división celular



Método biológico

Como práctica dentro del método biológico, el mismo cultivo impone cierta competencia a las arvenses. La utilización de métodos biológicos, como insectos y/o patógenos para el control de arvenses en plantaciones de aguacate, aún no es posible; hasta la fecha no existen en el nivel práctico o comercial, agentes de biocontrol de las arvenses para ser utilizados en estos sistemas, por lo cual, en la práctica, los esfuerzos deben dirigirse a la combinación de los métodos, culturales, manuales, mecánicos y químicos.



Consideraciones finales

No se recomienda mantener el suelo desnudo, ya que en estas condiciones está sujeto a la erosión; es mejor tener un cultivo de cobertura que preferiblemente aporte nitrógeno y compita con las plantas no deseadas entre los árboles.

Son varias las alternativas para el manejo de arvenses en el huerto y ellas no se deben tomar independientemente, pues se podrían presentar complicaciones para el manejo en general; por lo tanto, se recomienda la combinación de algunas de ellas.

El método o los métodos seleccionados para el manejo de arvenses en determinado cultivo depende en gran medida de las posibilidades y de los gustos del productor. Actualmente y teniendo en cuenta la necesidad de preservar el medio ambiente, al tomar una decisión por uno o más métodos, éstos deben obedecer fundamentalmente a criterios técnicos; sin embargo, se deben considerar también situaciones del cultivo específicas y las posibilidades de ejecución por parte de los agricultores.

V. INSECTOS Y ÁCAROS





V. INSECTOS Y ÁCAROS

Martha E. Londoño Z.¹
Takumasa Kondo R.²
Arturo Carabalí M.³
Edgar H. Varón D.⁴
Ana M. Caicedo V.⁵

Introducción

Los insectos siempre están asociados con la producción de vegetales. La gran mayoría de ellos son inofensivos o benéficos; unos cuantos se consideran plagas porque causan daños cuyo costo es mayor que la estrategia de manejo. Las propiedades alimenticias del aguacate y la apetencia por este producto en Colombia, generan una responsabilidad en la toma de decisiones de manejo de plagas, ya que sus frutos se consumen directamente como alimento fresco. Algunos insectos encontrados en aguacate son plagas de importancia económica, ya que afectan los rendimientos o la calidad del fruto a cosechar; otros, pueden ser vectores o transmisores de enfermedades. Por lo tanto, conocer los insectos dañinos es el primer paso a seguir.

El manejo de las plagas constituye una de las tareas básicas que debe ser realizada con prontitud y eficacia. Entre las principales plagas que atacan el aguacate, se encuentran los de hábitos chupadores, como *Monalonion*, trips, insectos escama, cochinillas harinosas, pulgones y ácaros. Así mismo, están los de hábitos masticadores como los perforadores de frutos y semillas, y los barrenadores de troncos y ramas, que tienen un mayor impacto económico por el tipo de daño que producen y por las restricciones cuarentenarias que provocan para la exportación. Por lo anterior, es preciso continuar con investigaciones que lleven a determinar los niveles de daño económico, los umbrales de acción y la epidemiología de las principales plagas, como base para la generación de modelos de manejo integrado de éstas. Con esto se podrá reducir el número de aplicaciones de plaguicidas, bajar los costos del cultivo y aumentar la producción.

¹ I.A. M.Sc. en Sanidad Vegetal. Investigadora Máster. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica, C.I. La Selva. Rionegro, Antioquia, Colombia. Correo electrónico: mlondono@corpoica.org.co

² I.A. Ph.D. en Entomología. Investigador Ph.D. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica, C.I. Palmira. Palmira, Valle del Cauca, Colombia. Correo electrónico: tkondo@corpoica.org.co

³ I.A. Ph.D. en Ciencias Biológicas-Entomología. Investigador Ph.D. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica, C.I. Palmira. Palmira, Valle del Cauca, Colombia. Correo electrónico: acarabali@corpoica.org.co

⁴ I.A. Ph.D. en Entomología Investigador Ph.D. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica, C.I. Nataima. Espinal, Tolima, Colombia. Correo electrónico: evaron@corpoica.org.co

⁵ I.A. Ph.D. en Entomología. Instituto Colombiano Agropecuario – ICA. Dirección Técnica de Epidemiología y Vigilancia Fitosanitaria. Bogotá, Colombia. Correo electrónico: anam.caicedo@gmail.com

Insectos del fruto

Barrenador grande de la semilla de aguacate

Heilipus lauri (Boheman) (Coleoptera: Curculionidae)

Arturo Carabalí Muñoz

Importancia y Descripción

Heilipus es el género con el mayor número de especies asociadas a aguacate; se reportan ocho especies en el continente americano: *H. apiatus* Oliver, *H. lauri* Boheman, *H. albopictus* Champion, *H. pittieri* Barber, *H. trifasciatus* Fabricius, *H. elegans* Guerin-Menéville, *H. catagraphus* Germar y *H. rufipes* Perty. Las larvas y adultos se alimentan de tallos, ramas y frutos, destruyéndolos en su totalidad (Castañeda-Vildózola *et al.*, 2007). En Colombia, Rubio *et al.*, (2009) identificaron a *H. elegans* alimentándose de la corteza del tallo de aguacate.

H. lauri, se encuentra en México, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Guatemala, Colombia, Brasil, Ecuador y Perú, con distribución restringida. En contraste, en Bécice, Panamá, Venezuela y Guyana su distribución es amplia (Medina-Quiroz, 2005; EPP0, 2012, Senasica 2006).

En Colombia, durante 2010 y 2011 se realizaron muestreos sistemáticos por parte de Corpoica e ICA, permitiendo corroborar su presencia en las principales zonas productoras del país bajo un amplio rango altitudinal (Carabalí, 2011; ICA, 2012). Se encontró a partir de los 400 msnm en el municipio de Armero hasta los 2.000 msnm en el municipio de Herveo, departamento del Tolima. En Antioquia, en el municipio de Rionegro a 2.450 msnm (Hoyos y Giraldo, 1984; Carabalí, 2011).

En el departamento del Valle del Cauca se registró entre los 900 msnm en los municipios de Palmira y Candelaria, hasta los 1.920 msnm en el municipio de El Cerrito. En Caldas, se encontró en los municipios de Anserma y Villamaría entre 1.580 y 2.069 msnm. En Risaralda, en los municipios de Pereira y Santa Rosa de Cabal hasta los 1.690 msnm y en el Quindío, en los municipios de Filandia y Salento entre los 1.527 y 1.979 msnm, respectivamente (Carabalí, 2011).

Descripción de los estados de desarrollo

El adulto de *Heilipus lauri* es de color negro o marrón oscuro brillante, con dos bandas amarillas incompletas, de forma alargada en los élitros, que se extienden de lado a lado (Figura 1). Estas manchas caracterizan a la especie *H. lauri* y la diferencian de otras especies como *H. pittieri* y *H. trifasciatus*. El insecto mide entre 14 a 17 mm de largo. Las hembras de *H. lauri*, presentan el rostrum o pico más curvo, largo (14.5 ± 0.5 mm) y grueso, comparado con el de los machos (12.5 ± 0.6 mm) (Caicedo *et al.*, 2010) (Figura 1).



Figura 1. Adulto del barrenador grande de la semilla (*Heilipus lauri*) sobre fruto de aguacate.

Foto: T. Kondo



La hembra deposita sus huevos bajo la epidermis de los frutos en crecimiento, elaborando una abertura en forma de media luna, donde deposita de uno a dos huevos (**Figuras 2a, 2b y 2c**). Los huevos son ovalados, de uno a dos mm de largo y cambian de color verde pálido a crema-café, a medida que maduran. Transcurridos 12-15 días después de la oviposición, la larva atraviesa la pulpa hasta la semilla, donde se alimenta y transcurre su estado de larva y pupa; algunas veces la larva cae y empupa en el suelo (Caicedo *et al.*, 2010).

La larva es de color blanco opaco, ápada, del tipo curculioniforme, de cuerpo robusto curvado y cápsula cefálica café oscuro (**Figura 2d**). *H. lauri* pasa por cinco estadios larvales y durante su desarrollo ocurre una descomposición de la pulpa y eventualmente de la semilla (**Figura 2e**), lo que ocasiona caída prematura de frutos. Cuando la larva está próxima a empupar mide 15 a 25 mm de longitud. La pupa es de forma oval, de color blanco cremoso y descubierta, tipo exarata (**Figura 2f**). Los adultos se alimentan de hojas, yemas, brotes y frutos (**Figura 2g**) (Ebeling, 1950; Castañeda, 2008; Caicedo *et al.*, 2010).



Figura 2. a. Adulto de *H. lauri* elaborando ranura para ovipositar.
 b. Huevo y sitio de oviposición en fruto de aguacate cv. Hass.
 c. Huevo y sitio de oviposición en aguacate tipo papelillo.
 d. Larva. E: Pre-pupa. F: Pupa. G: Adulto.

Fotos: A. Carabál

El ciclo completo de *H. lauri* dura entre 72-80 días ($26 \pm 2^\circ \text{C}$, 60-70% HR) y los adultos presentan una longevidad entre 181 a 464 días (Castañeda, 2008). Estudios realizados en plantaciones del departamento del Tolima, a partir de recolección de frutos perforados y seguimiento bajo condiciones de laboratorio ($26,1 \pm 0,33^\circ\text{C}$, 71% HR), permitieron registrar un tiempo de desarrollo de larva a pupa de $65,35 \pm 1,42$ días y de pupa a adulto de $15,14 \pm 0,33$ días, para un total de $80,14 \pm 1,36$ días (Caicedo *et al.*, 2010).

Síntomas

Este insecto es uno de más perjudiciales en el cultivo del aguacate. La larva ocasiona pudrición de la pulpa y destruye parcial o totalmente la semilla, ocasionando la caída del fruto. Algunas veces la semilla se encuentra convertida en aserrín (Garbanzo, 2011).

El principal daño del adulto es la perforación del fruto para ovipositar (**Figuras 3a y 3b**). La forma de la perforación en la epidermis es oval con un diámetro promedio de $4,4 \pm 0,8$ mm. El número de perforaciones por fruto varía dependiendo del nivel de infestación, encontrándose entre una a cinco por fruto (Caicedo *et al.*, 2010).

El fruto con síntomas de daño por *H. lauri*, se caracteriza por el orificio de apertura y presencia de excretas en forma de resina (**Figura 4a**). Las larvas antes de barrenar la semilla, pasan por la pulpa del fruto, produciendo un líquido blanquecino que escurre por los orificios de entrada, el cual se cristaliza, formando una costra de color blanco (**Figuras 4a y 4b**) (Carabalí, 2011).

Condiciones favorables

Este insecto-plaga ataca principalmente frutos pequeños de 3-4 cm de diámetro (ICA, 2012).



Figura 3. Perforaciones de *H. lauri* en aguacate Lorena.

a. Daño externo.

b. Daño interno.

Fotos: A. Carabalí



Figura 4. a y b: Daño causado por el perforador grande del fruto *H. lauri*, en aguacate cv. Hass.

Fotos: A. Carabalí



Manejo

La principal recomendación de manejo, consiste en utilizar material de siembra proveniente de viveros registrados ante el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), que cumplan con los parámetros de calidad agronómica, genética y fitosanitaria exigidos por esa institución. Además, es necesario implementar un plan de Manejo Integrado de Plagas (MIP), bajo la supervisión de un Ingeniero Agrónomo (ICA, 2012).

La vigilancia periódica de frutos de aguacate, es recomendable para detectar los niveles de infestación. Se debe recorrer el lote en forma de zigzag o en W. Evaluar el 10% del número total de árboles por hectárea, con una unidad de muestreo de 10 frutos/árbol adheridos al árbol o caídos al suelo. Si los frutos están adheridos al árbol, se seleccionan aquellos que tengan un diámetro de 3 a 5 centímetros. De igual manera, es necesario revisar frutos de mayor desarrollo que presenten síntomas de daño.

Los frutos colectados, se deben partir para confirmar la presencia de estados inmaduros de *H. lauri*. La detección de adultos, se realiza seleccionando una rama expuesta al sol, se coloca un plástico de color blanco de 2 x 2 m debajo de la misma, se agita vigorosamente la rama y se cuenta el número de adultos que caen (Senasica, 2012).

Con los datos obtenidos, se calcula el porcentaje de infestación, utilizando la fórmula (Adaptado de Senasica, 2012):

$$\% \text{ Infestación} = \frac{\text{No. árboles infestados}}{\text{No. total árboles muestreados}} \times 100$$



Un ejemplo de este cálculo sería: si se tiene una finca con distancia de siembra 7 x 7 m, sembrada en triángulo (tres bolillo), se tendrán entonces 235 árboles/ha. El muestreo deberá hacerse en 24 árboles. Se deben recoger 240 frutos para la muestra. Cuando se encuentren 5 frutos con daño de *H. lauri*, la infestación será de $5/240 \times 100 = 2\%$.

En caso de encontrar el insecto o síntomas asociados a la presencia del mismo, se debe reportar en la oficina del ICA más cercana (ICA, 2012). El establecimiento de un programa de manejo de *H. lauri* se basa en la estrategia de manejo de focos de infestación; para lo cual, se deben marcar los árboles y delimitar el área para la aplicación de las medidas de manejo (Carabalí, 2011; Senasica, 2012).

El manejo cultural es el primer paso a seguir y el más importante de todos. Se requiere la recolección de frutos infestados (**Figura 5a**) y la elaboración de una fosa de un metro de profundidad, donde se depositan y se entierran (**Figura 5b**) y se cubren con una capa de suelo de 25 a 30 cm, bien compactada (Carabalí, 2011).



Figura 5. a. Recolección
b. Entierro de frutos infestados.

Fotos: A. Carabalí

Evaluaciones sistemáticas realizadas por Orjuela (2011) sobre la implementación del entierro de frutos durante 12 meses, permitieron cuantificar los frutos infestados a través del tiempo. Los resultados revelaron que la infestación inicial del 10% por insectos perforadores, se redujo al 0% después de la sexta semana de recolección y entierro de frutos afectados; mientras que en la parcela sin este tratamiento, el porcentaje de infestación aumentó del 20% al 38%. Se corrobora la importancia de la práctica y su utilidad en condiciones del trópico colombiano, para disminuir la población de *H. lauri* y el número de frutos infestados en el tiempo (Carabalí, 2011).

Investigaciones conducidas por Corpoica y la Universidad de Nariño permitieron concluir que la práctica cultural del plateo, también disminuye la población de perforadores del fruto (Caicedo *et al.*, 2010). El productor de aguacate debe enfocar más su atención a la práctica cultural de plateo a los 3,5 meses después del amarre del fruto, para propiciar condiciones desfavorables para la plaga y reducir los niveles de infestación (Martínez, 1994).

Es importante destacar que el manejo con insecticidas no es viable una vez el fruto está perforado. Sólo se recomienda control químico en las primeras etapas de formación del fruto, cuando se tienen registros de infestación de cosechas anteriores (ICA, 2012). La disponibilidad de productos químicos de bajo impacto ambiental para el control de *H. lauri* es escasa. Evaluaciones de insecticidas de nueva generación, realizadas por Orjuela (2011) y Carabalí (2011), mostraron que las aplicaciones de Tiametoxan (10 g/20 L), fueron las más eficientes, con una reducción del 25% de frutos afectados después de 20 días de aplicación, mientras que aplicaciones con Buprofezin y Lunefuron (1 cc/L), no mostraron ningún efecto significativo sobre la reducción de los frutos afectados. Es necesario utilizar productos químicos con registro ICA, conocer el cumplimiento de los períodos de carencia y mantener la supervisión de un ingeniero agrónomo, cuando se hace un manejo con insecticidas.

Para el control biológico se recomienda aplicar los hongos *B. bassiana* y *M. anisopliae*, con actividad biocida demostrada sobre *H. lauri*, en mezcla con un



coadyuvante (aceite agrícola), dirigidos al suelo y al follaje. Esta medida de manejo se usa de manera preventiva y curativa, en combinación con el control cultural y químico. Para una mayor efectividad, la aplicación de hongos entomopatógenos debe hacerse con condiciones de humedad del 70-80% y 25-28°C de temperatura (Senasica, 2012).

La presencia en campo de parasitoides o depredadores de larvas y adultos del barrenador grande de la semilla, es poco conocida; sin embargo, durante muestreos realizados en la zona cafetera durante el segundo semestre de 2011 por la Dirección Técnica de Epidemiología del ICA, se encontró un parasitoide de larvas del género *Cremastes* sp. (Hymenoptera: Ichneumonidae) (Figuras 6a y 6b) (Comentario personal Ana Milena Caicedo; Senasica, 2012).



Figura 6. a. Adulto y b. Cócón de *Cremastes* sp., parasitoide de larvas de *H. lauri*.
Fotos: A.M. Caicedo

Polilla de la semilla de aguacate

Stenoma catenifer Walsingham
(Lepidoptera: Elachistidae)

Descripción e Importancia

La polilla de la semilla de aguacate, *Stenoma catenifer* (Figura 7), originaria de la región neotropical, tiene como únicos hospederos conocidos especies de la familia Lauraceae, siendo la principal *Persea americana*, sobre la cual ocasiona daños de importancia económica. Otros hospederos, incluyen a *P. schiedeana* y a otras plantas silvestres del género *Persea*, *Beilschmiedia* spp. y *Chlorocardium rodei* (Ebeling, 1959; Cervantes et al., 1999; CABI, 2005).



Figura 7. Adulto de *S. catenifer*.
Foto: A. Carabali

S. catenifer se encuentra en México, Guatemala, Costa Rica, Panamá, Bolivia, Colombia, Perú, Ecuador, Venezuela y Brasil (Ebeling, 1959; CABI, 2005). En Colombia se tienen registros en el Valle del Cauca, entre los 900 msnm, en los municipios de Palmira y Candelaria, hasta los 1.920 msnm en El Cerrito, sobre la variedad Trapp y Hass, respectivamente. En Caldas se encontró en los municipios de Anserma y Villamaría, entre los 1.580 y 2.069 msnm. En Risaralda hasta los 1.690 msnm, en el municipio de Pereira y

Santa Rosa de Cabal y en Quindío, en los municipios de Filandia y Salento, entre 1.527 y 1.979 msnm, respectivamente. La presencia de la polilla *S. catenifer* en diferentes localidades de las principales zonas productoras del país, sugieren que la altura sobre el nivel del mar no es un factor determinante en la infestación de frutos de aguacate (Carabalí, 2011).

El adulto es una polilla de hábitos nocturnos, con un rango de extensión alar entre 25 y 28 mm. La cabeza está provista de un penacho con abundantes escamas erizadas de color café rojizo. Las antenas son filiformes de color amarillo o gris claro, con 54 segmentos en los machos y 52 en las hembras. Palpo labial largo y extendido hacia arriba, constituido por tres segmentos cubiertos con escamas de color claro. El tórax presenta escamas de color café pajizo, las cuales son más claras en la parte ventral (Senasa, 2006).

Al momento de la emergencia, la polilla presenta una coloración amarilla, la cual



Figura 8. Características de las alas de *S. catenifer*.
Fotos: A. Carabalí

se va tornando grisácea y en las alas anteriores se aprecian 25 puntos de color negro formando una "S" invertida (**Figura 8**).

En el estado adulto se observa dimorfismo sexual, el frénulum (un filamento que, procedente del ala anterior, interactúa con las barbas de la posterior) consta de tres espinas largas y esclerotizadas en la hembra y de una sola espina en el macho, el cual, también posee cilios abundantes en las antenas comparado con las hembras (que no los poseen). El rango de longe-vidad es de 3 a 6 días y una relación de hembras de 1,21. La hembra tiene una fecundidad promedio de 240 huevos, llegando a afectar entre 8 y 12 frutos (Manrique *et al.*, 2010; Carabalí 2011).

Los huevos son ovalados, con superficie rugosa y estrías longitudinales. Son de tamaño pequeño con 0,4 mm de diámetro y 0,6 mm de largo en promedio. Recién ovipositados son de color verde claro; en el proceso de maduración se tornan blanco cremoso y antes de la eclosión una porción de éste, adquiere una coloración café (**Figura 9**) (Senasica, 2012).



Figura 9. Huevos de *S. catenifer*.
Foto: A. Carabalí

La hembra coloca los huevos de manera individual o gregaria, sobre grietas, hendiduras o puntos necróticos del tallo (**Figura 10**), en la epidermis del fruto o el pedúnculo, en la inserción de éste último con el fruto y con una marcada preferencia



Figura 10. Sitios de oviposición de *S. catenifer* en aguacate.

Fotos: A. Carabalí

en las fisuras de las ramas. La presencia de huevos se observa a los 2,5 días después de la emergencia de adultos (Manrique *et al.*, 2010; Carabalí, 2011).

Las larvas pasan por cinco estadios, el primero de color crema pálido a nivel dorsal y de color violeta claro a nivel ventral; a medida que se desarrolla el segundo, tercer y cuarto estadio, la tonalidad violeta se torna de mayor intensidad. En el quinto estadio las larvas adquieren una coloración violeta en la parte dorsal y azul turquesa en la parte ventral (**Figuras 11a y 11b**) (Manrique *et al.*, 2010; Carabalí, 2011).

Las larvas alcanzan una longitud promedio de 22 mm, son casi inmóviles y generalmente abandonan el fruto y se entierran en el suelo, a una profundidad de 0,5 a 2 cm, donde tejen un capullo frágil para empupar; otras lo hacen dentro de la semilla.



Figura 11. Larvas de quinto instar de *S. catenifer*:

a. Vista dorsal.

b. Ventral.

Fotos: A. Carabalí

El tiempo promedio de duración del estadio larval es de 19 a 21 días (Senasica, 2012). El tiempo de desarrollo de larva de quinto instar a prepupa es de $1,25 \pm 0,04$ días. La prepupa se caracteriza en las primeras etapas por presentar una coloración azul turquesa, llamativa, tornándose más oscura al final de su desarrollo (**Figura 12**). Esta etapa transcurre en un corto periodo de tiempo, registrándose bajo condiciones de laboratorio un rango de duración entre 2,3 y 5,04 horas (Manrique *et al.*, 2010; Carabalí, 2011).

La pupa es de color café, con unas hebras de seda ligeras y débiles; es de tipo obtecta (pupa o crisálida que poseen los lepidópteros en la cual las alas y los apéndices están comprimidos sobre el cuerpo y casi la mayoría de los segmentos abdominales son inmóviles); presenta dimorfismo sexual, caracterizado por la presencia en los machos de un esclerito (placa endurecida de cutícula, formada por quitina y proteínas, que forma parte del exoesqueleto y se encuentra delimitada por suturas, surcos o articulaciones) en el último segmento abdominal (**Figuras 13a y 13b**). El desarrollo de la pupa se cumple en un tiempo promedio de $10,6 \pm 0,24$ días (Manrique *et al.*, 2010; Carabalí, 2011).



Figura 12. Características del desarrollo de la prepupa de *S. catenifer*.
Fotos: A. Carabali



Figura 13. Dimorfismo de pupa de *S. catenifer*.
a. Macho. b. Hembra.
Fotos: A. Carabali

Síntomas

La presencia de *S. catenifer* es detectada por los desechos alimenticios expulsados por el orificio de penetración que permanecen adheridos a la epidermis del fruto. Además de infestar frutos en todos los estados de desarrollo, también afecta ramas laterales en periodos vegetativos y de floración, donde construye túneles longitudinales que pueden ocasionar la muerte de la rama. En ocasiones se pueden ver larvas de primer estadio sobre el fruto, antes de iniciar la perforación de la epidermis; un síntoma evidente es la cicatriz que deja la larva después de realizar el orificio de entrada con sus mandíbulas (**Figura 14a**). En el interior del fruto, se aprecian las galerías que hace la larva en su recorrido hasta alcanzar la semilla. En la semilla es donde las larvas de cuarto y quinto instar (**Figura 14b**), desarrollan su principal actividad, alimentándose de los cotiledones.

El daño en ramas se caracteriza por los desechos alimenticios expulsados hacia el exterior (**Figura 14c**) (Manrique *et al.*, 2010).



Figura 14. Daño de *S. catenifer*:
a. Fruto.
b. Orificio de salida y larva de quinto instar.
c. Daño en rama.

Fotos: A. Carabali



Las pérdidas atribuidas a los perforadores de frutos de aguacate en algunas zonas de los departamentos del Eje Cafetero, están entre el 10 y 40% de la producción. En el Valle del Cauca, las pérdidas causadas por *S. catenifer* pueden alcanzar hasta el 50% en producción (Carabalí, 2011).

Condiciones favorables

Se estima que los ataques se presentan más frecuentemente en árboles cercanos a bordes boscosos o en lotes donde la sombra y condiciones sombrías son frecuentes (observaciones personales de asistentes técnicos y administradores de fincas).

Manejo

El manejo de *S. catenifer* en huertos de aguacate se debe iniciar desde el establecimiento del cultivo, con plantas provenientes de viveros certificados, donde se realice control de calidad a la semilla utilizada en la producción y se sigan las normas y los procedimientos establecidos por el ICA (ICA, 2010). Además, se debe implementar un plan de Manejo Integrado de Plagas con la supervisión de un ingeniero agrónomo (ICA, 2012).

Es recomendable implementar un programa de monitoreo y vigilancia fitosanitaria, a través de muestreo de frutos, ramas o con la presencia de adultos en el 10% de los árboles plantados/ha. Una vez identificada la ocurrencia del insecto, se deben marcar los árboles infestados, determinar si el daño es focalizado o si se encuentra distribuido en toda la plantación. Con los datos obtenidos, se calcula el porcentaje de infestación, utilizando la fórmula (Adaptado de Senasica, 2012):

$$\% \text{ Infestación} = \frac{\text{No. árboles infestados}}{\text{No. total árboles muestreados}} \times 100$$

En caso de encontrar el insecto o síntomas asociados, se debe reportar ante la oficina del ICA más cercana (ICA, 2012).

Se considera que el manejo cultural mediante la recolección de frutos infestados, tanto de la copa del árbol como del suelo y su disposición en un hueco de un metro de profundidad, cubiertos con una capa de suelo de 25 a 30 cm, bien compactada, como se ilustró para *H. lauri*, es la estrategia de manejo más efectiva (Carabalí, 2011). Cuanto más tiempo permanezcan los frutos en la planta o en el suelo, mayor será el riesgo de incrementar su incidencia. De igual manera, si el daño es en ramas, se deben podar y enterrar para interrumpir el desarrollo del insecto y la emergencia de las siguientes generaciones (Orjuela, 2011; Carabalí, 2011).

Las trampas de luz negra son útiles para el monitoreo de la población de este insecto de hábito nocturno, así como el uso de feromonas (Hoddle *et al.*, 2011; Carabalí, 2011). En capturas realizadas con trampas en huertos de aguacate Hass, se reportó la presencia de *S. catenifer*, en los departamentos de Caldas, Quindío, Risaralda, Tolima y Valle del Cauca, en regiones ubicadas a diferentes alturas sobre el nivel del mar, donde se confirmó el impacto económico de este insecto en el cultivo de aguacate (Carabalí, 2011).

En experimentos tendientes a la búsqueda de enemigos naturales, se implementó la metodología de los "huevos centinelas" de *Sitotroga cerealella* (Lepidoptera: Gelechiidae), logrando la detección de *Trichogramma* sp., en huertos de aguacate de los departamentos de Tolima y Valle del Cauca. La especie fue identificada como *Trichogramma pusillum* Querino y Zucchi, predominante en Brasil y considerada como nuevo registro para Colombia. Adicionalmente, se realizaron evaluaciones de parasitismo

en laboratorio con la especie *T. pretiosum* lográndose sólo un 36% de eficiencia (Carabalí, 2011).

Otros enemigos naturales encontrados en Colombia corresponden a *Apanteles* sp. (Hymenoptera: Braconidae), parasitoide de larvas de cuarto y quinto instar de *S. catenifer* (Puentes y Moreno, 1992). Búsquedas recientes confirmaron su presencia en los departamentos del Valle del Cauca y Caldas, sobre larvas de *S. catenifer* en ramas laterales de aguacate (Carabalí, 2011). Estos hallazgos permiten considerar los enemigos naturales como estrategia promisoría para su implementación en cultivos comerciales (Carabalí, 2011). Cabe destacar los reportes de otros enemigos naturales de *S. catenifer* en el mundo, como los presentados por Hoddle (2011), quien encontró *Cotesia* (*Apanteles*) spp., *Dolichogenidea* sp., *Hypomicrogaster* sp., *Chelonus* sp., *Hymenochaonia* sp. *Trichogramma* sp. y *Macrocentrus* sp.

El manejo de *S. catenifer* con insecticidas es recomendable sólo si se observa una población alta. Las aplicaciones se realizan en el siguiente ciclo de producción, al inicio de la formación de frutos, dirigido a los adultos. Se enfatiza que una vez el fruto esté perforado, el manejo de larvas con químicos, no es recomendable, porque no es eficiente (ICA, 2012).

El insecticida Carbaryl (Sevin) en dosis 1,5 a 3 g/L es recomendado para el manejo de *S. catenifer*, con una frecuencia de aplicación de 15 días durante dos meses (Saldarriaga et al., 1981). Se enfatiza el uso de productos químicos con registro ICA, el cumplimiento de los periodos de carencia y la supervisión de un ingeniero agrónomo. Además, se debe tener presente, que el abuso en la utilización de insecticidas tiene efectos adversos en el medio ambiente, especialmente sobre la mortalidad de insectos polinizadores (Castañeda-Vildózola et al., 1999; Pérez-Balam et al., 2012).

Monalunion, Chinche del aguacate, Coclillo o Chupanga

Monalunion velezangeli Carvalho y Costa (Hemiptera: Miridae)

Martha E. Londoño Zuluaga

Descripción e Importancia

Monalunion velezangeli es un insecto dañino en aguacate. Se le conoce con los nombres comunes de chinche del aguacate, *Monalunion* o coclillo. Se han encontrado alrededor de 16 plantas hospederas de *M. velezangeli*. Franco y Giraldo (1999) reportan este insecto en la mora de castilla, *Rubus glaucus* Benth. (Rosaceae). Investigaciones realizadas por Cenicafé reportan como hospederos café (*Coffea arabica* L.), mango (*Mangifera indica* L.), cope (*Clusia* sp. Jacq.), hojiano (*Ladenbergia magnifolia* Klotzsch), guayaba (*Psidium guajava* L.), sietecueros (*Tibouchina lepidota* Baill.) y siempreviva (*Tripogandra cumanensis* Kunth.) (Ramírez-Cortez et al., 2008). Corpoica reporta como hospederos adicionales guayaba limón (*Psidium littorale* Sabine), guayaba fresa (*Psidium littorale* cv. *Cattleianum*), guayaba feijoa (*Acca sellowiana*), laurel de cocina (*Laurus nobilis*), arrayán de Manizales o "Eugenia" (*Syzygium oleosum*), guayacán de Manizales (*Lafoensia acuminata* L.) y camelia (*Camellia* sp.). *M. velezangeli* se encuentra reportado en cultivos de aguacate de los departamentos de Antioquia, Caldas, Risaralda y Quindío. Deteriora entre el 50 y 100% de los frutos y sus pérdidas económicas se estiman entre \$1.500 y \$9.300 millones de pesos (Arango y Arroyave, 1991; Londoño, 2012).

M. velezangeli es un insecto alargado, de aproximadamente 1,5 cm de longitud, de color oscuro, con la mitad de las alas



Figura 15. Características morfológicas del adulto de *M. velezangeli*.
a. Alas.
b. Cabeza y pico.
Fotos: J. Montilla

coriáceas y la otra mitad membranosas (**Figura 15a**). Posee un pico alargado, el cual utiliza para perforar el fruto y succionar la savia (**Figura 15b**). Se caracteriza por tener manchas situadas dentro y fuera de la areola de las alas anteriores y por presentar una franja de color blanco en el fémur posterior (**Figura 16**). Tiene metamorfosis incompleta, que consta de huevo y cinco estadios ninfales, los cuales se diferencian por el tamaño y la presencia de primordios alares. Las ninfas son de color naranja claro, con algunos segmentos de la cabeza, abdomen, patas y antenas, de color rojo. Se presenta dimorfismo sexual; las hembras miden de 10 a 12 mm, con cabeza negra brillante, rostrum (parte de la boca modificada, especialmente las de los insectos chupadores de plantas) amarillo claro, antenas largas y negras y hemiélitros amarillo anaranjados; los machos miden de 9 a 10 mm, de coloración generalmente negra a castaño oscuro, cabeza, antena, pronoto, escutelo y cuneus negro, hemiélitros con área sub basal



Figura 16. Características morfológicas en el ala y en el fémur posterior de *M. velezangeli*.
Foto: J. Montilla



Figura 17. Estados de desarrollo de *M. velezangeli*.
a. Huevo.
b. Ninfa.
c. Adulto.

Foto: J. Bernal - H. Vargas

parda, rostrum amarillo anaranjado y abdomen rojo (Carvalho y Costa, 1988).

El ciclo de vida de *M. velezangeli* dura 63 días, tomando 51 días de huevo a adulto. Este insecto presenta tres estados de desarrollo: huevo, ninfa y adulto (**Figura 17**).

Los huevos son puestos de forma individual o en pequeños grupos de dos a tres, inmersos en el tejido vegetal; son visibles por la presencia de dos proyecciones filamentosas de color blanco, que corresponden a conductos respiratorios, los cuales quedan por encima del tejido vegetal (**Figura 18**).

Los sitios preferidos para la oviposición son los tallos de ramas jóvenes (Londoño y Vargas, 2010).

Las duraciones parciales de cada estado de desarrollo son: huevos 23,2 días; ninfas (cinco estadios), $27,6 \pm 3,2$ días; adultos $9,6 \pm 4,3$ días. Estos datos corresponden a promedios de duración en observaciones realizadas en el Centro de Investigación La Selva de Corpoica, ubicado en Rionegro, Antioquia a $18 \pm 2^\circ\text{C}$ (Londoño y Vargas, 2010).

Síntomas

El daño de *M. velezangeli* se concentra en las estructuras reproductivas, es decir, inflorescencias y frutos (Torres *et al.*, 2012); se distingue por la presencia de manchas de color café, como “viruelas” (**Figura 19a**). Cuando el daño es reciente, se evidencian exudados de color rojo (**Figura 19b**).



Figura 18. Proyecciones filamentosas de los huevos de *M. velezangeli*.
a. Huevo.
b. Ninfa.

Foto: H. Vargas - J. Bernal

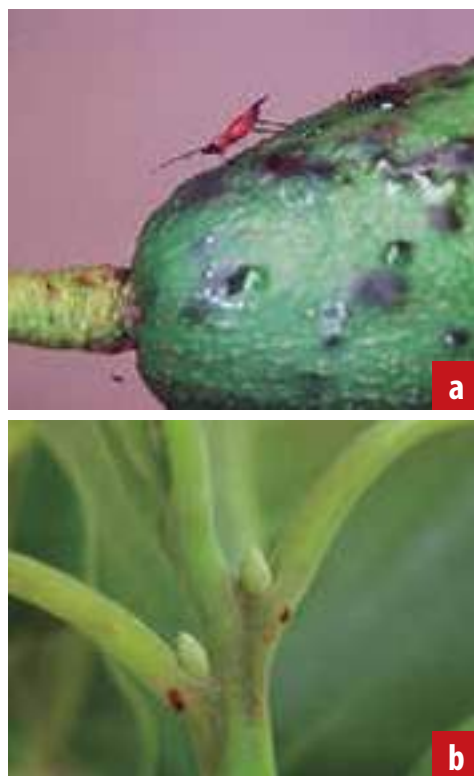


Figura 19. Daños de *Monalonia*.
a. Daño antiguo en forma de “viruelas” b. Daño reciente

Foto: H. Vargas - J. Bernal



Cuando el daño no es reciente, esta secreción se presenta como un polvillo blanco, el cual es frecuentemente confundido con presencia de hongos, siendo en realidad, exudados de la planta, producto de la herida causada (**Figura 20a**) (Londoño y Vargas, 2010). El insecto ataca frutos pequeños y frutos grandes a punto de cosecha (**Figura 20a**). Cuando los frutos son pequeños, la punción hace que detengan su crecimiento y se sequen (**Figura 20b**). Cuando los frutos dañados son grandes, se deteriora la calidad de los mismos.



Figura 20. Daños de *Monalonia*.

a. En frutos grandes.

b. En frutos pequeños.

Foto: M. Londoño; D. Monsalve

Ataca inflorescencias y causa pérdida de flores (**Figura 21a**). Este insecto daña brotes, los cuales se rajan y marchitan (**Figura 21b**). Puede llegar a secar ramas, las cuales se quiebran y cuelgan del árbol (**Figura 21c**) (Vargas y Londoño, 2009).



Figura 21. Daños de *Monalonia*.

a. En inflorescencias b. En brotes c. En ramas jóvenes.

Foto: J. Bernal; H. Vargas; M. Londoño

Condiciones favorables

El insecto es más frecuente entre los meses de enero a marzo y junio, que coinciden con la época de floración en el Oriente antioqueño y noviembre a enero, en el Eje Cafetero. Los árboles demasiado frondosos, con el centro oscuro a causa del entrecruzamiento de ramas, son más frecuentados por este insecto, debido a las condiciones umbrías al interior de los mismos (Londoño, 2012). La fenología heterogénea del aguacate favorece la presencia del insecto en cualquier época del año. Es de anotar que los árboles de porte alto tienen el riesgo de albergar la plaga en los lugares más distantes (Torres *et al.*, 2012).

Manejo

Dada la importancia de esta plaga, deben hacerse evaluaciones de incidencia desde el inicio de la floración. Se recomienda hacer estas evaluaciones conjuntamente con la de pasadores del fruto para hacer eficiente el monitoreo. Se debe buscar tanto el daño fresco, como el insecto en los estratos medio y alto del árbol. Es recomendable mantener árboles de porte bajo mediante la realización de podas, para asegurar que la medida de manejo alcance los insectos (Torres *et al.*, 2012).

M. velezangeli es susceptible al ataque de enemigos naturales que consumen ninfas y adultos. Se han visto arañas, chinches reducidos y coccinélidos consumiendo adultos y ninfas (Figura 22) (Londoño, 2012).



Figura 22. Enemigos naturales de *M. velezangeli*.
Fotos: H. Vargas, M. Londoño y T. Kondo

También se han visto hongos entomopatógenos atacando ninfas y adultos de *M. velezangeli* en forma natural. Los hongos encontrados hasta el momento son *B. bassiana*, *Lecanicillium lilacini* y *Paecilomyces fumosoroseus* (Figura 23).



Figura 23. *M. velezangeli* atacado por hongos entomopatógenos.
Fotos: L. Villegas

El hongo *Beauveria bassiana* (1,5 k/ha), con especificidad sobre *Monalonia*, en mezcla con el aceite L'Ecomix (4 cc/L), permite bajar la población y el daño del insecto con beneficios ecológicos (Figura 24). Dicho hongo, es factible de preparar en una formulación que contenga cepas activas contra trips y pasadores del fruto y ramas, simultáneamente, para ser aprovechado en la misma aplicación, en la época en que el cultivo se hace susceptible a estos tres problemas entomológicos (Londoño, 2012).



Figura 24. *M. velezangeli* atacado por la mezcla de *B. bassiana* + *L'Ecomix*.

Foto: L. Villegas

Tiametoxam (Actara) en dosis de 50 g i.a./ha es una alternativa útil de manejo y de bajo costo. Imidacloprid en dosis de 157,5 g i.a./ha, vía fertirriego es una excelente herramienta para el manejo de *M. velezangeli*, con bajo impacto sobre la fauna benéfica. Con las propuestas de manejo generadas se consigue bajar la incidencia del insecto de 100%, a niveles entre 0 y 10% (Londoño, 2012).

En investigaciones conducidas por Corpoica se identificaron cinco insecticidas piretroides y neonicotinoides (deltametrina, λ -cihalotrina, thiametoxam, imidacloprid y la mezcla de thiametoxam+ λ -cihalotrina) que causan mortalidad a *M. velezangeli* entre 85 y 100%, 24 horas después de ser aplicados, llegando a mortalidades del 100%, tres días después de su aplicación. Estos insecticidas controlan el insecto en dosis muy bajas que oscilan entre 15 y 250 g i.a./ha, lo que equivale a cantidades entre 150 y 1.000 g o cc de producto comercial por hectárea (Montilla, 2012). Debe calibrarse el volumen promedio por árbol en cada finca y con cada aplicador. Esto indica que las aplicaciones de dichos insecticidas deben ajustarse y hacerse capacitación específica sobre la preparación de los mismos, para contribuir a su uso adecuado (boquillas de baja descarga, reguladores de presión,

cobertura sin gotear, entre otros). Los insecticidas piretroides y neonicotinoides mencionados, contribuyen a la construcción de programas de Manejo Integrado de Plagas del aguacate en Colombia, los cuales deben estar sustentados en decisiones de manejo con base en niveles de incidencia, estado fenológico del árbol y oportunidad, alternados con aplicaciones de productos biológicos y prácticas culturales, bajo la supervisión de un Ingeniero Agrónomo. Debe tenerse un estricto control del uso de productos químicos con registro ICA y el cumplimiento de los periodos de carencia (Londoño, 2012; ICA, 2012).

Cucarrones Marceños

Astaena aff pygidialis Moser

Phyllophaga obsoleta Blanchard

P. menetriesi (Blanchard)

Anomala undulata Melsheimer

A. cincta Say (Coleoptera: Melolonthidae)

Descripción e importancia

A estos escarabajos se les denomina comúnmente “marceños” o “cuaresmeros” debido a su frecuente aparición en el mes de marzo o durante el tiempo de cuaresma, el cual coincide con la llegada de las lluvias; este evento climático facilita la salida de los adultos del suelo. Los cucarrones “marceños” atraviesan por cuatro estados de desarrollo, huevo, larva, pupa y adulto; están presentes en varias regiones de Colombia y su diversidad e importancia varían de una región a otra. (Londoño *et al.*, 2002). *Astaena aff. pygidialis* Moser es la especie más común en el Oriente antioqueño. Aparece entre los meses de marzo y junio, con picos de vuelo en abril para los municipios de Santa Rosa de Osos y La Unión, mayo en San Vicente, Rionegro y El Carmen de Viboral y junio en el municipio de Entreríos, departamento de Antioquia

(Acevedo, 2005). El cuerpo de los machos es de color café, la cabeza es de un color café más oscuro, de apariencia brillante, mientras el resto del cuerpo es opaco. Los élitros frente a la luz dan visos de colores, disimulando las punteaduras que tienen en el tórax y los élitros. Las hembras muestran un patrón de coloración diferente, tornándose de color café más intenso, de apariencia brillante y ligeramente más grandes que los machos (Palacio, 2010) (Figura 25); su biología aun no ha sido estudiada.



Figura 25. Adultos del cucarrón marceños *Astaena aff pygidialis*. a. Vista lateral. b. Vista dorsal.
Fotos: M.M. Palacio

Phyllophaga obsoleta Blanchard (Figura 26a), ha tenido relevancia en el Oriente antioqueño por sus alta prevalencia y daño en varios cultivos. Su ciclo de vida presenta las siguientes duraciones: adulto, 30 días; huevos, 6 días; larvas (3 estadios): 210 días y pupa: 45 días; con la posibilidad de una nueva generación cada 291 días, dependiendo de las lluvias, que marcan la salida de los adultos (Vallejo *et al.*, 2007). En ocasiones se presentan otras especies como *Anomala undulata* Melsheimer (Figura 26b) y *A. cincta* Say (Figura 26c). *Phyllophaga menetriesi* (Blanchard) (Figura 26d) es abundante en los climas medios de Colombia; se le ha detectado en la zona cafetera central y en el departamento del Cauca (Londoño, 2008). Los escarabajos que hacen daño



Figura 26. Adultos de cucarrones marceños. a. *Phyllophaga obsoleta* b. *Anomala undulata*. c. *A. cincta* d. *P. menetriesi*.
Fotos: M. Londoño

en aguacate son de hábitos crepusculares y nocturnos, por lo cual su presencia es poco visible. Los daños los hacen principalmente los adultos durante las épocas de fructificación.

Estos insectos-plaga se consideran de importancia económica porque deterioran la calidad de muchos frutos y sus larvas pueden hacer daño al consumir raíces. Los productores de aguacate del Oriente antioqueño consideran que pierden el 30% de la fruta por daño de “marceños”. Hasta el momento no se han registrado daños confirmados de las larvas de escarabajos en cultivos de aguacate en Colombia (Vásquez *et al.*, 2011; Palacio, 2010; Vallejo *et al.*, 2007).

Síntomas

Los adultos atacan severamente la corteza de los frutos, en los cuales hacen un raspado durante los primeros estados de desarrollo (frutos de 2 a 4 cm de diámetro) (Figura 27a). Este daño deja una cicatriz de color café que recorre parte del contorno del fruto. Aunque este daño no afecta la pulpa, si demerita la fruta para la comercialización (Figura 27b).



Figura 27. a. Daño del marceño en frutos pequeños.
b. Daño del marceño afectando la calidad del fruto.

Fotos: J. Bernal

Los marceños pueden dañar entre 40 y 60% de la fruta formada. Atacan hojas y flores jóvenes, dejándolas rasgadas o esqueletizadas; en ataques severos dañan los meristemos apicales, atrofiando el punto de crecimiento (**Figura 28**). Durante el día los adultos de escarabajos buscan el suelo donde permanecen escondidos hasta que llegue la noche (Londoño *et al.*, 2002).



Figura 28. Daño de marceño en brotes vegetativos en aguacate.

Fotos: J. Bernal

Condiciones favorables

Las especies *A. pygidialis*, *P. obsoleta* y *A. undulata* predominan entre los 2.100 y 2.500 msnm (Ruiz y Pumalpa, 1987; Yepes, 1994; Lucero *et al.*, 2006) y *P. menetriesi* entre los 1.400 y 1.800 msnm

(Bran, 2005; Londoño *et al.*, 2002; Palacio, 2010; Villegas *et al.*, 2008; Yepes, 2011). La emergencia de los adultos está asociada con la llegada de las lluvias durante los meses de marzo a junio en el Oriente antioqueño y septiembre a octubre en el Eje Cafetero, Cauca y Norte del Valle del Cauca; por lo tanto, en dichos meses se inicia la infestación (Acevedo, 2005). Se ha observado que la acumulación de materia orgánica de origen animal atrae a los adultos para la postura (Londoño *et al.*, 2002).

Manejo

El manejo del cucarrón marceño debe ser preventivo. Se recomienda utilizar la trampa de luz ultravioleta, BL_b (**Figura 29a**), donde se cuente con energía eléctrica ó la trampa de mechón con ACPM en su ausencia (**Figura 29b**) y promover campañas comunitarias para la captura de los escarabajos (Londoño *et al.*, 2002).



Figura 29. Trampas para la captura de marceños.
a. Trampa de luz BL_b. b: Trampa de ACPM.

Fotos: J. Bernal

Esta práctica elimina un gran número de insectos, de tal forma que las posturas disminuyen y por lo tanto su descendencia. Para ayudar al manejo de estos insectos, se recomienda la aplicación de la bacteria *Bacillus popilliae* Dutky al suelo, la cual causa una enfermedad mortal a las larvas, conocida con el nombre de “enfermedad lechosa” (Figura 30). Los insectos infectados que mueren, se estallan y liberan las esporas infectivas de la bacteria y potencian la colonización del suelo tratado (Londoño et al., 2001).



Figura 30. Larvas de chiza con síntomas de la enfermedad lechosa.
Fotos: M. Londoño

El hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* para *Astaena pygidialis* y *Metarhizium anisopliae* (Metchnikoff) para *P. obsoleta* son útiles en dosis de 1,5 kg i.a./ha, aplicados mitad al suelo y mitad al follaje; ambos atacan todos los estados de desarrollo del insecto y les causan la muerte (Figura 31). Otros enemigos naturales son los nemátodos y los parasitoides (Figura 32) (Londoño, 2005).



Figura 31. Adulto y chiza del marceño, atacados por el hongo *M. anisopliae*.
Fotos: M. Londoño

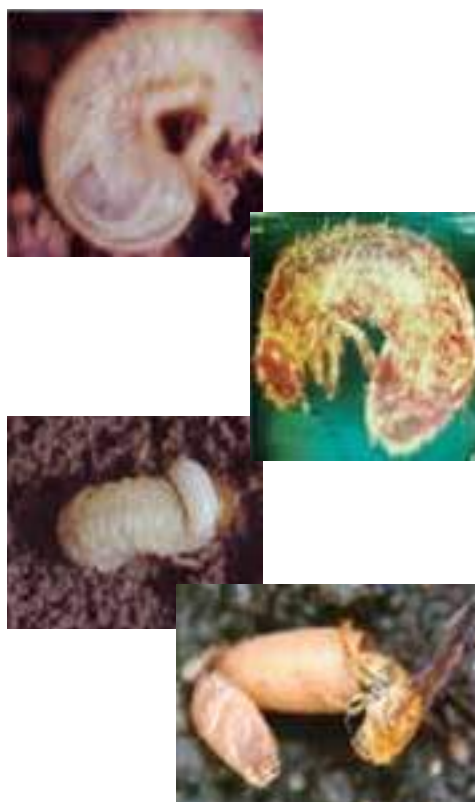


Figura 32. Nemátodos entomopatógenos y parasitoides que atacan larvas del marceño.
Fotos: M. Londoño

Mosca del Ovario del aguacate

Bruggmanniella perseae Gagné
(Diptera: Cecidomyiidae)

Martha E. Londoño Zuluaga

Descripción e Importancia

Bruggmanniella perseae ha sido reportada en Caldas y Antioquia. Es una mosca pequeña, de color amarillo con alas negras (Figura 33), la cual oviposita en el ovario de la flor. Coloca un solo huevo por flor. La larva recién emergida se alimenta del pedicelo del ovario e induce la deformación de los frutos pequeños (Vargas y Palacio, 2011).



Figura 33. Adulto de la mosca del ovario.
a. Sobre fruto en forma de pepino.
b. Hembra.

Foto: A.M. Caicedo

Esta mosca empupa dentro del fruto y se ubica hacia el extremo distal del fruto (**Figura 34a**); es de color amarillo intenso con los rudimentos alares y patas de color negro (**Figura 34b**). El adulto formado perfora un pequeño orificio en el extremo del fruto para salir (**Figura 34c**) (Observaciones M. Londoño, Corpoica).



Figura 34. Pupa de la mosca del ovario *B. perseae*.
a. Dentro del fruto.
b. Pupa en vista ventral donde se aprecian rudimentos alares y patas en formación.
c. Orificio de salida del adulto.

Fotos: M. Londoño

Síntomas

Alargamiento de frutos los cuales toman una forma similar a la de un pepino cohombro y caen al suelo cuando apenas tiene una longitud aproximada de un cm (**Figura 35a**). En su interior se observa una ampliación del espacio donde se aloja y desarrolla un hongo con estructuras de color blanquecino, que luego se torna oscuro (**Figura 35b**); aparentemente este hongo es simbiótico (Gagné *et al.*, 2004; ICA, 2012).



Figura 35. a. Fruto pequeño de aguacate alargado en forma de pepino por la acción de *B. perseae*.

b. Hongo asociado con *B. perseae* en fruto de aguacate.

Foto: M. Londoño

Condiciones Favorables

Se conoce que los Cecidomyiidae se asocian frecuentemente con flores de gramíneas, donde establecen su población.

Manejo

Realizar monitoreos frecuentes, buscando frutos con daño. Recolectar frutos afectados y enterrarlos fuera del lote. Reportar la presencia de posibles parasitoides en condiciones de campo para *B. Perseae*. Hacer manejo de malezas gramíneas, no dejándolas florecer (ICA, 2012).

Insectos del tallo y ramas

Perforador del tallo y ramas del aguacate

Copturomimus perseae Hustache
Coleoptera: Curculionidae

Ana Milena Caicedo Vallejo
Arturo Carabalí M.

Descripción e Importancia

Los perforadores de tallo y ramas en aguacate corresponden a dos géneros diferentes, uno el género *Copturomimus*, con la especie *C. perseae*, identificada como nueva especie para Colombia por el Dr. Hustache en el año de 1946 (Mariño, 1947) y el género *Copturus* sp. el cual es el género referenciado en México y Centroamérica, con las especie *C. aguacatae* Kissinger y *C. constrictus* Champion. En el año 2010, Muñiz y Ordoñez, renombran este género como *Macrocopturus*, subfamilia Conoderinae (Zygopinae).

C. perseae es un gorgojo pequeño de 3,7 a 4,2 mm de largo. La forma del cuerpo es sub-elíptico (Figura 36a). Los élitros están adornados con un dibujo variable ceniciento o teñido de amarillo, formando una mancha grande en la parte media posterior, romboide, cenicienta y dentro de ésta presentan dos manchas de color café ceniciento a veces negruzcas separadas por una sutura (Figura 36b). Adicionalmente, se presentan especímenes con una mancha diferente (Observación AM Caicedo, 2011). Los adultos presentan un rostrum o pico bien desarrollado y curvado hacia adentro y antenas geniculadas características de la familia Curculionidae (Figura 37).



Figura 36. Adulto del perforador del tallo y ramas del aguacate (*Copturomimus perseae*).

a. Vista lateral.

b. Vista dorsal con manchas típicas en los élitros.

Fotos: A.M. Caicedo



Figura 37. Rostrum o pico de *C. perseae*

Foto: A.M. Caicedo





El huevo es de forma ovalada; tamaño 0,6 x 0,4 mm, color blanco perlado, hialino y cremoso al momento de eclosionar. La hembra oviposita en las ranuras de la corteza, perfora con el pico e ingiere la corteza, para formar un hueco de forma ovalada, dejando un residuo. El hueco lo hace perpendicular a la pared de la ranura, lo que se facilita por la curvatura de la trompa. Una vez oviposita el huevo, lo recubre con una sustancia mucilaginosa y lo tapa con aserrín. El adulto se alimenta de tejidos vegetales ya sean vivos o también secos, dejando sobre las paredes de las ranuras una serie de orificios. El período de incubación está entre 8 y 11 días en promedio, a una temperatura de 35°C (Mariño, 1947).

Las larvas son de color blanco marfil, con cápsula cefálica y dorso del primer segmento torácico de color café. Presenta la cabeza retraída en el primer segmento torácico (Figura 38). Es de forma oval alargada, ápoda, con un tamaño que oscila entre 0,5 mm al nacer y 0,8 cm antes de empupar (Mariño, 1947).

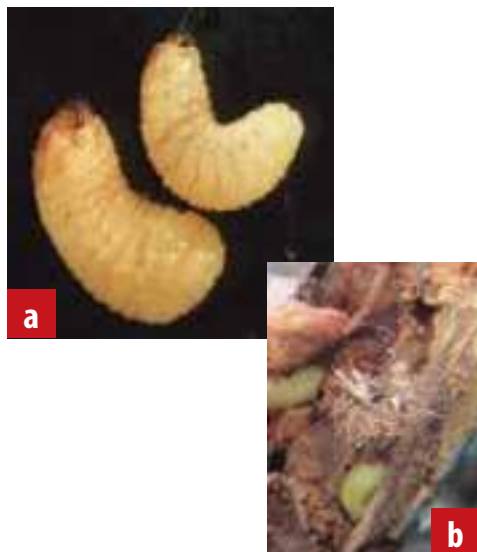


Figura 38. a. Larvas de perforadores de tallo.
b. Rama de aguacate afectada por el perforador.
Fotos: A.M. Caicedo

La pupa es de forma ovoide, reducida en la terminación abdominal. Con un tamaño de 0,6 a 0,7 cm (largo), por 0,30 a 0,35 cm (ancho). Son de color amarillo marfil, uniforme; con ojos café oscuro, en formación reciente (Figura 39a). Cuando avanza en desarrollo, el color marfil se oscurece en la parte superficial del cuerpo y rostrum. Los extremos de las patas son de color café; la terminación de las alas, que se extienden plegadas sobre la región abdominal, son negruzcas (Figura 39b) (Mariño, 1947).



Figura 39. Perforadores de tallo y rama de aguacate.
a. Pupa
b. Adulto.

Fotos: A.M. Caicedo

La larva barrena el tallo o las ramas maduras o tiernas de diferentes maneras; en ocasiones limita el ataque a la corteza, cuando es lo suficientemente gruesa o profundiza hasta llegar al cilindro central, cuando la rama es joven y delgada (Figuras 40a y 40b) (Saldarriaga, sf). Las galerías se cubren con los desechos de alimentación de la larva, los cuales tienen apariencia de aserrín.



Figura 40. Daño de larvas del barrenador.
a. Daño en el cilindro central *b.* Daño superficial.
Fotos: A.M. Caicedo

Síntomas

El daño se manifiesta por medio de pequeños puntos negros (**Figuras 41a y 41b**), cubiertos con una exudación blanquecina, que corresponde a savia cristalizada, lo cual poco a poco va tomando un color negruzco muy característico sobre la superficie de la corteza.



Figura 41. Signos de daño en tallos y ramas de aguacate causados por los perforadores.
a. Mancha y savia cristalizada en ramas jóvenes.
b. En ramas maduras.
Fotos: A.M. Caicedo

Un síntoma típico del ataque del insecto es la presencia de galerías superficiales o profundas, con larvas en su interior, con orificios de 3 a 4 mm de diámetro, redondeados, asemejando un tiro de munición y hechos por los adultos para su salida al completar su ciclo (**Figura 42**).

Posterior a este síntoma se presenta el secamiento de ramas y tallo (Mariño 1947; Saldarriaga, sf; ICA, 2012).



Figura 42. Orificio de salida de los adultos de los perforadores de tallo.

Fotos: A.M. Caicedo



Las ramas de poco espesor se tornan quebradizas y se secan. Un árbol muy infestado, presenta ramas de la copa con un secamiento descendente; ramas terminales de la parte media, partidas por los lugares afectados y secas en los extremos.

El tallo principal puede ser atacado desde poca altura sobre el nivel del suelo (aproximadamente 20 cm), hasta la parte terminal y las ramas terciarias, cuaternarias y terminales, desde el lugar mismo del desprendimiento, hasta la terminación.

Las manchas se presentan de diferentes dimensiones y algunas veces en forma continua desde la base casi hasta el extremo de la rama. En ataques severos pueden causar la muerte del árbol. Las pérdidas estimadas en la producción a causa de la plaga están entre el 40% y el 85% (Mariño, 1947; Saldarriaga, ICA, 2012).

En plantas de vivero el ataque se observa en tres lugares diferentes, en la base del tallo (más frecuente) (**Figura 43a**), en la unión del injerto (**Figura 43b**) y en el tallo por encima del injerto (**Figura 43c**).



Figura 43. Daño ocasionado por perforadores en plantas de vivero.

a. En la base del tallo.

b. En la unión del injerto.

c. En la unión de dos ramas.

Fotos: A.M. Caicedo

Condiciones favorables

Los factores predisponentes para el ataque de la plaga no han sido descritos. Sin embargo, se ha podido observar que el adulto prefiere ovipositar tanto en las ramas más delgadas, especialmente en las partes terminales que están expuestas al sol, como en la base del tallo de árboles adultos (**Figura 44**) (Observaciones personales A. M. Caicedo).



Figura 44. Daño ocasionado por perforadores.
a. En la base del tallo.
b. En ramas.

Fotos: A.M. Caicedo

Manejo

Se deben realizar inspecciones semanales en plantas de vivero y en árboles de huertos comerciales, en cada una de las etapas de producción y desarrollo, con el propósito de establecer un diagnóstico del nivel de incidencia y daño. Para ello se recomienda el uso de trampas piramidales, las cuales se instalan cerca a las bolsas de vivero o junto al tallo principal, en árboles de campo (**Figura 45**) (Carabalí, 2011).

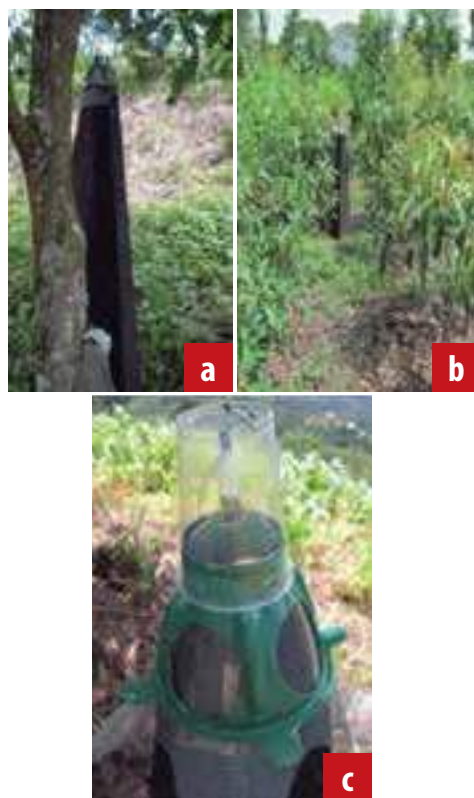


Figura 45. Manejo de perforadores de tallo y ramas en aguacate.

a. Trampa piramidal en lote comercial.

b. Trampa piramidal en huerto básico-vivero.

c. Dispositivo de captura con extracto de aguacate en trampa piramidal.

Fotos: A.M. Caicedo

También es útil instalar trampas pegajosas de color para monitoreo y manejo de adultos como se acostumbra en México (Téliz y Mora, 2007).

En caso de identificarse síntomas de daño por perforadores de tallos y ramas, se recomienda marcar la rama y/o tallo afectado y con la ayuda de una tijera desinfectada, cortar las ramas 40 cm por debajo de la última lesión. Las ramas podadas deben sacarse del lote y quemarse para interrumpir el ciclo de vida del insecto. Cuando el árbol es atacado severamente, debe erradicarse, destruyendo los residuos de la poda (**Figura 46**) (ICA, 2012).



Figura 47. Daños de *C. perseae*.
a. Identificación del daño y larvas. b. Corte de la corteza del tallo. c. Extracción de la larva.
Fotos: A.M. Caicedo

se debe iniciar desde el momento del trasplante, aplicando al tallo y al follaje. Además, se debe pintar el tallo con cal o vinilo de color para la detección de síntomas de manera oportuna (Carabalí, 2011).

El potencial de los nemátodos entomopatógenos para el control de larvas de *C. aguacatae* fue evaluado por Sánchez (2001) con la especie *Heterorhabditis* indica, en condiciones de laboratorio y campo, en el estado de Michoacán, México. Los resultados de laboratorio mostraron un 100% de mortalidad de larvas después de 44 horas de aplicados. Sin embargo, en campo la efectividad de los nemátodos se vio afectada por la

técnica de aplicación, lo cual sugiere un mayor desarrollo investigativo.

Pruebas experimentales en huertos comerciales y viveros de aguacate en el departamento del Valle del Cauca (Colombia), han permitido considerar el uso de los nemátodos entomopatógenos como estrategia para reducir la población de perforadores en estado larval. Se sugiere el uso de la combinación de especies de los géneros *Steinernema* y *Heterorhabditis* en el momento de la extracción de larvas de los tallos o ramas (cirugía), mediante el uso de jeringas alrededor del sitio donde se observa la sintomatología del daño y evaluar su efecto a los cinco días (Figura 48) (Carabalí, 2011).



Figura 48. Aplicación de nemátodos entomopatógenos en tallo.
a. Selección del sitio con daño. b. Aplicación de nemátodos entomopatógenos. c. Larva afectada con nemátodos después de tres días de inoculación.

Fotos: A.M. Caicedo



Grajos o Chinchas

Antiteuchus tripterus (F.)
Antiteuchus pallescens (Stal)
Antiteuchus piceus (Palisot de Beauvois)
 (Hemiptera: Pentatomidae)

Martha E. Londoño Zuluaga.

Descripción e Importancia

El adulto de *A. tripterus* (Figura 49) es de color marrón brillante, de forma ovalada, con manchas rojas sobre el tórax y base de las alas. Oviposita en cualquier parte del árbol. Los huevos son puestos en grupos de 18 a 30; el período de incubación es de 9 a 13 días. Las ninfas se localizan de preferencia en los pedúnculos y brotes tiernos y tienen una duración de 64 días en promedio. Los adultos son activos y rápidos; cuando se molestan, expelen un olor desagradable (Umaña y Carballo, 1995).



Figura 49. Grajo o chinche, *Antiteuchus tripterus* (F.).
 Foto: T. Kondo

Los adultos y ninfas de los chinchas, chupan savia en las partes tiernas de las ramas, en los retoños y en los pedúnculos de los frutos (Salas, 1984). Los adultos de *A. pallescens* son de color gris claro a casi negro. Ambos se encuentran en grupos. Con su aparato bucal picador chupador, producen daños en ramas y pedúnculos. La importancia económica de esta plaga está condicionada a la población que se desarrolle (Umaña y Carballo, 1995).

Síntomas

Los daños de los chinchas se distinguen por la presencia de pústulas y manchas negras, algunas verrugosas, sobre pedúnculos y frutos. Las ramas tiernas, fuertemente atacadas, pueden secarse. Los frutos pequeños detienen su desarrollo, quedando pasmados, se secan y caen (Umaña y Carballo, 1995).

Condiciones favorables

Se les encuentra en todas las épocas del año, pero más en los períodos de sequía (Umaña y Carballo, 1995).

Manejo

Estos insectos son regulados por parasitoides y depredadores. En caso de presentarse presión de la plaga, se recomienda hacer poda sanitaria, retirando las estructuras afectadas y enterrándolas fuera del lote. En aguacate por lo regular no se requiere hacer aplicaciones de insecticidas químicos dirigidas a este insecto. En casos excepcionales en los que se aumente su población, debe consultarse con un Ingeniero Agrónomo que oriente el manejo de la plaga.



Insectos y ácaros del follaje

Trips, Bichos Candela

Frankliniella gardeniae Moulton

Heliethrips haemorrhoidalis (Bouché)

Selenothrips rubrocinctus (Giard)

Frankliniella occidentalis (Pergante)

(Thysanoptera: Thripidae)

Edgar Herney Varón Devia

Descripción e Importancia

Los trips (Thysanoptera) son considerados plagas importantes en aguacate y causan daños en hojas, flores y frutos. Para América, Hoddle *et al.*, (2002) reportaron para aguacate 26 especies de los géneros *Caliothrips*, *Frankliniella*, *Heliethrips*, *Leucothrips*, *Neohydatothrips*, *Pseudophilothrips*, *Scirtothrips* y *Selenothrips*. Las especies asociadas a daños reportadas a nivel mundial son: *Heliethrips haemorrhoidalis*, *Selenothrips rubrocinctus*, *Scirtothrips perseae*, *S. aceri*, *Frankliniella* spp. y *Liothrips perseae* (De Villiers y Van den Berg, 1987; Fisher, 1989; Mc Murtry *et al.*, 1991; Bender, 1998; Coria, 1993; Childers, 1997).

En Colombia se han reportado varias especies, entre ellas: *Frankliniella gardeniae* Moulton, *Heliethrips haemorrhoidalis* (Bouche), *Selenothrips rubrocinctus* (Girad), *Frankliniella occidentalis* (Pergante) y *Thrips palmi* Karny (Echeverry-Flórez y Loaiza, 1998; Vergara, 1999; Sánchez, 2000a).

Frankliniella gardeniae Moulton

Según Nakahara (1997), *F. gardeniae* está distribuido en Colombia, Costa Rica, México, Panamá y Trinidad. Esta especie fue descrita en México y es conocida como una de las especies más comunes de cuerpo amarillo que viven en flores (Mound y Marullo 1996). En investigaciones conducidas por Corpoica se encontraron cuatro géneros de trips en los muestreos que se hicieron en el Norte del Tolima y en el Valle del Cauca (Figura 50) (Barragán *et al.*, 2010).



Figura 50. Géneros de trips encontrados en Tolima y Valle del Cauca.
a. *Frankliniella* sp. b. *Thrips* sp. c. *Scirtothrips*.sp. d. *Aleurodothrips* sp.
Foto: E. Varón



El ICA, a través del experto Ever Ebratt, realizó la identificación a nivel de especie de individuos de trips colectados tanto en el Valle (Caicedonia) como en el Norte del Tolima (Fresno). Los resultados indicaron que la especie *Frankiniella gardeniae* es la predominante en las flores de aguacate, encontrándose en todos los sitios de muestreo, tanto en Fresno, como en Caicedonia. Se encontró en una proporción menor, las especies *Thrips palmi* y *Thrips* sp. (Barragán *et al.*, 2010).

Los trips son insectos pequeños, de un mm de longitud, delgados, con alas plumosas; no son buenos voladores, pero pueden ser llevados a grandes distancias por el viento. El ciclo biológico de algunos trips es de alrededor de 21 días, las hembras pueden ovipositar hasta 37 huevos. El daño consiste en un raspado del tejido vegetal, debido a la alimentación de la larva y el adulto; la hembra hace daño con el ovispitor al perforar varios puntos en el fruto antes de colocar los huevos. En este acto causa una herida que se torna amarillenta y que al combinarse varias heridas llegan a secar las hojas (González-Hernández *et al.*, 2000).

Los trips presentan reproducción sexuada o partenogénica (Sánchez, 2000a). La reproducción partenogénica generalmente es de tipo arrenotokia, es decir, producción de machos solamente. Pudiendose mayor la proporción de ninfas que en la reproducción sexual (Guarín, 2003). Los daños atribuidos a este insecto en Fresno ascendieron al 6,34% de los frutos durante el período de julio-diciembre de 2008 (Echeverri *et al.*, 2004).

Síntomas

Los trips lesionan hojas y frutos de aguacate como resultado de su alimentación en las capas de células de la epidermis, creando áreas pálidas o café; las lesiones originadas pueden ser puntos de entrada

de microorganismos patógenos. Los frutos se tornan de color café y de consistencia áspera, con agrietamientos que reducen su valor comercial (**Figura 51a**). En los frutos, estos insectos llegan a causar cicatrices o marcas, reduciendo su valor en el mercado. Pueden además producir malformaciones en la fruta al provocar alteraciones en la cáscara de frutos recién formados; dichas cicatrices son protuberancias alargadas que simulan venas (**Figuras 51b y 51c**). Los trips inhiben la fecundación de flores y provocan su caída (Ascensión-Betanzos *et al.*, 1999).



Figura 51. Síntomas de daño por trips en frutos. a. Costras. b y c: Protuberancias o venas.

Foto: J. Bernal; E. Varón

En un trabajo de investigación llevado a cabo en el Norte del Tolima y Valle del Cauca, se estudiaron los trips presentes en hojas, flores y frutos. Echeverry-Flórez y Loaiza (1998) encontraron que *F. gardeniae* es más abundante y común en flores de aguacate en comparación con hojas y frutos. Los trips en aguacate tienen su población regulada por la disponibilidad de alimento, por lo tanto la influencia de la floración sobre la población de trips puede ser explicada por la mayor disponibilidad de alimento representada por el polen, que es un alimento proteico, por la miel, que es un alimento energético y por partes florales, como pétalos, sépalos y anteras, que son importantes como alimento y abrigo, ofreciendo protección contra enemigos naturales, lluvias, vientos, insecticidas y otros factores. La alimentación con polen es también necesaria para la oviposición de algunas especies de trips (Tsai *et al.*, 1996) y la presencia de flores con polen

debe favorecer el mayor crecimiento de la población de algunas especies de trips, como *Frankliniella* sp. especie muy común en flores (Frantz y Mellinger 1990; Mound y Marullo, 1996; Mound y Kibby, 1998).

En cultivos de aguacate en el municipio de Fresno los trips causaron pérdidas promedio hasta de 6,34% en frutos, desde noviembre de 2008 a enero de 2009 (Barragán et al., 2010). En el Valle

del Cauca se encontró un trips del género *Frankliniella* especialmente en las flores de *Bidens pilosa*, con hasta un 80% de presencia (Figuras 52 y 53); para las condiciones del Tolima también se mantuvo esta tendencia, con un 100% de presencia de este trips en flores y 60,66% en fruto, demostrando ser el trips de mayor presencia en flores, en cultivos de aguacate de la dos zonas (Tabla 1).

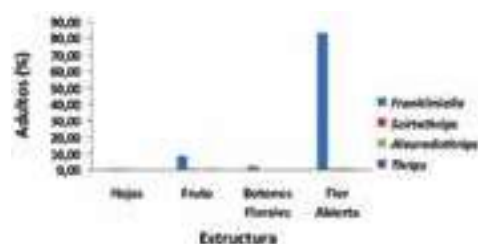


Figura 52. Porcentaje de géneros de trips encontrados en las diferentes estructuras del cultivo de aguacate en el departamento del Valle del Cauca.

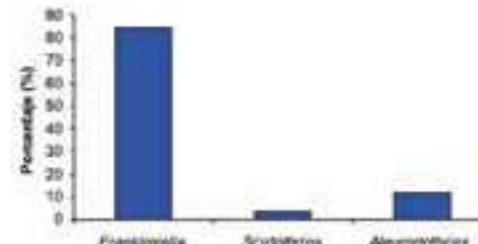


Figura 53. Porcentaje de géneros de trips encontrados en flores de papunga (*Bidens pilosa* L.) en cultivos de aguacate en el departamento del Valle del Cauca.

Tabla 1. Porcentaje de géneros de trips encontrados en las diferentes estructuras del cultivo de aguacate en el departamento del Tolima.

Estructura	Número de muestras evaluadas	Familia	Subfamilia	Género	Porcentaje
Flor	20	Thripinae	Thripinae	Frankliniella	100,00
Fruto	11	Thripinae	Thripinae	Frankliniella	64,64
		Thripinae	Thripinae	Scirtothrips	27,27
		Thripinae	Thripinae	Dendrothrips	9,09
Total	31	1	1	3	

Condiciones Favorables

La población de trips se aumenta en aguacate en la época de floración. El género *Frankliniella* es común en flores de papunga (*Bidens pilosa*), una maleza común en cultivos de aguacate (Figura 54). Cuando esta maleza florece, aumenta la población de *F. gardeniae* (Barragán, et al., 2010). Dentro de las variables ambientales, la temperatura es el factor de mayor influencia sobre la fluctuación de los trips, presentando valores mínimos y máximos para el desarrollo de los insectos y pudiendo ser medida en grados días. La temperatura tiene su influencia directa sobre varios procesos metabólicos y sobre los sistemas de control nervioso y humoral que regulan los procesos de reproducción (Echeverri-Flórez et al., 1998). La humedad no ejerce un efecto directo sobre la dinámica; pero si se reduce por debajo de los límites críticos o se eleva por encima de un cierto límite, entonces los insectos pueden morir (Echeverri-Flórez, et al., 1998).



Figura 54. Planta hospedera del trips *Frankliniella* en cultivos de aguacate, papunga (*Bidens pilosa* L.)

Foto: J. Bernal

La trampas acrílicas de color azul claro con pegante valvulina N°125, permiten muestrear la población de adultos (**Figura 55**). Se requieren 12 trampas/árbol para tener capturas apropiadas (Barragán *et al.*, 2010).



Figura 55. Trampas empleadas para establecer la fluctuación de poblaciones de adultos de trips.

Foto: E. Varón

Manejo

El monitoreo de la población de trips es fundamental para establecer los períodos críticos y tomar medidas de manejo oportunas. Para ello puede utilizarse la trampa de color azul con pegante valvulina N° 125 ó el muestreo con solución de agua y suavizante. Los asistentes técnicos suelen hacer la inspección de la presencia de trips mediante golpeteo de inflorescencias

sobre una superficie de color blanco. Este método es útil cuando hay suficiente conocimiento de las especies de trips, de tal manera que se disitingan las especies plagas de las depredadoras; para esto, se requiere de una lupa con buen aumento. Se debe evitar la presencia de flores de la maleza papunga o amor seco (*Bidens pilosa*) en el lote. Igualmente, revisar la presencia de *F. gardeniae* en otras plantas de la familia Compositae (compuestas), para tener conocimiento preventivo de la llegada de los trips al lote, especialmente en etapas previas a la floración del cultivo (Barragán *et al.*, 2010).

Los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana* cepa Bv 043 y *Metarhizium anisopliae* cepa Mt 034, causan mortalidad del 58,33 y 55,56%, respectivamente. En condiciones de campo *B. bassiana* cepa Bv 043 fue superior, causando una mortalidad del 62.5%. Los extractos de cebolla, ají y ajo, han sido reportados como útiles para el manejo de trips (Guarín, 2003). Aplicaciones del extracto de ají, cebolla y ajo permitió un control del 56,25%. Aspersiones con las sustancias minerales de azufre y sulfocálcico controlaron el 61,25% de los trips en aguacate (Barragán *et al.*, 2010).

El control de los trips en otras regiones se realiza con aplicaciones de insecticidas y eliminación de malezas. En situaciones de población alta, pueden aplicarse insecticidas (Coria, 1993; Méndez *et al.*, 1999).

Trips del invernadero *Heliethrips haemorrhoidalis* (Bouché)

Heliethrips haemorrhoidalis (**Figura 56**) fue descrito originalmente por Bouché (1833), a partir de muestras procedentes de un invernadero en Europa. Aunque es una especie del nuevo mundo,

probablemente fue introducida a este continente en plantas ornamentales importadas de América tropical. Esta especie se encuentra en plantas silvestres y cultivadas en Brasil, las Indias Occidentales y América Central. En Europa, se ha reportado en Alemania, Austria, España, Finlandia, Francia, Inglaterra e Italia. También se ha reportado en Palestina y el Norte de África. *Heliothrips haemorrhoidalis* probablemente se encuentra en casi todo el mundo debido a sus hábitos de vida en invernaderos. Esta especie es un volador pobre que prefiere las partes sombreadas de la planta en donde pasa casi todo el tiempo (Denmark, 2008).

Los huevos son de color blanco, con forma de banano y se insertan en el tejido de la planta de manera individual. La punta del huevo insertado suele ser visible con la ayuda de una lupa. Las primeras etapas larvales son blanquecinas, con los ojos rojos y después de alimentarse, toman un tono amarillento. Las larvas maduras tienen en promedio, un mm de longitud.



Figura 56. *Heliothrips haemorrhoidalis* (Bouché).
Foto: Cheryle A. O'Donnell, USDA-APHIS-PPQ.

Después de pasar por dos estadios larvales, el insecto pasa a un estado de prepupa, de color amarillo claro, con ojos rojos y vestigios de alas cortas. La pupa es un poco más grande, con vestigios de alas más desarrolladas y ojos más grandes. Las pupas son de color amarillento, luego se oscurecen con la edad. Las antenas se doblan hacia atrás de la cabeza en la etapa

de pupa. El insecto no se alimenta en las etapas de prepupa y pupa (Anónimo, 2003).

La cabeza y el tórax del adulto son de color negro y el abdomen variable, de color amarillo, amarillo-rojo, marrón o negro; las patas son de color amarillo claro. Las antenas tienen ocho segmentos. Los trips de los invernaderos son partenogenéticos ya que se reproducen sin apareamiento y los machos muy rara vez se colectan. Las hembras adultas insertan sus huevos en la superficie de las hojas o frutos. Los trips de los invernaderos se alimentan principalmente del follaje de plantas ornamentales. Atacan primero el envés de las hojas y en cuanto avanza el tiempo de alimentación y la población aumenta, se mueven a la superficie de las hojas, que se decoloran y desarrollan un aspecto distorsionado entre las nervaduras laterales. Aquellas severamente dañadas se vuelven amarillas y caen (Anónimo, 2003).

Síntomas

Cuando hay ataques del insecto, se presentan pequeñas gotas de un líquido rojizo, excretado por los trips, que gradualmente cambian a color negro. Estos glóbulos de líquido aumentan de tamaño hasta que caen y otros comienzan a formarse, lo que resulta en un síntoma característico en el lugar de infestación, con manchas negras a causa de la materia fecal (Anónimo, 2003).

Condiciones favorables

Lugares sombreados de las plantas favorecen su presencia y permanencia (Denmark, 2008).

Manejo

Ver sección de manejo de *Selenothrips rubrocinctus*.



Trips de banda roja *Selenothrips rubrocinctus* (Giard)

El trips de banda roja, *Selenothrips rubrocinctus* (Giard), fue descrito por primera vez en la isla de Guadalupe (Antillas Occidentales), donde causó daños considerables en cacao. Por esta razón, a este insecto se le conoce comúnmente como el "Trips del cacao" (Denmark y Wolfenbarger, 2008).

El trips de banda roja (**Figura 57**), es una especie tropical-subtropical, probablemente originaria del Norte de América del Sur (Chin y Brown, 2008). *S. rubrocinctus* se ha reportado en Asia en China, Malasia, Filipinas y Taiwán; en África, Bioko, Ghana, Costa de Marfil, Nigeria, Isla del Príncipe, Sierra Leona, Tanzania, Uganda y Zaire; en Australia y las Islas del Pacífico, en Hawái, Islas Marianas, Nueva Caledonia, Nueva Guinea, Papúa y las Islas Salomón; en América del Norte en Florida y México; en América Central, en Costa Rica, Honduras y Panamá; en Las Antillas Occidentales; en América del Sur, en Brasil, Guyana, Ecuador, Perú, Surinam y Venezuela (Denmark y Wolfenbarger, 2008).

La hembra tiene aproximadamente 1,2 mm de longitud; es de color marrón oscuro a negro, con un pigmento rojo



Figura 57. Ninfas de *Selenothrips rubrocinctus* (Giard). Nótese las gotas de excrementos en la parte posterior del abdomen.
Foto: T. Kondo

principalmente en los tres primeros segmentos abdominales; los segmentos anales conservan un color negro rojizo y las alas son oscuras. El macho es similar, pero más pequeño y pocas veces colectado (Chin y Brown, 2008). Las ninfas y pupas son de color amarillo claro a anaranjado; los tres primeros y últimos segmentos de su abdomen son de color rojo brillante. Después de eclosionar, tienen dos etapas de ninfa que duran de nueve a diez días.

Las ninfas bien desarrolladas de la segunda etapa ninfal, son de aproximadamente 1 mm de largo. Las dos etapas ninfales son seguidas por las etapas de pre-pupa y pupa, que duran de 3 a 5 días hasta que los adultos emergen (Chin y Brown, 2008).

Los huevos son insertados en la superficie inferior de las hojas que son cubiertos con un líquido que al secarse forman un disco con una cobertura negra (Astridge y Fay, 2005). Las hembras ponen hasta 50 huevos y llegan a vivir un mes. Los huevos eclosionan a los cuatro días (Chin y Brown, 2008). El ciclo de vida en La Florida (EE.UU.) es de aproximadamente tres semanas, lo cual permite que se desarrollen varias generaciones al año (Denmark y Wolfenbarger, 2008).

El trips de banda roja es una plaga polífaga y suele tener diferencias en sus hospederos preferidos, según su localidad. En las Antillas Occidentales, ha sido una de las principales plagas del cacao y del mango (Denmark y Wolfenbarger, 2008).

Síntomas

Los trips destruyen las células de los tejidos vegetales de los que se alimentan y ocasionan deformaciones en las hojas, daños al fruto, y causa un daño cosmético debido a las manchas de color oscuro causadas por sus excrementos en la superficie de la hoja. En casos severos se

observa la caída completa de las hojas de los árboles. La miel de rocío es una excreción producida por estos y otros insectos, la cual cae en la superficie de las hojas, frutos y ramas, en donde crece la fumagina, dándole una apariencia sucia a los frutos, los cuales pierden su calidad cosmética. Las larvas y los adultos se alimentan de las hojas y del fruto, mediante la perforación de la epidermis con su aparato bucal de tipo raspador-chupador. Los trips de banda roja, prefieren hojas tiernas y su alimentación causa un síntoma conocido como hoja plateada, así como, la distorsión y caída de hojas (Denmark y Wolfenbarger, 2008).

Condiciones favorables

Son más abundantes durante épocas cálidas y secas. Cuando los árboles no están en brotación, los trips se hospedan en la maleza presente dentro de los huertos, principalmente en flores de plantas compuestas como el "gigantón" *Tithonia tubiformis* y otras asteráceas como árnica *Arnica* sp., cinco llagas *Tagetes lunulata* y papunga *Bidens pilosa* (Sánchez, 2000a).

Manejo

Los trips de banda roja son depredados por una gran variedad de enemigos naturales, incluyendo arañas y ácaros, crisopas, trips depredadores y chinches piratas, especialmente del género *Orius* (Funderburk *et al.*, 2000; Chin y Brown 2008). El control químico no es siempre necesario para estos trips, ya que los enemigos naturales son eficaces y regularmente mantienen sus poblaciones en bajo nivel de daño económico (Denmark y Wolfenbarger, 2008).

Sólo un enemigo natural eficaz es conocido por su ataque a los trips de invernadero y es el diminuto parasitoide de larvas, *Thripobius semiluteus*. Las larvas de los trips parasitarias aparecen

hinchadas en la parte lateral (Denmark y Wolfenbarger, 2008). Otros enemigos naturales del trips de invernadero menos eficaces incluyen un parasitoide de huevos, *Megaphragma mymaripenne* y tres especies de trips depredadores, *Franklinothrips orizabensis*, *F. vespiformis*, y *Leptothrips mali*, también conocido como el cazador negro (Anónimo, 2003).

Los jabones son seguros y efectivos. Si se decide por un tratamiento químico, debe hacerse al follaje o flores, tan pronto como se encuentren los trips. Las aplicaciones semanales pueden ser necesarias hasta que se logre el control. El insecticida debe ser aplicado en cantidades suficientes, especialmente sobre el envés de las hojas. Se debe continuar la inspección periódica a las plantas y repetir la aplicación del insecticida, en caso de que vuelvan a ser infestadas. Varios insecticidas sistémicos son aplicados al suelo en forma de "Drench", para que las raíces lo absorban y luego sea consumido por los insectos que se alimentan de la savia. Se puede alcanzar el control en algunas semanas y son más efectivos durante un tiempo mayor que los insecticidas de contacto. La persona que lo aplique debe usar ropa de protección adecuada, como se describe en la etiqueta de cada uno de los contenedores. Es indispensable leer y comprender las etiquetas de los insecticidas antes de aplicarlos. Por eso, cualquier decisión de manejo de trips debe ser hecha bajo la orientación de un Ingeniero Agrónomo y enmarcada dentro de un programa MIP. Es necesario además, tener en cuenta los períodos de carencia (ICA, 2012).

Frankliniella occidentalis (Pergante)

Esta especie es originaria de América del Norte pero en la actualidad se ha extendido a otros continentes, incluida Europa, Australia y América del Sur, principalmente



debido al transporte de material vegetal infectado. Tiene más de 500 plantas hospederas, entre las que se incluyen un gran número de frutales, hortalizas y plantas ornamentales (Kirk y Terry, 2003). Es un insecto pequeño; mide entre 1 y 1,4 mm de longitud. La mayoría de estos trips son hembras. Los machos son escasos. Su color varía de amarillo a marrón. El adulto es alargado y delgado, con dos pares de alas largas. Los huevos son ovals o arriñonados, de color blanco, con 0,2 mm de longitud. Las ninfas son amarillentas con ojos rojos. Este insecto puede vivir en su fase adulta de dos a cinco semanas e incluso más y la ninfa puede vivir unos 20 días. Cada hembra puede poner de 40 a 100 huevos en los tejidos vegetales, a menudo en las flores. Las ninfas recién eclosionadas se alimentan de la planta durante dos de sus instares; después se dejan caer de la planta para completar otros dos instares más (Ramírez-Morales, 2007).

Frankliniella occidentalis es otra especie de trips que succiona la savia del aguacate. Su reducido tamaño le permite colonizar las yemas terminales. Sus picaduras dañan el punto de crecimiento, causando hipertrofia, con alargamiento de entrenudos, donde solo hay producción de hojas y los racimos florales no se forman, daño conocido como látigo, fuste o machorreo (**Figura 58**); también causan aborto de flores o atrofia en inflorescencias que presentan un ensanchamiento en sus extremos (**Figura 59**) (Sánchez, 2000a).

Síntomas

Hipertrofia o alargamiento de entrenudos. Ausencia o malformación de racimos florales (Sánchez, 2000a).

Manejo

Las bajas temperaturas y la alta humedad atmosférica son adversas para el desarrollo



Figura 58. Daño de trips en ramas, como fuste o látigo.

Fotos: J. Bernal



Figura 59. Daño de trips en inflorescencias.

Fotos: J. Bernal

de este insecto. Las lluvias fuertes también son causa de su destrucción. En general, se recomienda mantener los huertos libres de malezas que sirven de hospederos alternos de los trips, especialmente después de la cosecha y antes de la próxima floración, debajo del dosel del árbol y con esto, eliminar las pupas de los trips, ya que se exponen al efecto del sol, el viento y las altas temperaturas, ocasionando su desecación y muerte (Sánchez, 2000a). Dentro de sus enemigos naturales se incluyen chinches del género *Orius* y el hongo *Metarhizium anisopliae* (Ansari et al., 2007).

En climas cálidos y cuando se esperan épocas secas prolongadas, se recomienda tomar medidas preventivas de manejo, antes de que la población de trips se eleve. Para ello, después de la temporada de lluvias, lo cual coincide con el inicio de la floración de los huertos, se puede utilizar Malathion (Malathion 57%), Lambdacihalotrina+Tiametoxam

(Engeo, Conquest), Fipronil (Albatross), Spinetoram (Exalt). Los insecticidas que se usen deben tener registro de uso en aguacate y ser aplicados bajo la supervisión de un Ingeniero Agrónomo. Se recomienda verificar los periodos de carencia antes de hacer la aplicación (ICA, 2012).

Escamas

(Hemiptera: Coccoidea)

Demian Takumasa Kondo R.

En el mundo existen aproximadamente 8.000 especies de escamas descritas hasta el momento (Ben-Dov *et al.*, 2008). Las escamas son insectos pequeños, generalmente de menos de 5 mm (Kondo, 2001). Este grupo de insectos incluye todos los miembros de la superfamilia Coccoidea y está compuesta de unas 32 familias (Kondo *et al.*, 2008). Los insectos escama están relacionados con los pulgones (*Aphidoidea*), moscas blancas (*Aleyrodoidea*) y psílidos (*Psylloidea*) y juntos conforman el suborden *Sternorrhyncha* (Gullan y Martin, 2003).

En Colombia se conocen alrededor de 180 especies de escamas en 13 familias. En este país se han hecho pocos estudios sobre la fauna de artrópodos asociados a los cultivos de frutas. Posada *et al.* (1989), registraron 74 especies de insectos y ácaros asociados con aguacate en Colombia. La lista incluye 21 especies de insectos escama pertenecientes a tres familias, aproximadamente el 30% de los artrópodos registrados en aguacate en Colombia. En la última década, tres nuevas especies se han agregado a la lista de insectos escama registrados sobre el aguacate en Colombia, incluyendo *Laurencella colombiana* Foldi y Watson (2001) (Monophlebidae); *Akermes colombiensis* Kondo y Williams (2004) (Coccidae) y *Bombacoccus aguacatae* Kondo (2010).

Kondo *et al.* (2011) realizaron un estudio faunístico de insectos escama (Hemiptera: Coccoidea) del aguacate en cinco departamentos de Colombia (Antioquia, Caldas, Quindío, Risaralda y Valle del Cauca) entre el periodo octubre 2008–octubre 2009. En total colectaron 45 taxa de insectos escama, distribuidas en siete familias taxonómicas (i.e., Coccidae, Diaspididae, Kerriidae, Margarodidae, Monophlebidae, Pseudococcidae y Putoidae). Los resultados de ese estudio, junto con registros bibliográficos, aumentaron el número de insectos escama colectados sobre el aguacate en Colombia a 53 taxa en el país. Las especies comúnmente colectadas sobre el aguacate en Colombia incluyen: *Ceroplastes rubens* Maskell, *Coccus hesperidum* L., *Protopulvinaria pyriformis* (Cockerell), *Pulvinaria psidii* Maskell, *Saissetia neglecta* De Lotto (Coccidae), *Abgrallaspis cyanophylli* (Signoret), *Pseudoparlatoria parlatorioides* (Comstock) (Diaspididae) y *Ferrisia* sp. (Pseudococcidae). La escama blanda algodonosa del aguacate *Bombacoccus aguacatae* Kondo es una nueva plaga esporádica en los departamentos de Antioquia, Caldas, Norte del Valle del Cauca (Kondo *et al.*, 2011)

Escamas o Escamas Protegidas

Abgrallaspis cyanophylli (Signoret)
Pseudoparlatoria parlatorioides (Comstock)
Chrysomphalus dictyospermi (Morgan)
(Diaspididae)

Descripción e importancia

Las escamas, también conocidas como escamas protegidas o diaspídidos, son insectos planos, muy pequeños, generalmente de 1 a 2 mm de diámetro, con una cubierta de color variable. Las



ninfas femeninas escogen un sitio del árbol apropiado para su alimentación; allí clavan su aparato bucal, se alimentan, mudan y permanecen en el mismo sitio hasta que mueren. La hembra tiene tres instares, al primero se le llama gateador, tiene antenas y patas bien desarrolladas y se dispersan en este estadio. El segundo instar se desarrolla en el mismo sitio que escoge el gateador para alimentarse y permanece allí, ya que no tiene patas. La cera de la escama del segundo instar tiene dos capas; la capa superior es la exuvia (muda del insecto) del gateador, más la capa que la larva de este estadio produce. La hembra adulta se parece a la ninfa del segundo instar, pero regularmente es más grande, tiene más poros, una vulva, y su cobertura cerosa o “escama” está compuesta por tres capas de cera (la exuvia del primer instar, la capa cerosa del segundo instar y una tercera capa que produce el adulto (Kondo, 2010).

Síntomas

Muchas escamas viven en colonias y atacan troncos, ramas, hojas y frutos. Los árboles afectados pueden tolerar grandes poblaciones de estos insectos, pero son más susceptibles en épocas de sequía o en el estado de plántulas. Las escamas pueden aparecer en cualquier parte de las plantas, desde las hojas, frutos, ramas, troncos y raíces. Las plántulas son especialmente susceptibles y pueden llegar a secarse cuando la población es muy alta. La especie más común en aguacate es *Abgrallaspis cyanophylli* (Signoret) (Kondo, 2011).

Abgrallaspis cyanophylli (Signoret)

Abgrallaspis cyanophylli (Signoret) (Figura 60a) comúnmente conocida como la escama de la palma, es altamente polífaga y ha sido registrada en 75 géneros de hospederos dentro de 44 familias de



Figura 60. a. Colonia de *Abgrallaspis cyanophylli* (Signoret) a lo largo de la nervadura de una hoja. b. *Chrysomphalus dictyospermi* (Morgan) sobre fruto de aguacate de la variedad Hass.

Fotos: T. Kondo

plantas (Davidson y Miller, 1990). La especie fue encontrada en el envés de hojas de aguacate en las variedades Booth 8, Choquette, Lorena y en frutos de la variedad Hass (Kondo, 2010).

Chrysomphalus dictyospermi (Morgan)

Chrysomphalus dictyospermi tiene varios nombres comunes, como la escama de Morgan y la escama roja española. Presenta una cubierta circular, suavemente convexa y el centro tiene una coloración bronce, más oscura que el resto de la cubierta (Figura 60b). Es considerada una plaga clave de cítricos, aguacate y de plantas tropicales y subtropicales (Davidson y Miller, 1990).

Chrysomphalus dictyospermi se encuentra comúnmente en ramas de aguacate de las variedades Booth 7, Booth 8, Lorena y en frutos de la variedad Hass. *Abgrallaspis cyanophylli* junto con *C. dictyospermi* son los diaspíridos más comunes presentes en frutos de aguacate Hass aunque el tipo de daño observado es de tipo cosmético. Esto puede ser debido a la textura rugosa de los frutos de la variedad Hass que permiten que las escamas encuentren un medio de protección en las hendiduras del fruto.

Otras especies comunes son *Pseudoparlatoria parlatoroides* (Comstock) y *Chrysomphalus*

dictyospermi (Morgan). Las escamas causan un daño cosmético cuando infestan los frutos.

La escama blanca del mango *Aulacaspis tubercularis* Newstead también se ha encontrado sobre frutos de aguacate Hass y se han observado causando síntomas de clorosis en hojas de aguacatillo *Persea* sp. (Kondo y Muñoz, 2009). Algunas especies como *P. parlatorioides* causan síntomas de clorosis en las hojas.

***Pseudoparlatoria parlatorioides* (Comstock)**

Pseudoparlatoria parlatorioides ha sido hallada en las variedades Booth 7, Booth 8, Choquette, Lorena, Santana y Trinidad, a diferentes alturas que van desde los 967 hasta 1925 msnm. Esta especie se ubica en el envés de hojas de aguacate; viven en colonias, donde pueden alcanzar hasta 600 individuos por hoja (Figura 61). Frecuentemente causan clorosis en las hojas (Kondo et al., 2011).



Figura 61. Escama protegida *Pseudoparlatoria parlatorioides* (Comstock).
a. Primer plano.
b. Típica infestación sobre hojas.
Fotos: T. Kondo

Escamas Blandas

***Bombacoccus aguacatae* Kondo**

Ceroplastes rubens Maskell
Coccus hesperidum L.
Protopulvinaria pyriformis (Cockerell)
Pulvinaria psidii Maskell
Saissetia coffeae (Walker)
Saissetia neglecta De Lotto
Toumeyella sp. (Coccidae)

Descripción e importancia

Por lo general las escamas blandas son de mayor tamaño que las escamas protegidas y las cochinillas harinosas. Este grupo está caracterizado por la presencia de un par de placas anales, las cuales se abren para excretar la miel de rocío. Son insectos pequeños, inmóviles, convexos o planos; muchos están cubiertos por una cera delgada transparente; pero también hay especies con cera abundante como las del género *Ceroplastes*. Son de diferentes formas y colores, según la especie. Algunas especies producen un ovisaco, como *Protopulvinaria pyriformis* (Cockerell). La hembra tiene cuatro estadios, al primero se le denomina gateador, tiene antenas y patas bien desarrolladas. En este estadio se dispersan.

Después del primer estado ninfal, las escamas blandas pasan por el segundo y tercer estado ninfal. Las del segundo estado ninfal se parecen a los gateadores pero carecen de setas largas en las placas anales como el gateador. Las del tercer instar se parecen a la hembra adulta pero son más pequeñas, tienen menos poros y no tienen una vulva (Kondo, 2008, 2011).

Síntomas

Muchos de ellos excretan miel de rocío, un líquido azucarado que promueve el desarrollo de la fumagina. Estas



condiciones son severamente dañinas en plántulas o en árboles de mucha edad.

También pueden causar un daño cosmético cuando infestan directamente el fruto, o cuando la fumagina crece en los frutos cubiertos por la miel de rocío que éstos excretan (Kondo, 2010).

***Bombacoccus aguacatae* Kondo**

Conocida por los agricultores como uvita, esta especie recientemente descrita se alimenta sobre ramas y tallos de aguacate, en diferentes variedades de aguacate, incluyendo Booth, Hass y Lorena (Figura 62).

Está comúnmente asociada con la fumagina la cual crece sobre la miel de rocío que producen estos insectos (Kondo, 2010).



Figura 62. Colonia de *Bombacoccus aguacatae* Kondo. Nótese la cera blanca polvorienta de los insectos.

Foto: T. Kondo

***Ceroplastes rubens* Maskell**

Ceroplastes rubens se ha encontrado en el haz de las hojas, de las variedades Booth 7, Booth 8, Choquette, Lorena y Trinidad. En campo, esta especie puede diferenciarse de otras especies de *Ceroplastes*, por la cubierta cerosa rojiza a vino tinto y por

la presencia de dos pares de bandas blancas conspicuas que se extienden ventralmente hacia las márgenes (Figura 63a) (Kondo, 2008).

***Protopulvinaria pyriformis* (Cockerell)**

Esta especie fue encontrada en aguacate en las variedades Booth 7, Booth 8, Lorena, Santana y Trinidad. Se conoce como la escama piriforme por la forma de su cuerpo. Presenta un ovisaco corto que apenas sobresale del margen posterior del abdomen (Figura 63b); el dorso es membranoso en las hembras jóvenes y se oscurecen los bordes en las hembras más viejas (Hamon y Williams, 1984). Esta especie de Coccidae, es una de las escamas más comunes del aguacate y se asocia a la presencia de fumagina, en árboles donde estas escamas se encuentran en altas poblaciones.

***Pulvinaria psidii* Maskell**

Se encuentra comúnmente sobre el envés de hojas y en algunas ocasiones sobre las ramas, de las variedades Booth, Lorena y Trinidad. Esta especie se conoce como la escama de escudo verde, el cuerpo de la hembra tiene forma oval y es moderadamente convexo. Es de color verde intenso, que se va reduciendo gradualmente. El ovisaco puede ser observado en el extremo posterior y se proyecta hacia fuera (Figura 63C) (Hamon y Williams, 1984).

***Coccus hesperidum* L.**

Es una especie altamente polífaga encontrada en regiones tropicales y subtropicales y ha sido hallada atacando hojas y ramas. La hembra se caracteriza por su forma oval y suavemente convexa, de coloración café clara a amarilla con manchas de color marrón. Esta especie se ha encontrado sobre el envés de las hojas en las variedades Booth, Hass y Papelillo. Se observaron ejemplares con perforaciones, indicativo del ataque



Figura 63. a: *Ceroplastes rubens* Maskell. b: *Protopulvinaria pyriformis* (Cockerell). Nótese el corto ovisaco y la forma triangular de su cuerpo. c: *Pulvinaria psidii* Maskell. Nótese el largo ovisaco y la forma oval de su cuerpo.

Fotos: T. Kondo

de parasitoides en campo. Aunque es común en hojas y ramas de aguacate, sus poblaciones regularmente son bajas y no se considera una plaga en el campo. En invernaderos cuando el aguacate está en estado de plántula pueden convertirse en plagas ocasionales (Kondo, 2010).

Saissetia coffeae (Walker)

Saissetia coffeae es conocida como la escama hemisférica; se encontró sobre el envés y haz de las hojas de aguacate de las variedades Booth y Lorena. Las hembras adultas son hemisféricas, ovals y la superficie es muy convexa y brillante, presenta una coloración amarilla a café oscura (**Figura 64a**). Las hembras jóvenes tienen un escudo en el dorso en forma de "H" similar a otras especies de este género. Es considerada una plaga de cultivos ornamentales en La Florida (EE. UU.) (Hamon y Williams, 1984).

Saissetia neglecta De Lotto

Saissetia neglecta es conocida como la escama negra del Caribe. Se caracteriza por la formación de escudo en el dorso en forma de "H" (**Figura 64b**). En las formas inmaduras se observa una coloración café clara que se oscurece a medida que madura (Hamon y Williams, 1984). Fue colectada sobre ramas de aguacate de las variedades Booth 8, Lorena y Trinidad.

Toumeyella sp.

Toumeyella sp. ha sido encontrada en diferentes variedades de aguacate como Booth 7, Booth 8, Choquette, Lorena, Santana y Trinidad, a alturas que van desde los 1.194 hasta los 1.651 msnm. Este insecto puede alcanzar una población alta (**Figura 64c**) (Kondo, 2010).



Figura 64. a: *Saissetia coffeae* Walker. b: *Saissetia neglecta* De Lotto. c: Colonia de *Toumeyella* sp.

Fotos: T. Kondo



Cochinillas Harinosas

Ferrisia sp.

Pseudococcus jackbeardsleyi Gimpel y Miller

Nipaecoccus nipae (Maskell)
(Pseudococcidae)

Descripción e importancia

Son insectos de forma oval, generalmente caracterizados por un cuerpo blando, cubierto con proyecciones de cera blanquecinas, de diferentes tamaños. Al igual que las escamas blandas, tienen cuatro instares, el primer ínstar o gateador, las ninfas del segundo y tercer ínstar y la hembra adulta (cuarto ínstar). Las cochinillas harinosas se encuentran distribuidas por todo el mundo. Una de las especies más comunes en el aguacate en Colombia es *Ferrisia* sp.; su cuerpo es de color blanco grisáceo, de 3,0 a 5,0 mm de longitud, aproximadamente. Presenta filamentos de cera cortos, de color blanco, alrededor del cuerpo; tiene un par de filamentos cerosos más largos en la parte posterior, que van gradualmente disminuyendo en grosor y tiene dos puntos sin cera en la parte dorsal del abdomen posterior.

Ferrisia sp.

Ferrisia sp. es ocasionalmente encontrada sobre hojas, tallos y flores en los cultivos de aguacate. Su característica principal es la presencia de filamentos vidriosos muy delgados y alargados alrededor de todo su cuerpo (Figura 65a). Esta especie no es considerada una plaga (Kondo et al., 2008).

Nipaecoccus nipae (Maskell)

Nipaecoccus nipae se puede encontrar en el envés de hojas de aguacate de las variedades Booth y Lorena. La cera que la cubre puede manifestarse en los colores blanco o amarillo (Figura 65b). Es una especie polífaga, común en cacao, guayaba, palmas y plátano (Kondo et al., 2008).

Pseudococcus jackbeardsleyi Gimpel y Miller

Pseudococcus jackbeardsleyi (Figura 65c) ha sido colectada sobre hojas de la variedad Hass. Se reporta como una especie polífaga, común en toda la región neotropical (Williams y Granara de Willink, 1992). En Colombia ha sido reportada en aguacate, cacao, café, cítricos y en plátano (Kondo et al., 2008).



Figura 65. a: *Ferrisia* sp. b: *Nipaecoccus nipae* (Maskell). c: *Pseudococcus jackbeardsleyi* Gimpel y Miller.

Foto: T. Kondo

Síntomas

La presencia de cera o de fumagina sobre hojas o frutos, da indicios de la ocurrencia de cochinillas harinosas. Las escamas blandas y las cochinillas harinosas excretan grandes cantidades de miel de rocío, cuyo líquido azucarado proporciona, frecuentemente, un medio excelente para el crecimiento de la fumagina (**Figura 66**). Además de ser poco atractivo, la fumagina interfiere con la fotosíntesis de la planta y de alguna manera, en su crecimiento. La fumagina por lo general desaparece después de que se controla la infestación de insectos asociados. Las hormigas se alimentan de la miel de rocío, por ello, cuando se observen las hormigas, las plantas deben ser examinadas de cerca para detectar la presencia de estos insectos chupadores (Anónimo, 2007). Por otro lado, la cochinilla de cola larga es conocida como una plaga de numerosos hospederos (Williams y Granara de Willink, 1992). En el aguacate puede producir secamiento de brotes cuando su población es alta y la miel de rocío que produce, puede dañar la calidad de los frutos (Kondo *et al.*, 2004).



Figura 66. Presencia de fumagina causada por escamas.

Fotos: T. Kondo

Manejo

Las infestaciones de escamas a menudo pasan desapercibidas hasta cuando las hojas se tornan de color amarillento, se secan, o cuando los síntomas de fumagina son evidentes. El monitoreo semanal

durante todo el año ayuda a prevenir problemas graves. Es recomendable examinar cuidadosamente el envés de las hojas y tallos para detectar la presencia de estos insectos. Se necesita usar una lupa con 10X de aumento para detectar escamas pequeñas. Las escamas pueden parecerse a hongos o agallas en las plantas y pueden estar ocultas en grietas de la corteza o en las axilas de las hojas (Anónimo, 2007).

Para reducir al mínimo los problemas de escamas, es necesario inspeccionar las plantas antes de comprarlas y/o sembrarlas. Si se encuentran algunas escamas, es recomendable podar las ramas o las hojas infestadas. Se debe destruir el material infestado y limpiar completamente la zona de las plantas afectadas (especialmente importante en invernaderos y viveros). La población de estos insectos suele incrementarse en ambientes cálidos y húmedos, por lo tanto se recomienda mejorar el flujo de aire dentro de las plantaciones o disminuir la densidad de siembra en la zona a fin de que las condiciones para su proliferación sean menos favorables. Se aconseja evitar el exceso de fertilizantes pues los insectos escama, a menudo, ponen más huevos y sobreviven mejor en las plantas que reciben una gran cantidad de nitrógeno (Anónimo, 2007).

En condiciones naturales, los depredadores (ej., mariquitas y crisopas) y parasitoides (ej., pequeñas avispas), pueden suprimir las escamas lo suficiente como para que la utilización de insecticidas sea innecesaria. Algunos hongos parásitos también pueden reducir la población. Sin embargo, a veces estos enemigos naturales mueren por condiciones climáticas adversas o a causa de aplicaciones de plaguicidas o las escamas infestan zonas donde los enemigos naturales no ocurren, lo cual puede conducir a un brote poblacional.



Las escamas que han muerto a causa de parasitoides suelen tener un orificio pequeño, redondo, del tamaño de la cabeza de un alfiler en su superficie, por donde ha salido el parasitoide. Los depredadores tienden a hacer daños irregulares, destruyendo la cutícula de las escamas. Si aparecen signos de parasitismo o depredación y se verifica la presencia de enemigos naturales, es recomendable tratar de preservarlos, minimizar el uso de productos tóxicos y usar plaguicidas selectivos para el control de estas plagas (p.ej., aceites agrícolas), en lugar de insecticidas de amplio espectro. Si es posible, se recomienda atrasar la aplicación de plaguicidas y darle la oportunidad a los enemigos naturales benéficos para suprimir la población de las mismas (Anónimo, 2007).

Conocer el momento adecuado para la aplicación de insecticidas es importante. Por ello, la decisión de aplicar insecticidas debe ser bajo prescripción de un Ingeniero Agrónomo, bajo el esquema de MIP y teniendo en cuenta los períodos de carencia (ICA, 2012). La mayoría de los insecticidas de contacto no pueden penetrar la cera de las escamas cuando ya han producido su capa cerosa, como los insectos adultos, por lo que se recomienda aplicar los plaguicidas cuando las escamas estén en la etapa de gateador (primer instar), cuando son más vulnerables. Hay que monitorear la aparición de los gateadores; para esto se usan placas adhesivas, cintas envueltas alrededor del tronco o se pone una hoja o rama infestada en una bolsa para ver cuando los gateadores aparecen (Anónimo, 2007).

Se recomienda primero, podar las partes de las plantas infestadas para permitir una mayor penetración de los insecticidas en el follaje y las ramas. Rociar las plantas a fondo, de manera que el insecticida aplicado llegue a todos los lados de

las hojas, ramas y tallos vegetales. El uso de un adherente puede aumentar la cobertura y eficacia del pesticida. Aplicaciones de un insecticida sistémico en "Drench" en el suelo también puede funcionar. Reaplicaciones pueden ser necesarias, dependiendo del producto utilizado (Anónimo, 2007).

Los aceites agrícolas matan las escamas en todas las etapas y suelen proporcionar un buen control. Productos etiquetados como aceite Superior y aceite agrícola Volck, son de alto grado y pueden ser utilizados en plantas tolerantes, ya sea durante las temporadas de cultivo o entre cosechas, pero en diferentes concentraciones. Es recomendable consultar la etiqueta del producto para la sensibilidad de la planta y la temperatura adecuada para su uso (Anónimo, 2007). El producto Citroemulsión, con registro para otras plagas del aguacate, puede ser útil para bajar la población de escamas y cochinillas harinosas, utilizado bajo la supervisión de un Ingeniero Agrónomo. Las aplicaciones de insecticidas de contacto a menudo no dan buenos resultados si no se hacen cuando los gateadores están activos. Incluso cuando los pesticidas son aplicados correctamente, a veces son necesarias varias aplicaciones durante el tiempo de emergencia de los gateadores o cuando la población de la escama es alta y los gateadores se esconden debajo de la capa cerosa de escamas anteriores (Anónimo, 2007).

Es importante además considerar que las escamas muertas conservan sus capas cerosas y pueden permanecer en el vegetal durante varias semanas. En la actualidad no hay métodos disponibles para eliminar las cubiertas de cera de las escamas después de su control, salvo remoción física con un cepillo o agua a alta presión. Cuando mueren las escamas

blandas, éstas a menudo caen de las plantas. Las escamas vivas se diferencian de las escamas muertas con una prueba sencilla: aplaste algunas escamas, las escamas muertas están secas, pero las escamas vivas tienen fluidos corporales (Anónimo, 2007).

Durante épocas secas, cuando la población de escamas aumente y se vean daños iniciales en el fruto, se puede aplicar la mezcla de Malathion (Malathion 57%) 175 cc, aceite mineral emulsionado (Citroemulsión) 2 litros, en 100 litros de agua (Londoño, 2008b).

Ácaros o Arañitas

Oligonychus yothersi Mc Gregor
(Tetranychidae)
(Acarina)

Martha E. Londoño Zuluaga

Descripción e Importancia

Los ácaros son arañas pequeñas de menos de 1 mm de longitud, de seis patas en estado inmaduro y de ocho patas en estado maduro. Son difíciles de observar a simple vista. Viven comúnmente en colonias debajo de las hojas y a lo largo de las nervaduras de éstas. Mediante financiación del MADR, Corpoica identificó los ácaros limitantes del cultivo de aguacate, así como sus enemigos naturales. Actualmente en Antioquia, Caldas, Risaralda y Valle del Cauca se han encontrado 26 especies diferentes de ácaros, pero solo la “arañita roja” *Oligonychus yothersi* (Mc-Gregor) es considerada como plaga por los productores de aguacate de estas zonas del país. El daño consiste en agujerear los tejidos del follaje y succionar la savia, lo que causa el secamiento de las hojas. El follaje fuertemente afectado puede llegar a secarse y caer prematuramente. Cuando su población es alta, puede ocurrir una defoliación (Kondo *et al.*, 2011).

Oligonychus yothersi es conocido en Colombia como la arañita roja del cafeto. Es un ácaro fitófago de hábitos polípagos. Ha sido reportado en Argentina, Brasil, Chile, Costa Rica, Ecuador, Estados Unidos (California y Florida) y México (Orozco *et al.*, 1990). León (2003) realizó estudios biológicos de *O. yothersi* en Chile, sobre dos cultivares de aguacate (Hass y Fuerte). En Colombia, Orozco *et al.* (1990) hicieron los primeros estudios biológicos de *O. yothersi* sobre *Coffea arabica*. En aguacate, Londoño (2008) reportó ácaros de la familia Tetranychidae, como ácaros que producen síntomas de manchas de color café, amarillo o rosa pálido en el haz de las hojas. Desde ese mismo año en cultivos de café en Colombia se vienen incrementando los daños a causa de la arañita roja, afectando el área fotosintética y obligando a aplicaciones correctivas en este cultivo (Giraldo *et al.*, 2011).

El daño es ocasionado por los adultos y los estados ninfales. La biología de la arañita roja en aguacate fue estudiada recientemente en Colombia. Los huevos son esféricos de color hialino (**Figura 67a**), con un filamento corto en la cara superior. Las larvas recién emergidas son de color amarillo y tienen tres pares de patas (**Figura 67b**). Tiene dos estados ninfales que son más ovales que las larvas y poseen cuatro pares de patas. Las ninfas son similares al adulto, pero más pequeñas. Las hembras son ovaladas y de color rojizo; los machos son también de color rojo, pero más claros que las hembras y más alargados (**Figura 67c**). El ciclo de vida se resume así: huevo 4,96 días, larva 2,25 días, protocrisalida 0,76 días, protoninfa 2,11 días, deuto-crisalida 0,90 días, deutoninfa 2,61 días y teliocrisalida 1,28 días. La duración total de huevo a emergencia de adulto fue estimada en 14,34 días, a 26°C ± 3°C y 56% ± 3% HR. El porcentaje de supervivencia o sea el porcentaje de huevos que se desarrollan hasta estado



Figura 67. Ácaro *Oligonychus yothersi*.
a. Huevos. b. Larva. c. Adulto.

Fotos: J. Reyes

adulto, es del 53%, teniendo la mortalidad más alta en el estado de larva con un 36% (Reyes *et al.*, 2011).

Condiciones favorables

El crecimiento de la población de ácaros se ve favorecido por condiciones de sequía prolongada, acompañada de altas temperaturas. El foco de infestación suele iniciar por los bordes de carreteras, donde ocurre acumulación de polvo sobre las hojas (Giraldo *et al.*, 2011).

Síntomas

O. yothersi es el ácaro más común en cultivos de aguacate. Cuando está presente se evidencia porque se producen manchas de color café rosa pálido, en el haz de las hojas, que da follaje un aspecto de “bronceado” (Figura 68). Dicho síntoma se presenta en hojas grandes, bien desarrolladas, pero rápidamente asciende hacia la punta de la rama y cubre las hojas nuevas. El ácaro produce telarañas muy finas recubriendo la colonia que se ubica a lo largo de las nervaduras (Reyes *et al.*, 2011).

En viveros donde se propaga el material vegetal para la siembra, se ha evidenciado la presencia de ácaro blanco *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) cuyo síntoma característico es el enroscamiento de los bordes de las hojas más jóvenes (Figura 69a) y la deformación



Figura 68. Síntoma del daño por ácaros.
a. Arbol de aguacate cv. Lorena con ataque de *O. yothersi*.
b. Detalle del síntoma en hojas.

Foto: T. Kondo; J. Bernal



Figura 69. Daño del ácaro blanco.

a. En plantas de vivero.

b. Detalle en hojas atacadas.

Foto: M. Londoño; J. Bernal

entre las nervaduras como simulando ampollas. Las hojas atacadas se quedan pequeñas y se ven alargadas (Figura 69b) (Observaciones personales de Martha Londoño).

Manejo

En general, se ha observado que la población de ácaros fitófagos es regulada de manera importante por factores abióticos como la lluvia y por sus enemigos naturales, principalmente depredadores. La diversidad de ácaros e insectos depredadores de ácaros en el trópico, ha mostrado buena capacidad de regulación de estos artrópodos en otros cultivos (Giraldo *et al.*, 2011). En aguacate se ha detectado la acción de enemigos naturales que combaten la arañita roja. Entre ellos se destacan el coccinélido *Stethorus tridens* (Gordon) y las crisopas (Figura 70) (Reyes *et al.*, 2011).

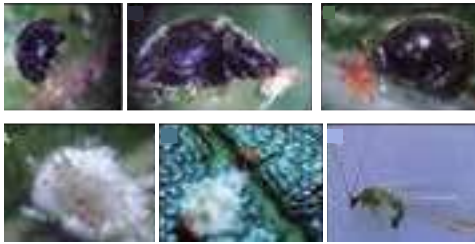


Figura 70. Depredadores de *O. yothersi* encontrados en cultivos de aguacate

En épocas de verano prolongado, cuando la población se incrementa, se puede usar aceite agrícola como la Citroemulsión o Azufre en Monosulfato + Polisulfuro de Calcio (Prohortícola), en dosis y frecuencias recomendadas y supervisadas por un Ingeniero Agrónomo. También pueden ser útiles los insecticidas Abamectina (Vertimec) en dosis de 1,5 litros/ha ó aspersiones con productos a base de azufre. Debe tenerse presente utilizar productos con registro ICA y considerar los períodos de carencia (ICA, 2012).

Agalla del follaje

Trioza Perseae Tuthill
Trioza magnoliae (Ashmead)
 (Hemiptera: Psylloidea: Triozidae)

Descripción e importancia

El insecto adulto es de forma oval y aplanada, de color verde oscuro, con alas transparentes, patas cortas y robustas; es muy parecido a los pulgones; tiene una longitud de 2 a 5 mm, antenas relativamente largas y patas adaptadas para el salto (**Figura 71a**) (Hollis y Martín 1997; Pineda y Venegas, 2006).

Se localiza en las principales zonas aguacateras del país, aunque es de importancia sólo en árboles criollos. Su presencia en variedades mejoradas como "Hass" o "Fuerte" es casi nula

(Observaciones de J. Bernal). El huevo es muy pequeño, ovalado, de color amarillento y muy difícil de ver a simple vista. La ninfa mide de 0,3 a 0,5 mm de longitud; es de color anaranjado, de forma oval y aplanada; está provista de una orla de pelos o espinas en sus bordes y al salir del huevo, produce ciertas secreciones que, junto a la alteración de los tejidos, ocasionan una hipertrofia o "agalla", en las hojas (**Figura 71b**) y frutos (**Figura 71c**), donde permanece la ninfa hasta que se transforma en adulto (Hollis y Martín, 1997; Hoddle, 2008).



Figura 71. Agallas del follaje y frutos.
 a. Adulto sobre hoja.
 b. Agalla en hoja abierta artificialmente.
 c. Agallas que deforman los frutos.
 Fotos: J. Bernal

Estas agallas son inicialmente de color verde claro y luego van cambiando hasta tornarse pardo oscuro. Muchas veces se encuentran "agallas" de color verde en la base y rojo intenso en la punta. Estos insectos atacan los brotes y las hojas tiernas donde succionan la savia. Poblaciones altas causan un debilitamiento del árbol (Hoddle, 2008). Reportes de México indican que infestaciones severas de psylidos causan defoliaciones prematuras que reducen la producción (Ebeling 1950; Hernández *et al.*, 2000).

Condiciones favorables

Noseconocenlosfactorespredisponentes.

Síntomas

La planta atacada por este insecto sufre una gran debilidad a causa de las heridas y la pérdida de la savia de las hojas;



se nota un descenso en la producción y un mal aspecto del follaje. Además, las secreciones de las ninfas son muy tóxicas para el vegetal. En los tejidos destruidos alrededor de las agallas, fácilmente se desarrollan hongos parásitos. Si las agallas son abundantes se puede producir una rápida defoliación, muy perjudicial (Hernández *et al.*, 2000; Hoddle, 2008).

Manejo

El manejo más práctico y económico consiste en la poda e incineración de las hojas atacadas, antes de que se propague la plaga a través del insecto adulto. Se reporta que algunos depredadores generalistas pueden consumir adultos de psílidos, como larvas de crisopas, arañas y coccinélidos, los cuales son comunes en cultivos de aguacate (Hoddle, 2008). En caso de requerirse un tratamiento adicional, la aplicación de sulfato de nicotina o de Malathion (Malathion 57%) en dosis de 2 a 4 cc/l para el manejo de adultos puede ser útil, bajo la supervisión de un Ingeniero Agrónomo.

Áfidos o Pulgones

Myzus persicae (Sulzer)
Hemiptera: Aphididae

Los áfidos o pulgones son insectos pequeños que miden entre 0,5 a 6,0 mm de longitud. Tienen forma globosa. Hay individuos sin alas y otros con cuatro alas transparentes y membranosas. *Myzus persicae* es de color verde claro (Figura 72) (Bustillo y Sánchez, 1977)

Los áfidos son insectos chupadores de savia y se localizan preferentemente en las partes más jóvenes de la planta, donde viven en tal cantidad que las recubren completamente. Suelen producir daños graves, debido a la rapidez de su multiplicación, originando la invasión del árbol en poco tiempo (Bustillo y Sánchez, 1977).



Figura 72. Áfidos o pulgones en hoja de aguacate.

Foto: <http://www.bricopage.com/horticultura/plagas/pulgones.html>

Síntomas

Cuando la población de áfidos es grande, se manifiestan síntomas típicos en la planta, como deformaciones de los brotes y decoloraciones que ocasionan retraso en el desarrollo (Bustillo y Sánchez, 1977).

Condiciones favorables

Es común que los áfidos se incrementen durante períodos secos, cuando se presentan condiciones de clima con temperatura alta y humedad relativa baja. Los áfidos suelen estar asociados con las hormigas, las cuales se alimentan de las excreciones azucaradas producidas por ellos. Estas excreciones favorecen el desarrollo de la fumagina, un complejo de hongos que interfieren en el proceso de la fotosíntesis (Bustillo y Sánchez, 1977). Esta plaga se presenta comúnmente en viveros, donde ataca los puntos de crecimiento y causa atrofia y deformaciones que pueden ser riesgosas para mantener la calidad del injerto (Observación personal de M. Londoño).

Manejo

Generalmente, la población de áfidos es baja y por lo tanto no requiere manejo. Sin embargo, en épocas secas, cuando su población se incrementa y se inician deformaciones en las hojas o brotes, se deben tomar medidas correctivas. Las hormigas frecuentemente están asociadas con los pulgones y cuando éstos desaparecen, regularmente también

lo hacen las hormigas asociadas con ellos. Por consiguiente, los tratamientos deben estar orientados al manejo de los áfidos.

Pueden usarse soluciones jabonosas con base en nicotina o sulfato de nicotina. Insecticidas como Dimetoato Malathion, ó Imidacloprid pueden ser útiles para el manejo de una población persistente en veranos prolongados, siempre y cuando tengan registro ICA para su uso en aguacate y sean dosificados bajo la supervisión de un Ingeniero Agrónomo. Se deben tener en cuenta los períodos de carencia (ICA, 2012).

Insecto Pega-Pega o Insecto Candela

Platynota spp.

(Lepidoptera: Tortricidae)

Descripción e importancia

El adulto de esta plaga es una polilla de color café claro muy difícil de encontrar. Las alas del adulto son amplias; las delanteras son cuadradas y truncadas. Cuando está en reposo, el contorno de las alas semeja una campana. Los palpos labiales, la probóscide y las antenas, son visibles y bastante largos en proporción al tamaño de la mariposa. La envergadura alar es de más de 1,25 cm, dependiendo de la especie (Suárez *et al.*, 1992; <http://www.bayercropscience.com.pe/web/index.aspx?articulo=308>).

Los huevos son colocados en masas de cinco o más, sobre la superficie de las hojas, en capas superpuestas. La larva es de color verde claro y alcanza hasta 2 cm de longitud (Figura 73). Desde los primeros estadios, el insecto pega las hojas con sus hilos de seda, haciendo con ellas un refugio para su alimentación. Raspa la epidermis inferior de las hojas y produce una desecación. En ocasiones, pega las



Figura 73. Larva del pega-pega hojas en aguacate (*Platynota* sp.)

Foto: J. Bernal

hojas hacia los frutos tiernos y se alimenta de la base de ellos; puede causar pudrición de fruto. En este paquete completa su desarrollo, incluyendo la pupa (Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica, 1991; <http://www.bayercropscience.com.pe/web/index.aspx?articulo=308>).

Síntomas

El daño de estos insectos es característico, ya que las larvas pegan una hoja joven con otra (Figura 74a), las cuales se van secando (Figura 74b). Eventualmente hacen paquetes más grandes enrollando de dos a siete hojas, las cuales pegan por sus bordes con hilos de seda que secretan (Figura 74c) (Metcalf y Flint, 1978; Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica, 1991).



Figura 74. Descripción del daño por el pega-pega en aguacate.

a. Hojas jóvenes pegadas.

b. Secamiento posterior de las hojas afectadas.

c. Paquete de hojas pegadas con hilos de seda.

Fotos: J. Bernal



La población de esta plaga puede ser tan alta, que puede fácilmente secar varias hojas de un árbol, dando el aspecto de haber sido quemado; de allí el nombre común de insecto candela. Cuando se abre un paquete de hojas, las larvas brincan en forma brusca y caen al suelo.

Otro insecto con el mismo hábito es *Jocara subcurvalis* (Schaus) (Lepidoptera: Pyralidae), conocido como “Tejedor del aguacate”, el cual se distingue porque sus larvas son de color verde oscuro a café. Se localizan dentro de paquetes de hojas que tejen con hilos de seda fuertes, difíciles de despegar. El follaje atacado se seca; las larvas esqueletizan las hojas del interior del paquete (**Figura 75**) (Saldarriaga *et al.*, 1981; Natural History Museum, 1902).



Figura 75. Paquete del gusano tejedor del aguacate (*Jocara subcurvalis*).

Foto: J. Bernal

Condiciones favorables

No se conocen las condiciones que favorecen su presencia en aguacate. En cítricos, se relaciona con el período inmediato siguiente a la floración (Nava *et al.*, 2006). Es más común en viveros; en árboles maduros es menos frecuente, quizás porque las prácticas de manejo contra otras plagas disminuye su población (Kerns *et al.*, sf). Suele verse con frecuencia en plantaciones mal tenidas, abandonadas o emboscadas.

Manejo

Para el manejo del insecto se recomienda recoger los paquetes, cuando todavía están pequeños y quemarlos. El control químico es difícil por la forma protegida como vive el insecto.

Quando se observen los primeros grupos de hojas pegadas, que corresponden a larvas pequeñas, se puede aplicar *Bacillus thuringiensis* (Dipel), en dosis de 3 a 4 g/l, o Malathion (Malathion 57%), en dosis de 2 a 4 cc/l (Saldarriaga *et al.*, 1981).

Gusano Canasta o Tabaquito del Aguacate

Oiketicus kirbyi Guilding

Oiketicus geyeri Berg.

(Lepidoptera: Psychidae)

Descripción e importancia

Los insectos machos son de color gris marrón; tienen alas y patas con escamas alargadas, semejantes a pelos y carecen de boca. La hembra no tiene alas y tanto las patas como la cabeza son muy rudimentarias; carecen de antenas y boca; permanecen siempre dentro de la canasta que fabrican en el estado larval. La canasta de la hembra es más grande que la del macho y ovipositan dentro de ella entre 500 y 1.500 huevos. Son insectos poco móviles. Las larvas pequeñas inician su alimentación y construcción de la estructura en la cual viven y se desarrollan (Saldarriaga *et al.*, 1981). Su ataque inicial no es muy notorio, por lo poco visibles que son sus larvas; sin embargo, cuando ellas crecen, pueden causar defoliaciones completas, afectando el desarrollo y la producción de frutos (Londoño *et al.*, 1999).

Síntomas

El daño de este insecto, se distingue por la defoliación severa de los cogollos, la cual está acompañada de la presencia de canastas alargadas en forma de tabaco, elaboradas por las larvas con trozos de hojas y filamentos sedosos (**Figura 76**), en el caso de *O. kirbyi* ó de palitos y filamentos sedosos, en el caso de *O. geyeri* (Londoño *et al.*, 1999).



Figura 76. Gusano canasta.

Foto: O. Hincapié

Las larvas del insecto viven en el interior de estas estructuras, que cuelgan de los cogollos del árbol. Es un gran comedor de hojas y sus daños son bastante notorios (Londoño *et al.*, 1999).

Condiciones favorables

En estudios realizados en México se pudo constatar que esta plaga se encuentra con mayor frecuencia en climas templados; mientras que en condiciones más frescas de zonas altas, su presencia es esporádica (Coria *et al.*, 2001).

Manejo

Es un insecto con excelente control biológico, que no requiere medidas

de control con productos químicos. Se recomienda la recolección manual de las canastas formadas por el insecto y su traslado a sitios de cría en la misma plantación, donde son colocadas en cajones con malla tupida, que permita la salida de los parasitoides, pero no de las polillas. Ante un crecimiento inusitado de la población de este insecto se puede aplicar *Bacillus thuringiensis* (Dipel), en dosis de 3 a 4 g/l (Londoño *et al.*, 1999).

Vaquitas del Follaje, Picudos del Follaje

Compsus sp.

Pandeteius viticollis Champion
(Coleoptera: Curculionidae)

Descripción e importancia

Estos picudos pertenecen a la familia Curculionidae, la cual comprende una cantidad considerable de especies atacando diversas especies frutícolas; tienen metamorfosis completa: huevo, larva, pupa y adulto. Los adultos de *Compsus* son de color blanco perla, los élitros son esculpidos y con líneas longitudinales de colores verde, azul o café iridiscentes (**Figura 77a**) (Sánchez, 2000; Zambrano *et al.*, 2000); los adultos de *Pandeteius* spp. son de color café claro, también con los élitros esculpidos y presentan el primer par de patas más desarrollado que los otros dos (**Figura 77b**). Ambas especies, presentan dimorfismo sexual, siendo el macho más pequeño que la hembra (Peñaloza y Díaz, 2004).

En *Compsus*, los huevos son oblongos y lisos; recién ovipositados son de color amarillo claro, tornándose blancos al final del período de incubación. Las larvas son vermiformes, con cabeza muy esclerotizada de color carmelita y mandíbulas grandes. Las pupas son del tipo exarata, de color crema, con ojos negros y de mayor tamaño en las



hembras (Cano, 2000). Se estima que el ciclo total de vida del picudo de los cítricos en zonas productoras de cítricos oscila entre 14,7 y 17,2 meses (Peñaloza y Díaz, 2004). En cultivos de aguacate de zonas cercanas a los cultivos de cítricos se presume que el ciclo de vida dure lo mismo; mientras que en cultivos de climas más fríos el ciclo puede tener mayor duración. Una característica muy particular de las vaquitas y picudos del follaje, es que están atacando el aguacate en todas las zonas productoras. Hasta el momento es poco lo que se conoce sobre sus ciclos de vida, de ahí la necesidad de investigar acerca de estos picudos. Su alta capacidad de reproducción y sus fuertes explosiones, hacen que la plaga se considere un grave peligro para el cultivo del aguacate (Hidalgo, 2013).

Síntomas

Estos curculionidos son una plaga a considerar, puesto que causan daño a las hojas, flores y frutos. En las hojas jóvenes producen cortes irregulares en las márgenes destruyendo gran parte de su área (**Figura 77c**) (Londoño, 2008); igualmente causan daño en el ovario, pétalos y frutos recién formados provocando su caída. En algunos casos, se encuentran daños de las raíces causados por las larvas. Este daño reviste mayor importancia, puesto que las heridas favorecen el ataque de patógenos, como hongos, bacterias y nemátodos.



Figura 77. a. Adulto de *Compsus* sp.
b. Adulto de *Pandeleteius* sp.
c. Daño en hojas por los picudos del follaje.

Fotos: J. Bernal

Compsus spp. se ha reportado atacando 22 especies agrícolas entre las que se destacan el aguacate, plátano, banano, mora, mango, café, frijol, yuca y guayaba, entre otras (Roa *et al.*, 2005).

Condiciones favorables

Los picudos se ven favorecidos cuando no se realizan las prácticas adecuadas del cultivo, tales como falta de podas sanitarias, poco o nulo control de malezas, distancias de siembra muy cortas, uso de empaques o canastillas sucias o con residuos de fruta, entre otros. En períodos secos prolongados, se observa la disminución de la plaga. Al inicio de las lluvias reaparece nuevamente. En cultivos de cítricos se ha evidenciado que existen dos temporadas de expansión poblacional de *Compsus*; la primera se inicia a principios de abril y se prolonga hasta julio, la cual está acompañada por fuertes y abundantes lluvias, así como humedad relativa alta y fotoperíodo prolongado. La segunda temporada se inicia en septiembre y se extiende hasta noviembre (Peñaloza y Díaz, 2004).

Manejo

El manejo de estos insectos es estrictamente preventivo, para lo cual se deben seguir las siguientes recomendaciones. Monitoreo constante de las explotaciones comerciales de aguacate, para detectar oportunamente su presencia. Adecuadas y oportunas prácticas culturales a los cultivos de aguacate, tales como fertilización, podas, destrucción de residuos, plateos, etc. Lavado y desinfección de las canastillas para el transporte de la fruta. Control permanente mediante la recolección manual de insectos adultos. Implementación de un control biológico, teniendo en cuenta que la plaga, en periodos secos definidos disminuye su población y al inicio de las lluvias reaparece nuevamente, momento en el cual es importante aplicar hongos

al follaje y al suelo, como *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*, los cuales atacan las larvas, pupas y adultos. En *Compsus* spp., se ha comprobado el control de larvas y adultos con los nemátodos de la familia Heterorhadtidae (Roa *et al.*, 2005; Orozco, 2011). Permitir la acción de los parasitoides de huevo mediante la utilización de prácticas de manejo de la plaga que sean amigables con el medio ambiente (Cano *et al.*, 2002). El control químico no es la solución, ni la alternativa tal como se ha comprobado en otros países que tienen problemas con otros picudos.

Hormiga Arriera, Hormiga Cortadora

Atta spp.
(Hymenoptera: Formicidae)

Descripción e importancia

Las hormigas arrieras poseen 3 castas diferentes: obreras, reinas y machos o zánganos. Las reinas son los individuos mayores de la colonia, miden 24 a 26 mm de largo. El tórax y especialmente el abdomen son muy abultados. La coloración es castaño oscuro. La cabeza y las mandíbulas están bien desarrolladas. En una cavidad especial, llamada cavidad infrabucal, conservan trocitos del hongo del que se alimenta. Las alas con venación muy simple son removidas por ellas mismas después del “vuelo nupcial” cortándose las con las mandíbulas o quebrándose las. Los machos o zánganos también son alados. La coloración es castaño clara. Las obreras son siempre ápteras. Se caracterizan por el gran tamaño de la cabeza en relación con el cuerpo (Figura 78a) (Solís, 2013).

Los huevos son de forma elíptica y color blanco, generalmente difíciles de ver en el jardín de hongos debido a la cobertura

de hojas que los cubre. Las larvas son de tipo vermiformes, eucéfalas, ápodas y sin ojos. Las pupas son exaratas, desnudas, que muestran claramente las partes del cuerpo del futuro adulto, de color blanco al principio que luego se torna café claro. La duración de las etapas puede mostrar variaciones de acuerdo con el tipo de sustrato fungoso en que se alimentaron larvas y adultos de las diferentes especies, así como al efecto de las condiciones ambientales, en especial la temperatura (Wheat, 1981).

La duración de las reinas es larga, puede llegar a los 20 años; la de los machos es relativamente corta de 1 a 4 meses, que luego del “vuelo nupcial” caen al suelo extenuados y mueren. Las obreras viven de 6 a 9 meses. Los huevos duran de 15 a 22 días; las larvas de 12 a 22 días, la prepupa tarda 5 días y las pupas de 10 a 21 días dependiendo de la especie y las condiciones climáticas (Solís, 2013).

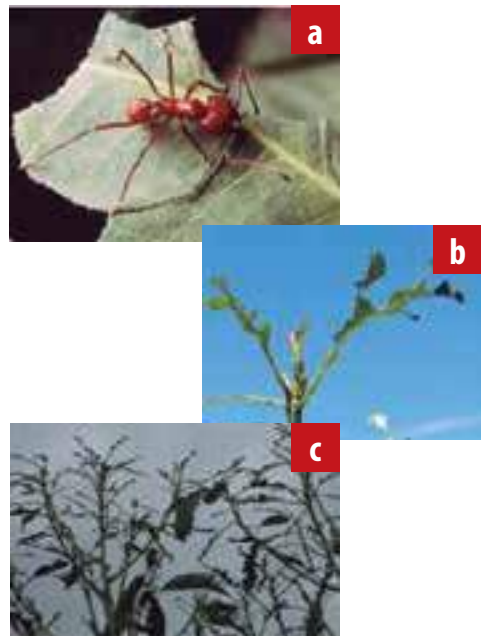


Figura 78. Hormiga arriera.
a. Obrera. b y c. Daño en el follaje.

Fotos: <http://www.naturaleza-asombrosa.info/2010/10/hormigas.html> - J. Bernal



Síntomas

Las hormigas recolectoras hacen cortes del follaje provocando la defoliación total o parcial del árbol (**Figuras 78b y 78c**). Las plantas que atacan las arrieras cubren un gran número de especies, no sólo de las cultivadas sino las arvenses, de árboles de sombrío y forestales (Solís, 2013).

Condiciones favorables

El “vuelo nupcial” de los machos y reinas tiene lugar antes del comienzo de la estación lluviosa. En algunas especies de *Atta* ocurre durante la noche. Luego del “vuelo nupcial” los zánganos caen al suelo y al poco tiempo mueren. Las reinas fertilizadas y ahora ápteras, excavan un canal medio vertical que termina en un ensanchamiento o cámara, allí procede a limpiarla muy bien, cierra el canal de entrada y posteriormente regurgita un trocito del hongo que conservaba en su cavidad infrabucal. Parece ser que cada especie de hormiga arriera cultiva una especie particular de hongo (Solís, 2013).

Manejo

Las hormigas arrieras son controladas por varios métodos, de los cuales los agricultores tradicionalmente han dependido exclusivamente del químico, con resultados poco satisfactorios, con consecuencias y riesgos indeseables. El método mecánico es el más eficiente si se aplica de manera oportuna y correcta; consiste en la localización y eliminación de la reina cuando el hormiguero tiene un solo conducto y una sola cámara, lo que ocurre hasta los tres meses después de que la reina ha iniciado la colonia, la cual presenta una profundidad no mayor a 20 centímetros. Los métodos culturales son labores que pretenden hacer las condiciones menos favorables para las hormigas o destruir sus colonias mediante labores que normalmente se realizan en los cultivos. Las más importantes labores

culturales son aradas y rastrilladas, que son labores de preparación del suelo para la siembra de los cultivos y que además aseguran la eliminación de los hormigueros iniciales que haya en el lote (ICA, 2012).

Un método cultural de manejo de las hormigas arrieras o cortadoras, consiste en poner una barrera física o química o la combinación de ambas, con el fin de impedir el daño que éstas causan (Jiménez, 2013). Una de ellas consiste en la colocación de un embudo o cono invertido el cual se ajusta al tallo principal de los árboles, especialmente en sus primeros estados de desarrollo (**Figura 79a**). Este aditamento se elabora con latón o un material sintético flexible que tenga una alta durabilidad en el campo y puede ir impregnado en su parte interna, con un pegante para insectos denominado Insectrap. Las hormigas suelen desorientarse al tener que subir a y bajar. Una segunda práctica es impregnar los tallos de los árboles con el pegante Insectrap, realizando un anillo de unos 10 a 15 cm de ancho, alrededor del tallo principal, con el fin de crear una barrera física que impida el paso del insecto.

Otro tipo de barrera consiste en la colocación de un anillo de espuma



Figura 79. Métodos físicos para el manejo de hormiga arriera.

a. Uso del cono invertido.

b. Uso de cinta aislante con espuma.

Fotos: J. Bernal

Existen programas de control biológico aplicado contra hormigas cortadoras. Los factores de mortalidad más sobresalientes que diezman las poblaciones de hormigas son los depredadores, entre los cuales los más importantes son: insectos, como moscas, hormigas, cucarrones y chinches; ácaros; aves, como cirirí, bichofué, pinches, cucaracheros, golondrinas, comehormigas, abejero escarlata, etc.; mamíferos, como el armadillo y el oso hormiguero y otros, como arañas, escorpiones, lagartos, ranas y sapos (Armbrecht, 1998).

Muy pocas reinas de las que salen en vuelo nupcial logran éxito en el establecimiento de una nueva colonia; los momentos en los cuales ocurre mayor prelación, se presentan durante el vuelo nupcial, la excavación del nuevo hormiguero, la instalación y la fijación del nuevo nido (Armbrecht, 1998). Además, de los factores anteriores, se han venido adelantando investigaciones con varias especies de hongos que matan las hormigas y sus crías; los más importantes son *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana*, pero hasta el momento no se tienen resultados que permitan su recomendación como insumos eficientes de control (Lemus *et al.*, 2008).

El método químico consiste en el uso de diferentes tipos de productos químicos con el objeto de matar el mayor número posible de hormigas, aunque siempre el blanco a atacar debe ser la reina, ya que muerta ésta, la colonia empieza a debilitarse y se acaba en pocas semanas. Los productos actualmente disponibles para el control de hormigas cortadoras o arrieras son: Carbaryl (Kevin 80), Acefato (Orthene 3% DP), Foxim (Volaron DP.), Clorpirifos (Lorsban 2.5 P.E., Lorsban 4E, Attamix SB), Pirifos-Metil (Arrierafin) y Fipronil (Cazador 80 WG), entre otros. Para el control de las hormigas arrieras es necesario detectar los nidos y proceder a su control mediante diferentes técnicas,

como la aplicación de formicidas en polvo, de concentrados emulsionables, de formicidas líquidos, de líquidos gasificables, de sólidos gasificables (pastillas), de cebos granulados, de formicidas nebulizados y de termonebulización. La técnica de aplicación de formicidas en polvo, es la más común y utilizada para el control químico de la arriera y consiste en introducir un producto químico en el hormiguero. Para la aplicación eficiente de formicidas en polvo, se debe usar un inyector conocido con el nombre de insufladora (Figura 80a), la cual está dotada de un tubo flexible que es introducido en los canales del hormiguero (Figura 80b).

Otra forma de aplicación puede ser mediante el uso de una bomba de espalda, a la cual se le retira la boquilla y el rotor. La lanza sin boquilla se introduce en el canal y luego se abre la llave de paso hasta aplicar la dosis recomendada. Los productos fumigantes podrían ser los más indicados para el control de hormigas cortadoras si no fuera por su alto costo y la alta peligrosidad para quien los manipula o aplica, la cual exige una buena capacitación técnica de los aplicadores. Cada punto de aplicación debe cubrir como máximo 5 m² de hormiguero (Jiménez, 2013).



Figura 80. a. Insufladora. b. Forma de uso en el hormiguero. Fotos: <http://www.abbarraquillaverde.com/productos/3/>



El uso de cebos granulados con Clorpirifos (Attamix SB), ha mostrado ser uno de los mejores métodos de control de hormigas cortadoras. Los cebos granulados son formulaciones relativamente seguras si se manejan con las precauciones recomendadas por técnicos y fabricantes (Jiménez, 2013).

En conclusión, una propuesta sobre manejo integrado de hormigas cortadoras o arrieras sería: localizar y vigilar los arrierales viejos de la finca; vigilar los arrierales en el inicio del invierno; capturar hormigas aladas para el consumo humano o animal; detectar los nuevos hormigueros (montículos de tierra) y apertura con herramientas manuales; proteger las aves; dejar bosque en las orillas de quebradas y ríos; respetar los bosques naturales en las cabeceras de los cerros o cordilleras; permitir que el rastrojo invada suelos pendientes y escarpados; colocar alimento para las aves en zonas aledañas a las construcciones (secaderos de café, corrales, alares,

cercas, etc.); establecer cultivos asociados (policultivos), con buena preparación del suelo; vigilar los arrierales lejanos, que “viajan” hasta los cultivos por encima del rastrojo; programar la aplicación de cebos tóxicos; programar la aplicación de cal con insufladota, bandas pegajosas en los tallos de los árboles y uso de lana de fibra de vidrio; programar la aplicación de insecticidas mediante insufladora, en caso necesario, preferiblemente antes de los periodos del vuelo nupcial; evaluar el trabajo mediante reuniones de campesinos; programar las campañas de control en forma comunitaria, con el fin de realizar “barridos” veredales; este trabajo organizado a través de las juntas de acción comunal tendrá la posibilidad de recibir el apoyo y la colaboración de las UMATA y de las administraciones municipales. En casos en los cuales los nidos resultan muy grandes, de varios años de establecidos, se utilizan máquinas termonebulizadoras que garanticen un cubrimiento completo del hormiguero (Jiménez, 2013).

Consideraciones generales sobre el uso de insecticidas

“El uso de insecticidas debe realizarse con cautela. Según el manual del Uso Adecuado y Eficaz de Productos para la Protección de Cultivos publicado por el Convenio SENA-ANDI (2004), el uso de plaguicidas es un método que, por su alta eficacia y facilidad de uso, en ocasiones genera abuso y dependencia en su utilización. Para su uso racional deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos: (1) Correcto diagnóstico del problema y evaluación del nivel de infestación o daño; (2) Selección del producto adecuado; (3) Dosificación correcta; (4) Aplicación en el momento oportuno; (5) Buena aplicación, lo cual incluye entre otros, calibración del equipo, distribución uniforme, y cobertura adecuada; esto se consigue mediante el uso de equipos y boquillas apropiadas, aplicadores conscientes, capacitados para tal fin y utilización de volúmenes de agua pequeños; (6) Manejo de la resistencia, referida a la adopción de un esquema de rotación de productos de diferentes mecanismos de acción para prevenir el desarrollo de resistencia; (7) Normas de seguridad para evitar daños a los usuarios, consumidores y medio ambiente; (8) Las etiquetas de los plaguicidas contienen instrucciones precisas para su uso seguro y eficaz que son el resultado de largos años de investigaciones cuidadosas y que deben tenerse en cuenta” (Convenio SENA-ANDI, 2004).

VI. ENFERMEDADES Y DESÓRDENES ABIÓTICOS





VI. ENFERMADES Y DESÓRDENES ABIÓTICOS

Pablo J. Tamayo M.¹

Introducción

Las actividades de diagnóstico e inspección a cultivos comerciales de aguacate (*Persea americana* Mill.), realizados por la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica, han permitido obtener un inventario de los principales limitantes fitopatológicos de este frutal en Colombia. Este capítulo describe e ilustra los síntomas de las enfermedades y desórdenes abióticos del cultivo de aguacate y ofrece las actuales medidas de prevención y manejo integrado de las mismas.

Entre las enfermedades de mayor importancia, por su frecuencia y severidad en cultivos de aguacate, se destacan: La pudrición de raíces, causada por el hongo *Phytophthora cinnamomi* var. *cinnamomi* y la marchitez por *Verticillium* sp., las cuales normalmente ameritan decisiones de manejo. Son muy frecuentes e importantes, por su difícil manejo las afecciones por *Armillaria mellea* y *Rosellinia* sp. en cultivos de aguacate establecidos en zonas de clima medio y frío moderado. Los hongos causantes de la roña (*Sphaceloma perseae*), la antracnosis del fruto (*Glomerella cingulata* (*Anamorfo colletotrichum gloeosporioides*), la mancha angular de la hoja y la mancha negra del fruto por *Pseudocercospora purpurea*

(*Cercospora purpurea*), causan pérdidas importantes en el campo y en la poscosecha, al deteriorar la calidad de la fruta. Otros patógenos que afectan frutos en poscosecha, como *Rhizopus stolonifer*, *Lasiodiplodia theobromae* (*Botryodiplodia theobromae*) y *Dothiorella* sp., son de reciente aparición e importancia en cultivos de aguacate en Colombia. Otras enfermedades, como la muerte descendente de ramas, brotes y pudrición de injertos por *C. gloeosporioides*, *L. theobromae* y la pudrición de raíces por *Cylindrocladium* sp., adquieren cada vez mayor importancia en viveros, almácigos y campo.

El secamiento de ramas y la mancha foliar por *Pestalotia* sp., la mancha foliar por *Helminthosporium* sp. y la mancha algácea por *Cephaleuros virescens*, no son importantes en condiciones de campo. Por otra parte, las fumaginas (*Capnodium* sp., *Asteridiella perseae*, *Calothyriolum aphiahynum*, *Lembosia perseae*, *Meliola antioquiensis*) generalmente están asociados a insectos chupadores y son de fácil manejo. Los daños por los hongos *Fusarium* sp., *Rhizoctonia* sp., y los nemátodos *Helicotylenchus* sp., *Rotylenchulus* sp. y *Pratylenchus* sp., parecen cobrar importancia por su reciente detección en

¹ I.A. M.Sc. en Fitopatología. Investigador Máster. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica, C.I. La Selva. Rionegro, Antioquia, Colombia. Correo electrónico: ptamayo@corpoica.org.co

viveros y almácigos, causando retraso en el desarrollo de plantas. En la actualidad se recurre a prácticas de manejo químico, cultural y biológico, para contrarrestar la presencia de algunas de las enfermedades mencionadas.

Pudrición de raíces, phytophthora, marchitez

Phytophthora cinnamomi var. *cinnamomi* Rands.

Phytophthora citricola Sawada.

Phytophthora heveae Thompson

Phytophthora de Bary

Importancia y distribución

La pudrición de raíces, causada por *Phytophthora cinnamomi* var. *cinnamomi* (= *Phytophthora cinnamomi*), es la enfermedad más importante del aguacate en todas las zonas productoras de este frutal en el mundo (Zentmyer, 1980; Erwin *et al.*, 1983; Erwin y Ribeiro, 1996; Coffey, 1987) y en Colombia (Cordova y Barriga, 1968; Navarro, 1987; Mejía, 1999; Saltarén *et al.*, 1998a). Son varias las especies de *Phytophthora* (*P. cinnamomi*, *P. citricola*, *P. cactorum*, *P. parasitica*, *P. palmivora*, *P. heveae*), que afectan al aguacate en diferentes regiones del mundo (Zentmyer y Jefferson 1973; Zentmyer *et al.*, 1976; Zentmyer, 1980; Erwin *et al.*, 1983; Oudemans y Coffey 1987; Coffey, 1987; Ploetz *et al.*, 1994; Erwin y Ribeiro, 1996; Pérez, 2008; Ramírez, 2013). Algunas de ellas causan chancros o pudriciones del tallo (Zentmyer, 1980; Ploetz *et al.*, 1994; Erwin y Ribeiro, 1996).

P. citricola es un patógeno poco conocido en Colombia y el mundo, donde su presencia ha sido regularmente confundida con *P. cinnamomi*; en estudios recientes en un muestreo realizado en la región del Altiplano Norte de Antioquia,

se encontró un 5.3% de las plantas muestreadas con sintomatología típica de marchitez, mientras que *P. heveae*, se encontró en el 2.7% (Ramírez, 2013).

En condiciones de campo se han observado síntomas similares a los que inducen otras especies de *Phytophthora* (Ploetz *et al.*, 1994; Mejía, 1999); sin embargo, su etiología y causalidad no ha sido plenamente establecida. Se pudo establecer que el hongo *P. cinnamomi* provoca pérdidas que oscilan entre un 30 y un 50% de los árboles en la etapa de vivero y durante los dos primeros años de establecimiento del cultivo. La pudrición de raíces por *P. cinnamomi* se presentó en cultivos de aguacate ubicados en los departamentos de Antioquia, Caldas, Quindío, Risaralda y Valle del Cauca y ya había sido detectada además de los anteriores, en los departamentos de César y Tolima (Cordova y Barriga, 1968; Ríos-Castaño - Castaño *et al.*, 1976; Castaño, 1978; Navarro, 1987; Mejía, 1999; Saltaren *et al.*, 1998a; Tamayo, 2005). Es de destacar que una afección por una especie no identificada de *Phytophthora* sp., que afecta pedúnculos y frutos de aguacate, ha sido observada en el departamento de Caldas (Salazar y Toro, 1993).

Síntomas

La pudrición de raíces del aguacate se presenta desde la etapa de vivero en los almácigos (Erwin *et al.*, 1983; Ploetz *et al.*, 1994; Mejía, 1999; Saltarén *et al.*, 1998a; Lozano, 2004). Los arbolitos afectados en la etapa de almácigo, pueden llegar a morir prematuramente antes que se produzca el prendimiento del injerto, debido a la necrosis del cuello del patrón (**Figura 1a**). En otras ocasiones, los arbolitos exhiben escaso crecimiento, reducido desarrollo foliar y amarillamiento generalizado de hojas (Ploetz *et al.*, 1994) (**Figura 1b**). A medida que la infección progresa, se presenta la necrosis de la parte basal del tallo del patrón (**Figura 1c**).



Figura 1. Síntomas de la marchitez por *Phytophthora* sp. en plántulas de aguacate en etapa de vivero.

- a. Muerte prematura.
- b. Reducción del desarrollo foliar y amarillamiento.
- c. Necrosis en el cuello de la planta.

Fotos: P. Tamayo

Los arbolitos se marchitan (**Figura 2a**), pierden las hojas y se inicia una muerte ascendente del patrón y descendente de la copa (**Figura 2b**). Al examinar las raíces secundarias, estas presentan necrosis parcial (**Figura 3c**) (Tamayo, 2005).



Figura 2. Síntomas de la marchitez por *Phytophthora* sp. en plántulas de aguacate en etapa de vivero.

- a. Marchitez.
- b. Pérdida de hojas y muerte de la copa.
- c. Necrosis parcial de raíces.

Fotos: P. Tamayo

En condiciones de campo, la enfermedad se presenta en focos, en las zonas más húmedas (Mejía, 1999; Ramírez, 2013). Los árboles afectados detienen su crecimiento (**Figura 3a**), las hojas son de tamaño reducido, pierden su color verde normal y son de apariencia pálida (Cordova y Barriga, 1968; Ploetz *et al.*, 1994) (**Figura 3b**). Con el transcurrir del tiempo, se presenta un amarillamiento leve pero generalizado del árbol (**Figuras 3c y 3d**), acompañado o

no de rebrotes y floraciones excesivas a destiempo (Cordova y Barriga, 1968; Ríos-Castaño *et al.*, 1976; Ploetz *et al.*, 1994; Mejía, 1999; Ramírez, 2013).

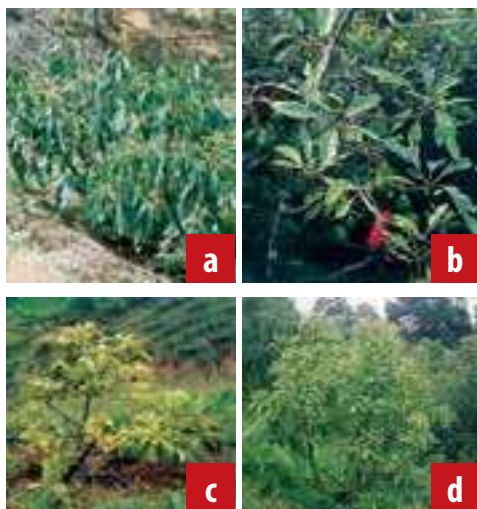


Figura 3. Síntomas de la marchitez por *Phytophthora* sp. en árboles de aguacate en campo.

- a. Detención del crecimiento.
- b. Reducción en el tamaño y color de las hojas (palidez).
- c. Amarillamiento generalizado.

Fotos: P. Tamayo

En ocasiones, los árboles presentan nuevos brotes, pero son de menor vigor y tamaño y cuando hay frutos, son numerosos y pequeños. A medida que el vigor del árbol es menor, se observa marchitez leve pero progresiva del árbol (**Figura 4a**), aún en condiciones de adecuada humedad, debido a la pudrición de las raíces absorbentes, disminuyendo la toma de agua y nutrientes. Después las ramas laterales muestran un secamiento descendente y las hojas se secan (Mejía, 1999) (**Figura 4b**).

Luego se presenta el secamiento generalizado de las hojas, que permanecen adheridas al árbol por algún tiempo (**Figura 5a**), con posterior caída gradual de las mismas, hasta que finalmente el árbol sufre un paloteo generalizado y se seca (**Figura 5b**). Al observar las raíces

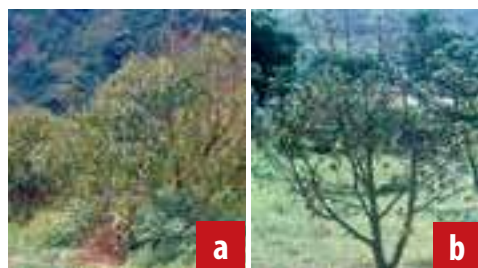


Figura 4. Síntomas de la marchitez por *Phytophthora* sp. en árboles de aguacate en campo.

a. Marchitez progresiva.

b. Secamiento descendente de ramas y hojas.

Fotos: P. Tamayo; J. Bernal



Figura 5. Síntomas de la marchitez por *Phytophthora* sp. en árboles de aguacate en campo.

a. Secamiento generalizado de hojas.

b. Muerte del árbol.

Fotos: P. Tamayo; J. Bernal

secundarias o absorbentes de los árboles enfermos, éstas manifiestan una necrosis o muerte de color oscuro (Mejía, 1999).

Según Ramírez (2013), *P. citricola* se asocia con árboles adultos con vigor reducido, debilitamiento progresivo, clorosis (Figura 6a), caída prematura de hojas, floración excesiva, muerte de ramas y muerte de los árboles. Las raíces principales presentan pudrición con tonalidad anaranjada o café rojizo; en la base del tallo se observan lesiones profundas tipo cáncer (Figura 6b).

Por otra parte, Ramírez (2013) sostiene que los árboles afectados por *P. heveae*, presentan retraso en el crecimiento, amarillamiento foliar (Figura 7a) y muerte del árbol en estados avanzados; la base

del tallo presenta fisuras y exudación, con lesiones generalmente externas, en ocasiones extendidas al interior del xilema; al realizar cortes transversales en la corteza se observan coloraciones rojizo-castaño (Figura 7b).



Figura 6. Árboles de aguacate en campo, afectados por *Phytophthora citricola*.

a. Vigor reducido, debilitamiento progresivo y clorosis de los árboles.

b. Lesiones profundas en la base del tallo (cáncer).

Fotos: G. Ramírez



Figura 7. Árboles de aguacate en campo, afectados por *Phytophthora heveae*.

a. Retraso en el crecimiento y amarillamiento foliar.

b. Lesiones de color rojizo-castaño en la base del tallo.

Fotos: G. Ramírez



El hongo puede atacar la base del tallo (**Figura 8a**) y colonizarlo totalmente, produciendo marchitez, secamiento y muerte repentina del árbol (**Figura 8b**) (Ploetz *et al.*, 1994). En otras ocasiones, se observan lesiones o chancros de color café en la base del tallo en la unión del patrón y la copa (**Figura 8c**), presumiblemente causados por otras especies de *Phytophthora*, en cuyo caso, se presenta amarillamiento parcial, secamiento, paloteo y caída de hojas en una parte del árbol (Ploetz *et al.*, 1994; Mejía, 1999).



Figura 8. a. Colonización en la base del tallo.
b. Marchitez, secamiento y muerte del árbol por *Phytophthora* sp
c. Producción de chancros en la base del árbol, causados presumiblemente, por otras especies del hongo.

Fotos: P. Tamayo

Manejo genético

Se ha encontrado resistencia moderada o tolerancia al hongo *P. cinnamomi* en las variedades Duke 6, Duke 7 y Thomas (Zentmyer, 1980; Erwin and Ribeiro, 1996), sin embargo, estos patrones no se utilizan comercialmente en Colombia.

Manejo cultural

Cuando no se dispone de infraestructura para la producción de patrones e injertos, se deben comprar plantas de aguacate procedentes de viveros registrados ante el ICA y de reconocida sanidad. El ataque del hongo es favorecido por el exceso de humedad, por lo cual, el riego moderado en los semilleros y almácigos, es de crucial importancia para evitar la pudrición de raíces y muerte del árbol en esta etapa de desarrollo. El manejo preventivo de la enfermedad, se debe iniciar en la etapa de semillero y almácigo, mediante la producción de plántulas de aguacate sanas.

En el semillero, para el proceso de germinación, se deben usar sustratos inertes, como arena lavada o material absorbente, como oasis (**Figura 9**), el cual consiste en una espuma fenólica de célula abierta que absorbe rápidamente el agua y el cual retiene más de 40 veces su peso en agua. Ya en el almácigo, emplear una proporción de suelo y arena que propicie un buen drenaje. El suelo que va a ser empleado en los almácigos,





Figura 9. Utilización de sustrato inerte (oasis), en semilleros de aguacate.

Foto: J. Bernal

debe ser sometido a un tratamiento de solarización húmeda durante 45 a 60 días (Ver Capítulo I, Desinfección del sustrato). Una vez germinada la semilla y se vaya a realizar la siembra en la bolsa del almácigo, se recomienda mantener un moderado suministro de agua y la aplicación periódica de micorrizas (Micorrizafer) (10 g/bolsa) y productos a base del hongo *Trichoderma* sp. (Agroguard) (0,5 g/l), al suelo de la bolsa.

Para la siembra definitiva en condiciones de campo, se deben seleccionar lotes con textura franca y con buen drenaje, para disminuir los riesgos de ataque del patógeno (Mejía, 1999; Ramírez, 2013). Las labores de desyerba en la zona de plateo de las plantas, se deben realizar a mano o con guadaña, evitando causar heridas al tallo y a las raíces. Dado que el exceso de humedad es un factor predisponente al ataque por el hongo, los árboles se deben ubicar en terrenos no encharcables, tratando de sembrar en balcones o montículos (Figura 10), para evitar la acumulación de agua en las raíces y la humedad excesiva junto al tallo (Mejía, 1999). Las aplicaciones de materia orgánica en forma de gallinaza, equinaza o bovinaza (4 a 5 kg/árbol), favorecen el desarrollo y establecimiento de hongos y

bacterias, que son enemigos naturales del hongo *P. cinnamomi* (Ploetz *et al.*, 1994; Ramírez, 2013) Cuando un árbol muere por la enfermedad, este se debe erradicar (incluyendo raíces) inmediatamente, quemar (Figura 11) y sacar del campo cultivado, para evitar que se convierta en foco de infección, ya que el hongo se disemina fácilmente en el suelo, adherido a herramientas, botas de trabajo y en el agua de escorrentía.



Figura 10. Siembra de plantas de aguacate en montículo para evitar encharcamientos.

Foto: J. Bernal



Figura 11. Erradicación de árboles afectados por *Phytophthora* sp. en campo.

Foto: P. Tamayo



El lugar donde se erradicó el árbol, debe ser aislado o encerrado para evitar el paso de operarios, que puedan diseminar la enfermedad a otros lotes de la finca. Posteriormente, se debe espolvorear cal (2 a 4 kg) en el sitio afectado (**Figura 12**) en árboles vecinos y realizar un tratamiento de solarización húmeda durante 45 a 60 días (Ver Capítulo I, Desinfección del sustrato), aplicando un producto a base del hongo *Trichoderma* sp. (Agroguard) (0,5 g/l) al suelo, después de la solarización para disminuir las probabilidades de diseminación del hongo (López-Herrera *et al.*, 1998).



Figura 12. Tratamiento con cal, en sitios donde se erradicaron árboles afectados por *Phytophthora* sp.

Foto: P. Tamayo

Manejo químico

Dado que el hongo puede infectar la semilla (pepa) de aguacate (Neergaard, 1977), ésta se debe tratar antes de llevarse al semillero con Hipoclorito de Calcio al 40% (1,5 cc/l) durante 15 minutos, con posterior inmersión durante igual período de tiempo, en un producto a base Carboxin+Captan (Vitavax 300) (2 a 6 g/l), a fin de prevenir posibles pudriciones o la manifestación del hongo en el semillero (Corrales *et al.*, 2000). Se recomienda realizar un tratamiento del suelo que va a ser empleado para llenar las bolsas de los almácigos, con productos a base de Dazomet (Basamid GR) (40 a 50 g/m²) durante 15 días, dejando airear el

suelo por igual período de tiempo, para proceder a sembrar. Teniendo en cuenta que el hongo se transmite en la semilla, ésta se debe tratar antes de la siembra en el almácigo, mediante su inmersión en una mezcla de fungicidas a base de Metalaxil+Mancozeb (Ridomil Gold MZ 68 WP) (3,75 g/l) o Fosetil Aluminio (Aliette 80 WP) (2,5 a 3 g/l), (Fosetal 80 WP) (1,5 g/l) (Ramírez, 2013) y Captan (Captan 50 WP) (Orthocide 50%) (2 a 3 g/l). Durante la etapa de almácigo se deben hacer de una a dos aplicaciones periódicas de la mezcla de los fungicidas mencionados, al suelo de la bolsa. Al momento del trasplante a sitio definitivo, es recomendable sumergir los árboles en la mezcla de los fungicidas, para prevenir ataques tempranos del patógeno en el campo. A la entrada a los lotes, se deben acondicionar sitios con recipientes que contengan productos a base de Carbonato de Calcio+Azufre (Caldo Bordelés), Hipoclorito de Sodio (Límpido) o Yodo Agrícola (Agrodyne SL), para la desinfección de botas (**Figura 13**) y así disminuir los riesgos de ingreso de la enfermedad procedente de otros campos o explotaciones agrícolas. El ingreso a lotes donde se sospeche de la presencia o se esté realizando tratamiento de árboles con síntomas iniciales de la enfermedad, debe restringirse al máximo.



Figura 13. Acondicionamiento de recipientes de desinfección en la entrada de los lotes de aguacate, para disminuir los riesgos de contaminación por *Phytophthora* sp.

Foto: P. Tamayo

Cuando en plantaciones establecidas se detecten los primeros síntomas de la enfermedad, se debe recurrir a la aplicación, previa erradicación de malezas, de fungicidas a base Metalaxil+Mancozeb (Ridomil Gold MZ 68 WP) (3,75 g/l) o Fosetil Aluminio (Aliette 80 WP) (2,5 a 3 g/l)(Fosetal 80 WP) (1,5 g/l), procurando cubrir y emparar toda el área de la raíz. Adicionalmente, se pueden realizar aspersiones foliares de fungicidas a base de Fosetil Aluminio (Aliette 80 WP) (2,5 a 3 g/l) (Fosetal 80 WP)(1,5 g/l), fertilizantes ricos en fósforo y potasio (Codafol 0-30-20)(3 cc/l) e inyecciones al tronco del patrón y la copa (Figura 14), de un producto a base de ácido fosforoso, ácido fosfónico, fosfitos o fosfonatos (Fosfito Mono/ Dibásico de Potasio) (Sephit K 30-20) (10 a 20 cc/l) (Manvert Fosika) (10 a 20 cc/l) (Nutriphite P+K) (10 cc/litro/m² de área de raíz) (Agrifos 400 SL) (5 cc/5 cc de agua). (Ramírez, 2013).



Figura 14. Inyecciones al tronco del patrón y la copa, con un producto a base de ácido fosforoso, ácido fosfónico, fosfitos o fosfonatos, para el control de *Phytophthora* sp.

Fotos: J. Bernal

Árboles tratados mediante inyección, experimentan una leve recuperación del ataque del hongo, 15 a 20 días después del tratamiento (Figura 15a) y una recuperación total con nuevo crecimiento (Figura 15b), 30 a 45 días después de realizada la práctica.

Luego de la erradicación de árboles enfermos, se deben reducir las posibilidades de diseminación del hongo,



Figura 15. Recuperación de árboles tratados para el control de *Phytophthora* sp.

a. Recuperación parcial (15 a 20 días después del tratamiento).

b. Recuperación total (30 a 45 días después del tratamiento).

Fotos: P. Tamayo

tratando el lugar donde se erradicó el árbol enfermo, mediante la aplicación de un fungicida a base de Metalaxil+Mancozeb (Ridomil Gold MZ 68 WP) (3,75 g/l). Cuando se presentan los chancros en la base del tallo, los cuales pueden ser causados por otras especies de *Phytophthora*, se recomienda la realización de un raspado o cirugía de la parte afectada, hasta encontrar tejido sano, con posterior aplicación en la zona saneada de una pasta compuesta de una mezcla de fungicidas a base de Oxiclورو de Cobre (Oxiclor 35 WP), Fosetil Aluminio (Aliette 80 WP) (Fosetal 80 WP) y aceite quemado. Como medida preventiva, se recomienda pintar la base del tallo del árbol con una solución de un fungicida a base de Oxiclورو de Cobre (Oxiclor 35 WP).



Marchitez por *Cylindrocarpon*

Cylindrocarpon destructans (Zinss) Scholten (= *Ilyonectria*) (= *Neonectria*) (*macrodidyma*).

Importancia y distribución

Este patógeno ha sido descrito en Sudáfrica, Israel, España, Chile Italia y Australia, afectando plantas de aguacate en vivero, donde potencialmente puede causar grandes pérdidas económicas y regularmente es confundida con *P. cinnamomi* (Dann *et al.*, 2011, Vitale *et al.*, 2012, Besoain y Piontelli 1999, Zilberstein *et al.*, 2007). En un muestreo realizado en la región del Altiplano Norte de Antioquia se encontró que el 4% de las plantas de aguacate con síntomas de marchitez, 20 y 30 días después de su trasplante al campo, estaban afectadas por *C. destructans*, sin un patrón de distribución espacial definido (Ramírez y Morales, 2013).

Síntomas

Según Ramírez y Morales, (2013) las plantas enfermas presentan síntomas en las etapas iniciales, entre los 20 y 60 días después del trasplante al campo, caracterizados por amarillamiento generalizado, retraso en el crecimiento y flacidez de tejidos foliares (**Figura 16A**). Hacia el tercer mes se presenta defoliación, necrosis descendente, terminando con la muerte de la planta y necrosis radical (**Figura 16B**).

Estrategias de manejo:

No existe información sobre medidas de manejo de los daños por el hongo *C. destructans*.



Figura 16. Síntomas de la marchitez por *Cylindrocarpon destructans* en etapas iniciales
a. Amarillamiento generalizado, retraso en el crecimiento y flacidez de tejidos foliares.
b. Necrosis radical y muerte de la planta.

Fotos: G. Ramírez

Marchitez, *verticillium*

Verticillium Nees.

Importancia y distribución

La marchitez por *Verticillium* sp., es una enfermedad de creciente importancia en cultivos de aguacate en Colombia, que frecuentemente es confundida con la pudrición de raíces causada por *P. cinnamomi* var. *cinnamomi*. La marchitez por *Verticillium* sp. se ha encontrado en cultivos de aguacate en Colombia, en los departamentos de Antioquia, Caldas, Cundinamarca, Risaralda, Quindío y Valle del Cauca (Mejía, 1999; Tamayo, 2005).

Síntomas

Los árboles afectados por *Verticillium* sp., detienen parcialmente su crecimiento. El hongo invade los tallos y ramas de un lado de la planta, produciendo marchitez

repentina, parcial o total de hojas (**Figura 17a**) (Ploetz *et al.*, 1994; Mejía, 1999). Las hojas de las ramas afectadas, toman una coloración café y permanecen adheridas al árbol por algún tiempo y luego caen, mientras que los frutos, se mantienen en el árbol (**Figuras 17b y 17c**). Posteriormente los frutos caen (**Figura 17d**) y se presenta un paloteo o muerte descendente de algunas ramas (**Figura 17e**) (Zentmyer, 1949; Ploetz *et al.*, 1994).

Al realizar un corte longitudinal de la rama, se observa una necrosis de color café claro (**Figura 18a**), que se extiende por un lado, a lo largo de la misma (**Figura 18b**) o puede abarcarla totalmente (**Figura 18c**) (Zentmyer, 1949; Ploetz *et al.*, 1994).

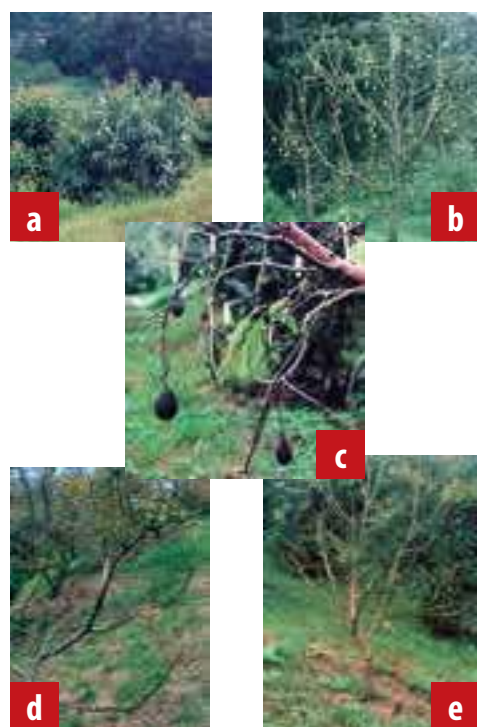


Figura 17. Síntomas de marchitez por *Verticillium sp.* en árboles de aguacate.

- a. Marchitez parcial o total de las hojas.
- b y c. Árbol afectado donde los frutos permanecen adheridos a éste.
- d. Caída de frutos.
- e. Muerte descendente de ramas.

Fotos: P. Tamayo

Manejo cultural

Se debe evitar el establecimiento de cultivos de aguacate en lotes que previamente hayan sido sembrados con cultivos susceptibles a este hongo, como son el tomate de mesa, la fresa, el lulo, la papa y la yuca.



Figura 18. Síntomas de marchitez por *Verticillium sp.* en ramas de aguacate.

- a. Necrosis de color café claro.
- b. Necrosis parcial (lateral y longitudinal) del tallo.
- c. Necrosis total del tallo.

Fotos: P. Tamayo

Dado que el exceso de humedad es un factor predisponente al ataque por el hongo, los árboles se deben ubicar en terrenos no encharcables o en su defecto realizar los drenajes necesarios, para disminuir la humedad en el suelo. El manejo cultural de la marchitez por *Verticillium sp.*, consiste en la poda de las ramas afectadas (**Figura 19**). Después de la poda, se debe aplicar pintura a base de aceite, con brocha, en la región podada. Cuando un árbol muere por esta enfermedad, se recomiendan las mismas prácticas de manejo cultural ofrecidas



Figura 19. Poda de ramas enfermas, en árboles afectados por *Verticillium* para el manejo cultural.

Foto: P. Tamayo

Manejo químico

Dado que el hongo que causa la marchitez por *Verticillium* sp., puede sobrevivir en el suelo en forma de clamidosporas (estructuras de resistencia) y diseminarse de la misma manera que la pudrición de raíces por *P. cinnamomi*, se deben realizar las mismas medidas de desinfección de suelo en almácigos y desinfección de botas a la entrada de lotes recomendadas para *P. cinnamomi*.

En condiciones de cultivo, el manejo químico de marchitez por *Verticillium* es posible si se realiza preventivamente o si se detectan árboles con síntomas iniciales de la enfermedad, mediante aplicaciones al follaje y tallos de fungicidas a base de Benomil (Benlate WP) (Bezil 50 WP) (1 g/l), Tiabendazol (Mertect 500 SC) (1 cc/l) o Metil Tiofanato (Topsin M 50 SC) (2 cc/). Cualquiera de estos fungicidas también se deben aplicar al suelo, previa erradicación de malezas, empapando la zona de raíces. Plantas así tratadas, se recuperan del daño por el hongo, dos meses después (Figura 20).

Armillaria, llaga radical

Armillaria mellea (Vahl: Fr.) Kumm.

Importancia y distribución

La llaga radical, causada por el hongo *A. mellea*, es una enfermedad frecuente en zonas de clima medio, en lotes con altos contenidos de materia orgánica y donde se ha sembrado café, cacao, ciprés, eucalipto, pino, guanábana, macadamia o manzano, ya que estos cultivos son muy susceptibles al hongo (Buriticá, 1995; 1999). La enfermedad se ha detectado en cultivos de aguacate ubicados en los departamentos de Caldas, Quindío y Risaralda, donde ya había sido observada por Mejía (1999).

Síntomas

Los árboles afectados por *A. mellea*, presentan marchitez y un leve amarillamiento foliar (Figura 21a) y muerte rápida del árbol, quedando las hojas adheridas al mismo (Ploetz *et al.*, 1994; Mejía, 1999). Al examinar la base del tallo y las raíces grandes, se observa un crecimiento micelial de color blanco (Figura 21b), en forma de abanico, que cubre las mismas (Mejía, 1999).



Figura 20. Recuperación de árboles afectados por *Verticillium* después del manejo químico.

Foto: P. Tamayo



Figura 21. Síntomas de marchitez en árboles afectados por *Armillaria mellea*.

a. Marchitez y amarillamiento foliar.

b. Crecimiento micelial del hongo en la base del tallo.

Fotos: P. Tamayo

Manejo cultural

En condiciones de campo, las labores de desyerba en la zona de plateo de las plantas, se deben realizar a mano o con guadaña, evitando causar heridas a las raíces. Cuando un árbol muere por la enfermedad, éste se debe erradicar (incluyendo las raíces) inmediatamente y sacar del campo cultivado, para evitar que sirva de foco de infección y debe ser quemado. Posteriormente se debe espolvorear cal (2 a 4 kg) en el sitio y en árboles vecinos y realizar un tratamiento de solarización húmeda durante 45 a 60 días (Ver Capítulo, Desinfección del sustrato), aplicando un producto a base del hongo *Trichoderma* sp. (Agroguard) (0,5 g/l) al suelo, después de la solarización, para disminuir las probabilidades de diseminación del hongo (López-Herrera *et al.*, 1998). Se debe evitar el establecimiento de cultivos de aguacate, en lotes que previamente hayan sido sembrados con cultivos susceptibles a este hongo, como café, cacao, ciprés, eucalipto, pino, guanábana, macadamia o manzano.

Manejo químico

No es posible la aplicación de productos químicos para detener el avance del

hongo en árboles con síntomas iniciales de la enfermedad, sin embargo, después de la erradicación de los árboles afectados, se recomienda la aplicación al sitio, de un producto a base de Formaldehído (Formol) al 4%, empapando el suelo.

Rosellinia, llaga radical

Rosellinia De Not.

Importancia y distribución

La llaga radical, causada por el hongo *Rosellinia* sp., es una enfermedad frecuente en zonas de clima medio y frío moderado, en lotes con altos contenidos de materia orgánica y donde se han sembrado cultivos muy susceptibles al hongo (café, cacao, cítricos, manzano, papa, zanahoria, guamo, entre otros) (Buriticá, 1995; 1999). La enfermedad se ha observado en cultivos de aguacate ubicados en los departamentos de Antioquia y Risaralda. La llaga radical por *Rosellinia* sp. ya había sido detectada en cultivos de aguacate en los departamentos de Caldas, Quindío y Risaralda (Mejía, 1999).

Síntomas

Los árboles afectados por *Rosellinia* sp. presentan síntomas muy similares a los causados por *A. mellea*, como: marchitez, amarillamiento foliar y muerte rápida del árbol, quedando las hojas adheridas al mismo (Mejía, 1999). Al examinar las raíces primarias, se observa un crecimiento micelial de color blanco, que cubre las mismas (Mejía, 1999).





Manejo cultural

En condiciones de campo, las labores de desyerba en la zona de plateo de los árboles, se deben realizar a mano o con guadaña, evitando causar heridas a las raíces. Si se detectan árboles, con síntomas iniciales de la enfermedad, se puede recurrir a la cirugía de las raíces afectadas y su exposición directa a la radiación solar. Se aconseja hacer zanjas profundas alrededor de los árboles afectados. Cuando un árbol muere por la enfermedad, éste se debe erradicar (incluyendo las raíces) inmediatamente y sacar del campo cultivado para evitar que se convierta en foco de infección y debe ser quemado. Posteriormente se debe espolvorear cal (2 a 4 kg) en el sitio y en árboles vecinos y realizar un tratamiento de solarización húmeda durante 45 a 60 días (Ver Capítulo I, Desinfección del sustrato), aplicando un producto a base del hongo *Trichoderma* sp. (Agroguard) (0,5 g/l) al suelo, después de la solarización, para disminuir las probabilidades de diseminación del hongo (López-Herrera *et al.*, 1998). Se debe evitar el establecimiento de cultivos de aguacate en lotes que previamente hayan sido sembrados con cultivos susceptibles a este hongo, como: café, cacao, cítricos, manzano, papa, zanahoria o guamo.

Manejo químico

El manejo químico de la llaga radical por *Rosellinia* sp. es posible si se realiza preventivamente o si se detectan árboles con síntomas iniciales de la enfermedad, mediante aplicaciones de fungicidas a base de Benomil (Benlate WP) (Bezil 50 WP)(1 g/l) o Metil Tiofanato (Topsin M 50 SC)(2 cc/), empapando el suelo. En los sitios donde se han erradicado plantas afectadas por *Rosellinia* sp., se recomienda la aplicación de un producto a base de Formaldehído (Formol) al 4%, empapando el suelo.

Roña

Sphaceloma perseae Jenk.

Importancia y distribución

La roña es una enfermedad muy común en todas las zonas productoras de aguacate de Colombia (Mejía, 1999). La enfermedad es favorecida por precipitaciones abundantes y humedad relativa alta en el ambiente. El hongo afecta las hojas, principalmente las hojas nuevas y causa daños en los frutos, deteriorando su calidad. El ataque de la roña es favorecido por la presencia de Trips, que abren puertas de entrada al patógeno. Algunas variedades como Choquette, Hall, Booth 8 y Santana, son muy susceptibles al ataque de la enfermedad en los frutos (Mejía, 1999). Otras variedades que presentan ataques ocasionales de roña en hojas, son Rincón y Hass. La roña se presenta en cultivos de aguacate de los departamentos de Antioquia (Buriticá, 1995; 1999), Cundinamarca, Caldas, Risaralda y Quindío (Mejía, 1999).

Síntomas

En el fruto se presentan lesiones redondas o irregulares de color pardo o café claro, de apariencia corchosa (**Figura 22a**), levemente erupentes, que pueden unirse y afectar gran parte del fruto (**Figura 22b**) o su totalidad (**Figura 22c**) (Ploetz *et al.*, 1994). Las lesiones de la roña son superficiales y no afectan la calidad de la pulpa. En las hojas jóvenes y brotes tiernos, se observan diminutas lesiones (1 a 2 mm de diámetro) de color café oscuro, rodeadas de un leve halo clorótico (**Figura 23a**). En condiciones de lluvias continuas, las lesiones y el halo clorótico aumentan de tamaño (3 a 5 mm de diámetro), toman una tonalidad castaño clara, adquieren variadas formas y coalescen hasta cubrir regiones laterales de la hoja, dándole un

aspecto roñoso y arrugado a la lámina foliar (**Figuras 23b y 23c**) (Ploetz *et al.*, 1994). En ataques severos, los brotes y las hojas se necrosan, se comban hacia arriba y pueden llegar a morir (**Figura 23d**).



Figura 22. Síntomas de roña en frutos de aguacate.
a. Lesiones redondas o irregulares de color pardo o café claro, de apariencia corchosa.
b y c. Lesiones levemente erupentes, que pueden unirse y afectar gran parte del fruto o su totalidad.
Fotos: J. Bernal

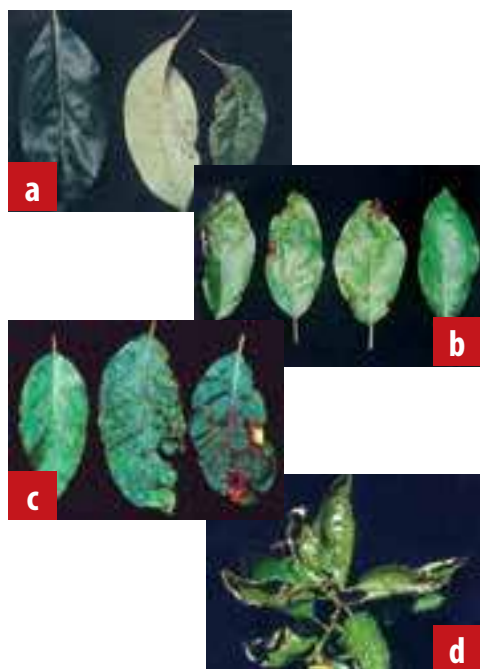


Figura 23. Síntomas de roña en hojas de aguacate.
a. Lesiones café oscuro, rodeadas de un leve halo clorótico.
b y c. Lesiones de mayor tamaño, castaño claro, dándole un aspecto roñoso y arrugado a la lámina foliar.
d. Necrosis y combamiento de las hojas afectadas
Fotos: P. Tamayo

Manejo cultural

Se deben realizar podas de aclareo, que permitan mayor luminosidad y aireación a los árboles.

Manejo químico

El manejo químico de la roña consiste en realizar aspersiones de fungicidas a base de Clorotalonil (Daconil 720 SC) (1 cc/l) (Control 500) (2,5 cc/l), Difenconazol (Score 250 EC) (0,5 a 1 cc/l), Benomil (Benlate WP) (Bezil WP) (0,5 g/l), Oxiclورو de Cobre (Oxiclor 35 WP) (2 g/l) o Hidróxido Cúprico (Kocide 101) (2 g/l), usados en rotación. Teniendo en cuenta que los trips favorecen el ataque del hongo causante de la roña, estos deben mantenerse en poblaciones bajas, mediante la aspersión de productos a base Clorfenapir (Sunfire 240 SC) (0,5 cc/l), Imidacloprid (Confidor SC 350) (Jade WG 70) (0,5 cc/l) o Cipermetrina (Cymbush EC) (0,5 cc/l). Las aspersiones de los fungicidas e insecticidas mencionados, se deben realizar al inicio de la floración, hasta dos o tres semanas después del cuajamiento del fruto.





Mancha angular, mancha negra del fruto, pseudocercospora

Pseudocercospora purpurea (Cooke)
Deighton (= *Cercospora purpurea* Cooke)

Importancia y distribución

La mancha angular causada por el hongo *Pseudocercospora purpurea* (= *Cercospora purpurea*), es una enfermedad frecuente en cultivos de aguacate ubicados en los departamentos de Caldas, Risaralda, Quindío, Valle del Cauca (Ríos-Castaño *et al.*, 1976; Mejía, 1999), observada también en los departamentos de Antioquia y Cundinamarca, causando daños en pre y poscosecha (Tamayo, 2004; 2005). La enfermedad es mas severa en condiciones de precipitación alta y en plantaciones débiles o mal nutridas (Mejía, 1999), afectando principalmente las hojas de la parte media y baja del árbol. El hongo *P. purpurea* está presente en casi todos los cultivos de aguacate criollo, causando daños en frutos y en la variedad Fuerte, donde causa afecciones severas en hojas (Tamayo, 2004). El hongo produce infecciones latentes en el campo antes de la cosecha y solo se manifiesta en los frutos en la etapa de poscosecha (Lonsdale, 1992). La enfermedad afecta hojas y frutos en el campo y causa la llamada "mancha angular" y en poscosecha, causa la "mancha negra del fruto", llegando a causar pérdidas del 2% en condiciones de inadecuado almacenamiento (Tamayo, 2004).

Síntomas

El hongo que causa la mancha angular, afecta hojas y frutos en condiciones de campo (Ríos-Castaño *et al.*, 1976; Darvas y Kotze, 1987; Ploetz *et al.*, 1994; Mejía, 1999; Tamayo, 2004) y poscosecha (Ploetz *et al.*, 1994; Tamayo, 2004). En las hojas se

observan manchas de tamaño pequeño (0,3 a 1 cm de diámetro), de color marrón o café oscuro, de formas irregulares o angulares, con bordes rojizos bien definidos, rodeadas de un marcado halo clorótico (**Figuras 24a y 24b**) (Ríos-Castaño *et al.*, 1976; Darvas y Kotze, 1987; Ploetz *et al.*, 1994; Mejía, 1999; Tamayo, 2004). En condiciones de humedad relativa alta, las lesiones coalescen y pueden comprometer grandes áreas de la lámina foliar (**Figura 24c**).

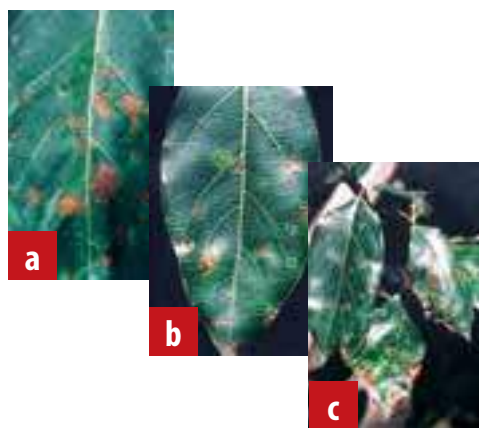


Figura 24. Síntomas de *Pseudocercospora purpurea* (mancha angular) en hojas de aguacate.

a y b. Lesiones café oscuro, de formas irregulares o angulares, con bordes rojizos bien definidos, rodeadas de un marcado halo clorótico. c: Lesiones de mayor tamaño afectando gran parte de la lámina foliar.

Fotos: P. Tamayo

En los frutos, las lesiones son de tamaño mediano (1 a 2 cm de diámetro), de color negro, bordes angulosos o irregulares, con bordes rojizos bien definidos (Darvas y Kotze, 1987; Mejía, 1999). Generalmente, la lesión es superficial, levemente deprimida (**Figura 25a**) y no penetra ni compromete la pulpa, por lo cual no hay daño interno del fruto, pero si deteriora la apariencia del mismo (Tamayo, 2004). En otras variedades las lesiones son pequeñas (0,5 a 1 cm de diámetro), de color café oscuro o rojizas, con bordes irregulares (**Figura 25b**) (Tamayo, 2004). Cuando persisten condiciones de humedad relativa alta

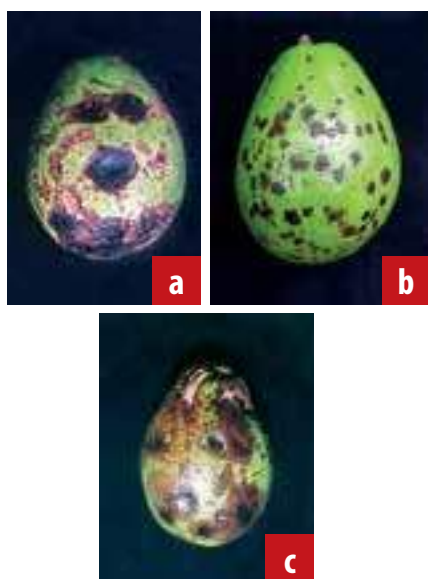


Figura 25. Síntomas de *Pseudocercospora purpurea* (mancha angular) en frutos de aguacate.

A. Lesiones superficiales, levemente deprimidas.

B: Lesiones pequeñas, café oscuro o rojizas, con bordes irregulares.

C: Afección por *Colletotrichum gloeosporioides* (antracnosis), posterior al ataque de la mancha angular.

Fotos: P. Tamayo

en el almacenamiento, el centro de la lesión toma una coloración gris a negra, debido a la esporulación del hongo que causa la enfermedad y puede llegar a deteriorar la pulpa, lo cual facilita la entrada de otros hongos en poscosecha, como *C. gloeosporioides* (Figura 25c) (Ploetz *et al.*, 1994; Mejía, 1999; Tamayo, 2004).

Manejo cultural

En condiciones de cultivo, se deben realizar podas de aclareo, que permitan mayor luminosidad y aireación a los árboles (Mejía, 1999), teniendo en cuenta sellar las heridas causadas por la poda, aplicando pintura a base de aceite, con brocha, en la región podada. Un adecuado manejo agronómico y una fertilización balanceada, disminuyen la incidencia y severidad de la mancha angular (Mejía, 1999). Se ha demostrado experimentalmente, que el tratamiento de frutos de aguacate en precosecha, con

aislamientos de *Bacillus subtilis*, reducen la severidad de la mancha negra del aguacate en almacenamiento.

Manejo químico

Para el manejo de la mancha angular en el campo, se recomiendan aspersiones foliares antes de la cosecha, de productos a base de Oxiclورو de Cobre (Oxiclor 35 WP)(2 g/l), Hidróxido Cúprico (Kocide 101) (2 g/l) (Ploetz *et al.*, 1994; Mejía, 1999), Benomil (Benalte WP) (Bezil WP) (0,5 g/l) (Darvas y Kotze, 1987; Lonsdale, 1992; Ploetz *et al.*, 1994), Ciproconazol (Alto 100 SL) (0,25 a 0,5 cc/l), Flusilazol (Punch EC) (0,15 a 0,25 cc/l) (Lonsdale, 1992; Mejía, 1999) o Carbendazim (Derosal 500 SC) (0,75 a 1,25 cc/l) (Bavistin 500 SC)(0,5 cc/l), utilizados en rotación, los cuales son efectivos para prevenir la presencia de la enfermedad en los frutos en el campo y durante la etapa de poscosecha. Los cuartos de almacenamiento y las canastillas en las cuales se comercializa la fruta, se deben desinfectar periódicamente con productos a base de Hipoclorito de Sodio al 2%.

Rhizopus, pudrición chocolate, pudrición del fruto por rhizopus

Rhizopus stolonifer (Ehrenb.: Fr.) Lind.

Importancia y distribución

La pudrición del fruto por *R. stolonifer* es una enfermedad que solo se ha detectado en el departamento de Antioquia (Tamayo, 2004). El hongo, es considerado un patógeno débil en poscosecha y puede llegar a causar pérdidas cercanas al 30%, al deteriorar la calidad del fruto en condiciones de mal almacenamiento (Tamayo, 2004). La enfermedad solo se ha observado en frutos que han sido cosechados sin pedúnculo, lo cual parece favorecer el ataque del hongo (Lund, 1977; Tamayo, 2004).



Síntomas

El ataque por el hongo *R. stolonifer* en frutos se manifiesta en condiciones de humedad relativa alta o mal almacenamiento, por la aparición de un moho de aspecto grisáceo en el punto de inserción del pedúnculo con el fruto (**Figura 26a**), el cual corresponde a masas de conidióforos, que sostienen conidias del hongo que causa la enfermedad (Lund, 1977; Tamayo, 2004). En la inserción del pedúnculo con el fruto, es posible observar una pequeña lesión de color café que invade parcialmente la cáscara y la pulpa (**Figura 26b**) (Tamayo, 2004).



Figura 26. Síntomas de la pudrición del fruto por *Rhizopus*.
a. Presencia de un moho de aspecto grisáceo en el punto de inserción del pedúnculo con el fruto.
b. Lesiones pequeñas, café oscuras, que invaden parcialmente la cáscara y la pulpa.
Fotos: P. Tamayo

Con el tiempo, el hongo ocasiona una pudrición de color chocolate, marrón o café oscuro, de bordes irregulares, que avanza de manera gradual hacia el centro del mismo (**Figura 27a**). Posteriormente el hongo invade totalmente el fruto y causa una pudrición interna de la pulpa de color café claro (**Figuras 27b y 27c**), que le da una sabor desagradable a la misma, llegando en ocasiones a colonizar la semilla (Tamayo, 2004).



Figura 27. Síntomas de la pudrición del fruto por *Rhizopus*.
a. Pudrición café oscura, de bordes irregulares, que avanza de manera gradual hacia el centro del fruto.
b y c. Invasión total y pudrición de la pulpa.
Fotos: P. Tamayo

Manejo cultural

Cuando se realice la cosecha, el pedúnculo del fruto se debe cortar a ras (**Figura 28**). Experimentalmente, algunos aislamientos de la levadura *Pichia onychis*, han sido efectivos en el control de *R. stolonifer*, en tratamiento poscosecha de frutos de tomate (García y Cotes, 2001) y podrían ser de utilidad para este patógeno en aguacate.



Figura 28. Corte a ras del pedúnculo del fruto, para evitar pudriciones por *Rhizopus* en poscosecha.
Foto: P. Tamayo

Manejo químico

Dado que el hongo puede infectar la semilla del aguacate (Neergaard, 1977), ésta se debe tratar con Hipoclorito de Calcio (40%) (1,5 cc/l) durante 15 minutos, con posterior inmersión durante igual período de tiempo, en un producto a base Carboxin+Captan (Vitavax 300) (2 a 6 g/l), a fin de prevenir posibles pudriciones o la manifestación del hongo en el semillero o almácigo (Corrales *et al.*, 2000). Los cuartos de almacenamiento y las canastillas en las cuales se comercializa la fruta, se deben desinfectar periódicamente con productos a base de Hipoclorito de Sodio al 2% o Tebuconazole (Folicur EW 250) (0,5 cc/l). Para prevenir la pudrición por *R. stolonifer* en frutos de aguacate en almacenamiento, estos se deben sumergir en una solución de un fungicida a base de Tebuconazole (Folicur EW 250) (0,5 cc/l), Iprodione (Rovral FLO) (0,5 a 1,5 cc/l) (Prodion 500 SC) (1 a 1,5 cc/l) o Fludioxonil+Ciprodinil (Switch 62,5 WG) (0,5 g/l), después de la cosecha.

Dothiorella, pudrición del fruto por dothiorella

Dothiorella Sacc.

Importancia y distribución

La pudrición del fruto por *Dothiorella* sp., es una enfermedad que sólo se observó en frutos de aguacate en la etapa de poscosecha en el departamento de Antioquia (Tamayo, 2004). Las pérdidas por la enfermedad en poscosecha son cercanas al 10%, al deteriorar la calidad de la fruta cosechada (Tamayo, 2004; 2005). La enfermedad sólo se ha observado en frutos que han sido cosechados sin pedúnculo, lo cual parece favorecer el ataque de *Dothiorella* sp. (Tamayo, 2004).

El hongo produce infecciones latentes en el campo antes de la cosecha y solo se manifiesta en el fruto en la etapa de poscosecha (Eckert y Ogawa, 1985; Darvas y Kotze, 1987; Lonsdale, 1992).

Síntomas

El hongo *Dothiorella* sp. se manifiesta en cualquier parte del fruto (**Figura 29a**), pero es más frecuente en la inserción del pedúnculo con el mismo (Darvas y Kotze, 1987), donde se observa una lesión que ocasiona una pudrición de color marrón o café oscuro en cualquier parte de la cáscara (Mauk *et al.*, 1999), que avanza de manera gradual y uniforme hacia el centro del mismo (**Figura 29b**) (Tamayo, 2004). El hongo puede causar lesiones de color café oscuro en otras partes del fruto e invadirlo totalmente, causando una pudrición interna de la pulpa del mismo color (Ploetz *et al.*, 1994). Los síntomas de la pudrición por *Dothiorella* sp. son muy parecidos a los que causa el hongo *R. stolonifer*, sin embargo, se diferencian porque en los ataques por *Dothiorella* sp., no hay crecimiento micelial en la unión del pedúnculo con el fruto y se observa un necrosamiento marcado de los haces vasculares, al interior del mismo (**Figura 29c**) (Ploetz *et al.*, 1994; Tamayo, 2004).

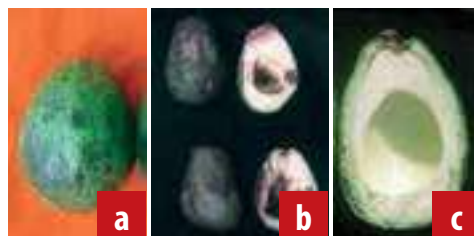


Figura 29. Síntomas de la pudrición del fruto por *Rhizopus*.
a. Pudrición café oscura, de bordes irregulares, que avanza de manera gradual hacia el centro del fruto.
b y c. Invasión total y pudrición de la pulpa.

Fotos: P. Tamayo



Manejo químico

Dado que el hongo puede infectar la semilla del aguacate (Neergaard, 1977), ésta se debe tratar con Hipoclorito de Calcio (40%) (1,5 cc/l) durante 15 minutos con posterior inmersión durante igual período de tiempo, en un producto a base Carboxin+Captan (Vitavax 300) (2 a 6 g/l), a fin de prevenir posibles pudriciones o la manifestación del hongo en el semillero o almácigo (Corrales *et al.*, 2000).

En condiciones de campo, se deben realizar aspersiones precosecha con fungicidas a base de Oxiclورو de Cobre (Oxiclor 35 WP) (2 g/l), Hidróxido Cúprico (Kocide 101) (2 g/l) o Benomil (Benalte WP) (Bezil WP) (0,5 g/l) (Ploetz *et al.*, 1994). Para prevenir la pudrición por *Dothiorella* sp. en frutos de aguacate en el almacenamiento, éstos se deben sumergir en una solución de un fungicida a base de Procloraz (Mirage 45 EC) (0,5 cc/l) (Sportak 45 EC) (0,5 cc/l) (Octave 50 WP) (0,5 g/l) (Ploetz *et al.*, 1994) o Tiabendazol (Mertect 500 SC) (1 cc/l) (Darvas, 1978), después de la cosecha. Los cuartos de almacenamiento y las canastillas en las cuales se comercializa la fruta, se deben desinfectar periódicamente con productos a base de Hipoclorito de Sodio al 2%.

Muerte descendente de ramas y brotes, antracnosis del fruto

Glomerella cingulata (Stoneman) Spauld. & Schrenk. (anamorfo *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc.)

Importancia y distribución

La antracnosis es una enfermedad de amplia distribución e importancia económica, en todas las zonas productoras de aguacate de Colombia (Ríos-Castaño *et*

al., 1976; Navarro, 1987; Mejía, 1999). El hongo afecta arbolitos en almácigo, produciendo muerte descendente y pudrición del injerto (Navarro, 1987) y en campo afecta ramas, produciendo muerte de cogollos y terminales (Mejía, 1999). *C. gloeosporioides* ocasiona pudrición de frutos en campo y en poscosecha, deteriorando la calidad del fruto, causando pérdidas cercanas al 20% (Tamayo, 2004; 2005). El hongo produce infecciones latentes en el campo antes de la cosecha y solo se manifiesta en la etapa de poscosecha (Binyamini y Schiffmann-Nadel, 1972; Eckert y Ogawa, 1985; Darvas y Kotze, 1987; Lonsdale, 1992; Mauk *et al.*, 1999).

La antracnosis del fruto del aguacate se ha observado en cultivos ubicados en los departamentos de Antioquia, Caldas, Cundinamarca, Quindío y Risaralda (Mejía, 1999; Tamayo, 2004) y ya había sido detectada en los departamentos de Cesar, Córdoba y Tolima (Orjuela, 1965; Castaño, 1978; Salazar y Toro, 1993).

Síntomas

El hongo *C. gloeosporioides* ataca brotes tiernos, cogollos, ramas, flores y frutos (Mejía, 1999). Cuando afecta brotes tiernos y cogollos, se presenta en arbolitos de almácigo, produciendo la muerte descendente de la copa y pudrición del injerto, que se caracteriza por ser de color café oscuro, negro o rojizo (**Figuras 30a y 30b**). En el campo, la antracnosis causa muerte progresiva y descendente de ramas y cogollos, los cuales presentan una coloración café oscura a negra, que en condiciones de humedad relativa alta, provoca marchitez, muerte de hojas (**Figura 30c**) y el tallo se cubre de masas de color salmón, que corresponden a conidias del hongo que causa la enfermedad (Ploetz *et al.*, 1994; Mejía, 1999; Tamayo, 2004).



Figura 30. Síntomas del ataque de *C. gloeosporioides*.
a y b. Muerte descendente de la copa y pudrición del injerto, en plántulas de vivero.
c. Muerte progresiva y descendente de ramas y cogollos de árboles, en campo.

Fotos: P. Tamayo

Cuando el hongo afecta los pedúnculos, las lesiones son alargadas (**Figura 31a**). En condiciones de humedad relativa alta y lluvias continuas, el hongo infecta las flores y la unión del pedúnculo con los frutos en formación, causando lesiones de coloración café a pardo oscuro (**Figura 31b**), que provocan su caída en estados tempranos de formación. Aunque no son frecuentes los síntomas de ataque del hongo en los frutos en plantaciones establecidas, el patógeno penetra la epidermis del mismo y permanece latente hasta su maduración, cuando aparecen las manchas en los frutos (**Figura 31c**), causando su caída prematura del árbol.



Figura 31. Síntomas del ataque de *C. gloeosporioides*.
a. Lesiones alargadas en los pedúnculos.
b. Lesiones en la unión del pedúnculo con el fruto.
c. Lesiones poscosecha, latentes durante la maduración del fruto.

Fotos: P. Tamayo

Los daños por *C. gloeosporioides* en la etapa de poscosecha se presentan en diferentes partes del fruto, como manchas redondas de tamaño variable (0,5 a 3 cm de diámetro), de color marrón o café claro, levemente deprimidas en su centro y sin bordes definidos (Darvas y Kotze, 1987; Ploetz *et al.*, 1994; Mejía, 1999; Tamayo, 2004).



Generalmente, la lesión avanza en diámetro y se une a otras rápidamente y cubre gran parte del fruto (Figura 32a). El centro de la lesión toma una coloración salmón (Figura 32b), debido a la esporulación del hongo que causa la enfermedad (Ploetz *et al.*, 1994; Mejía, 1999; Tamayo, 2004). En correspondencia con la lesión en la cáscara del fruto, el hongo produce una pudrición interna en la pulpa del fruto, de color café clara (Figura 32c), que le da un sabor desagradable a ésta y avanza hasta colonizar la semilla (Figura 32d) (Tamayo, 2004). En condiciones de campo, cualquier daño mecánico causado por insectos como *Monalonium* sp., trips, ácaros y la presencia de otros patógenos como *P. purpurea*, favorecen el ataque o manifestación de la antracnosis en los frutos en poscosecha (Tamayo, 2004).

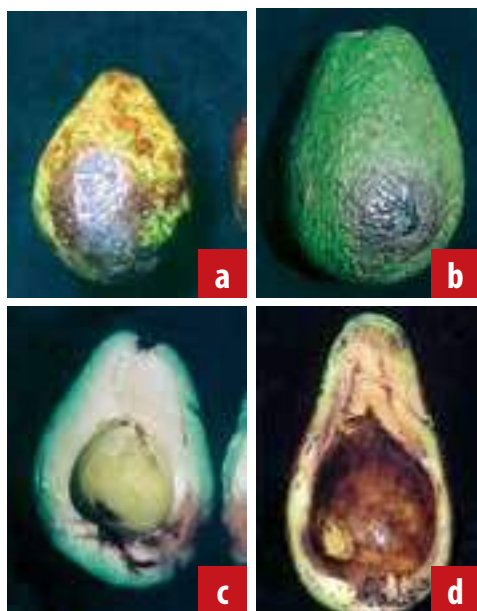


Figura 32. Síntomas del ataque de *C. gloeosporioides* en frutos, en poscosecha.

a. Manchas redondas, marrón o café claro, levemente deprimidas en su centro y sin bordes definidos.

b. El centro de la lesión toma una coloración salmón.

c. Posterior pudrición interna en la pulpa del fruto

d. De la semilla.

Fotos: P. Tamayo

Manejo cultural

En condiciones de cultivo se deben realizar podas de aclareo que permitan mayor luminosidad y aireación a los árboles (Ploetz *et al.*, 1994; Mejía, 1999), sellando las heridas causadas por la poda, al aplicar pintura a base de agua, con brocha, en la región podada. Se ha demostrado experimentalmente que el tratamiento de frutos de aguacate en poscosecha, con aislamientos de *Bacillus subtilis* y *Pseudomonas* sp., reducen o retardan el desarrollo de la antracnosis en almacenamiento (Korsten *et al.*, 1997; 1998; Montoya *et al.*, 2004).

Manejo químico

En condiciones de campo se deben realizar aspersiones al inicio de la floración, hasta dos o tres semanas después de cuajamiento del fruto, con fungicidas a base de Oxiclورو de Cobre (Oxiclor 35 WP) (2 g/l), Hidróxido Cúprico (Kocide 101) (2 g/l), Benomil (Benlate WP) (Bezil 50 WP) (0,5 g/l) (Ploetz *et al.*, 1994; Mejía, 1999), Procloraz (Mirage 45 EC) (0,5 cc/l) (Sportak 45 EC) (0,5 cc/l) (Octave 50 WP) (0,5 g/l), Tiabendazol (Mertect 500 SC) (1 cc/l) (Ploetz *et al.*, 1994), Metil Tiofanato (Topsin M 50 SC) (1 cc/l), Carbendazim (Derosal 500 SC) (0,75 a 1,25 cc/l) (Bavistin 500 SC) (0,5 cc/l) o Difenconazol (Score 250 EC) (0,5 cc/l).

Estos fungicidas se deben asperjar en programas de rotación, para evitar la aparición de poblaciones del patógeno resistentes a los fungicidas. La inmersión de los frutos después de la cosecha por tres minutos, en suspensiones de fungicidas a base Benomil (Benlate WP) (Bezil 50 WP) (0,5 g/l) (Darvas, 1978), Procloraz (Mirage 45 EC) (0,5 cc/l) (Sportak 45 EC) (0,5 cc/l) (Octave 50 WP) (0,5 g/l) o Tiabendazol (Mertect 500 SC) (1 cc/l) (Darvas, 1978; Ploetz *et al.*, 1994), también reducen la incidencia de antracnosis

en el almacenamiento. Los cuartos de almacenamiento y las canastillas en las cuales se comercializa la fruta, se deben desinfectar periódicamente con productos a base de Hipoclorito de Sodio al 2%.

Secamiento descendente, necrosis del injerto, pudrición del fruto

Lasiodiplodia theobromae (Pat.) Griffon & Maubl. (= *Botryodiplodia theobromae* Pat.)

Importancia y distribución

El secamiento descendente y la necrosis del injerto causada por *L. theobromae*, es una enfermedad muy frecuente en almácigos de aguacate de los departamentos de Cundinamarca, Magdalena, Antioquia, Caldas y Valle del Cauca (Patiño, 1970; Castaño, 1978; Saltarén *et al.*, 1998a; Pardo-Cardona, 1995; Tamayo, 2004). El hongo causante de la muerte descendente es uno de los organismos más frecuentes en viveros, pudre las raíces y provoca retraso en el desarrollo de los arbolitos (Saltarén *et al.*, 1998a; Lozano, 2004). Además, *L. theobromae* ha sido recientemente detectado afectando frutos en poscosecha, en el departamento de Antioquia, pero su incidencia es muy baja (1%) y solo ocasionalmente se detectan frutos afectados por la enfermedad (Tamayo, 2004; 2005).

Síntomas

La pudrición por *L. theobromae* se presenta en la unión del injerto, como una necrosis de color café que generalmente avanza en forma descendente (Figura 33a), comprometiendo el patrón e impidiendo



Figura 33. Síntomas de pudrición de plántulas por *Lasiodiplodia theobromae*.

a. Necrosis descendente que compromete el patrón y b. La copa.

Fotos: P. Tamayo

el paso de agua y nutrientes, por lo cual la copa muere posteriormente (Figura 33b).

Cuando el hongo no afecta la unión del injerto, causa necrosis de raíces, retraso en el desarrollo, amarillamiento (Figura 34a), marchitez y muerte de arbolitos en condiciones de almácigo (Saltarén *et al.*, 1988a). El hongo *L. theobromae*, puede causar una pudrición del fruto en poscosecha (Darvas y Kotze, 1987; Ploetz *et al.*, 1994; Tamayo, 2004).

Los daños se manifiestan como una pudrición en la inserción del pedúnculo con el fruto (Darvas y Kotze, 1987), donde se observa una lesión de color café oscuro (Figura 34b), que avanza de manera gradual y uniforme hacia el centro del mismo (Tamayo, 2004). Un leve pero característico crecimiento micelial blanquecino se desarrolla en la unión del pedúnculo con el fruto (Figura 34c) y se presenta una pudrición interna y blanda de la pulpa, de color café claro u oscuro (Figura 34d) (Tamayo, 2004). En estados avanzados de infección el micelio blanquecino que rodea la inserción del fruto con el pedúnculo, se torna de color negro (Figura 34e) y avanza al interior del

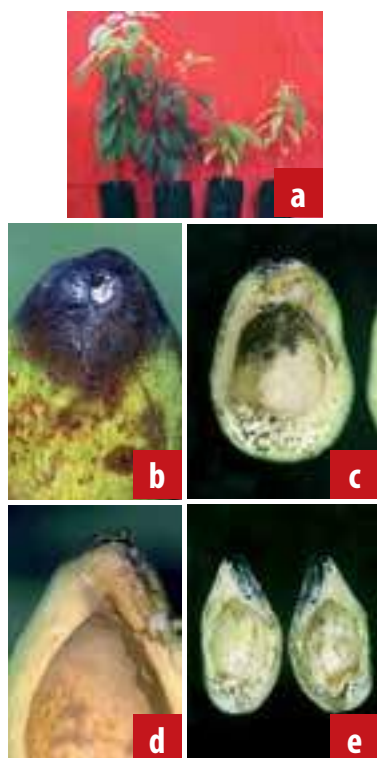


Figura 34. Síntomas por *Lasiodiplodia theobromae*.
 a. Amarillamiento de plántulas en almácigo.
 b. Pudrición en poscosecha, de la inserción del pedúnculo con el fruto.
 c. Crecimiento micelial blanquecino del hongo.
 d. Pudrición interna y blanda de la pulpa.
 e. Deterioro interno total del fruto

Fotos: P. Tamayo

fruto, deteriorándolo completamente (Tamayo, 2004). Los síntomas de la pudrición del fruto por *L. theobromae* en poscosecha, son muy parecidos a los que causa el hongo *R. stolonifer*; sin embargo, se diferencian porque en los ataques por *L. theobromae*, hay crecimiento micelial blanquecino en la unión del pedúnculo con el fruto, mientras que en el caso de *R. stolonifer*, el crecimiento micelial es de color gris (Tamayo, 2004).

Manejo cultural

Se debe evitar el establecimiento de almácigos en lugares húmedos o con poca ventilación.

Manejo químico

Dado que el hongo *L. theobromae* puede infectar la semilla del aguacate, ésta se debe tratar con Hipoclorito de Calcio (40%) (1,5 cc/l) durante 15 minutos, con posterior inmersión durante igual período de tiempo, en un producto a base Carboxin+Captan (Vitavax 300) (2 a 6 g/l), a fin de prevenir posibles pudriciones o la manifestación del hongo en el semillero o almacigo. (Corrales *et al.*, 2000) En condiciones de almacigo se deben realizar aspersiones con fungicidas a base de Oxicloruro de Cobre (Oxiclor 35 WP) (2 g/l), Hidróxido Cúprico (Kocide 101) (2 g/l), Benomil (Benlate WP) (Bezil 50 WP) (0,5 g/l), Metil Tiofanato (Topsin M 50 SC) (1 cc/l), Carbendazim (Derosal 500 SC) (0,75 a 1,25 cc/l) (Bavistin 500 SC) (0,5 cc/l) o Tiabendazol (Mertect 500 SC) (1 cc/l).

Teniendo en cuenta que este patógeno es endófito (organismos que en algún periodo de su ciclo de vida habitan dentro de las plantas colonizando sus tejidos sin causar perjuicio aparente) en plantaciones de aguacate (Ploetz *et al.*, 1994), se recomiendan aspersiones precosecha con fungicidas a base de Oxicloruro de Cobre (Oxiclor 35 WP) (2 g/l), Hidróxido Cúprico (Kocide 101) (2 g/l), Benomil (Benlate WP) (Bezil 50 WP) (0,5 g/l) (Ploetz *et al.*, 1994), Metil Tiofanato (Topsin M 50 SC) (1 cc/l), Carbendazim (Derosal 500 SC) (0,75 a 1,25 cc/l) (Bavistin 500 SC) (0,5 cc/l) o Tiabendazol (Mertect 500 SC) (1 cc/l).

Estos fungicidas se deben asperjar en programas de rotación, para evitar la aparición de poblaciones del patógeno resistentes a los fungicidas. Para prevenir la pudrición por *L. theobromae* en frutos de aguacate en el almacenamiento, éstos se deben sumergir en una solución de un fungicida a base de Procloraz (Mirage

45 EC) (0,5 cc/l) (Sportak 45 EC) (0,5 cc/l) (Octave 50 WP) (0,5 g/l), después de la cosecha (Ploetz *et al.*, 1994).

Los cuartos de almacenamiento y las canastillas en las cuales se comercializa la fruta, se deben desinfectar periódicamente con productos a base de Hipoclorito de Sodio al 2%.

Cylindrocladium, pudrición de raíces, muerte de plántulas

Cylindrocladium Morg.

Importancia y distribución

La muerte de plántulas de aguacate por *Cylindrocladium* sp. es una enfermedad de reciente detección en Colombia

(Saltarén y Varón de Agudelo, 1997). Este patógeno es el organismo más frecuente y severo en viveros de aguacate de los departamentos de Risaralda y Valle del Cauca (Saltarén y Varón de Agudelo, 1997; Saltarén *et al.*, 1998a; 1998b).

Síntomas

Los daños por *Cylindrocladium* sp., se evidencian en almácigos, porque los árboles presentan clorosis intervenal, localizada en las hojas de la parte media del dosel (Figura 35a) y aparición progresiva de pequeñas lesiones necróticas, que coalescen, dando lugar a grandes zonas de tejido muerto en la lámina foliar (Figura 35b). Las plantas se remueven con facilidad, debido a la pudrición avanzada en la raíz. El volumen radical es escaso y las raíces secundarias se aprecian necrosadas (Figura 35c), llegando a causar la muerte de los árboles.

Manejo

No existe información sobre medidas de manejo de los daños por el hongo *Cylindrocladium* sp.

Secamiento de ramas, mancha foliar

Pestalotia De Not.

Importancia y distribución

El secamiento de ramas o mancha foliar por *Pestalotia* sp. es una enfermedad de poca importancia y de rara ocurrencia en cultivos de aguacate (variedades Hass y Choquette). Se detectó en cultivos ubicados en los departamentos de Antioquia, Valle del Cauca (ICA, 1978) y Quindío, sin embargo, no se observaron daños por este hongo en almácigo (Lozano, 2004).



Figura 35. Síntomas por *Cylindrocladium* en plántulas de almácigo.
a. Clorosis intervenal en las hojas.
b. Lesiones necróticas en la lámina foliar.
c. Raíces secundarias necrosadas.

Fotos: P. Tamayo



Síntomas

La enfermedad se presenta en los brotes tiernos, causando un leve secamiento de color café en los terminales o puntos de crecimiento (Figura 36a). El hongo también causa síntomas en las regiones laterales hacia el borde y/o ápice de las hojas, que se caracterizan por la presencia de manchas grandes y uniformes de color café, con bordes marcados o bien definidos de color café oscuro (Figura 36b), que pueden poseer (Figura 36c) o no, un halo clorótico (Figura 36d).



Figura 36. Síntomas por *Pestalotia* en ramas y hojas.
a. Secamiento en los terminales puntos de crecimiento.
b. Manchas grandes y uniformes en los bordes de las hojas.
c. Con halo clorótico.
d. Sin halo clorótico.

Fotos: P. Tamayo

Manejo cultural

La poda de las ramas afectadas es la mejor medida de manejo de esta enfermedad. Dado que su incidencia y severidad es muy reducida, no se justifican medidas de manejo adicional.

Cenicilla negra, moho negro, fumagina

Capnodium Mont.

Asteridiella perseae (Stevens) Hansf.

Calothyriolum aphiahynum Speng.

Lembosia perseae Garcés

Meliola antioquiensis Garcés

Importancia y distribución

Las fumaginas del aguacate no son de importancia económica en el cultivo. Su incidencia y severidad es común en las hojas bajas del árbol y se ve agravada por condiciones de humedad relativa alta y la presencia de hormigas, cochinillas, áfidos y moscas blancas, que secretan sustancias azucaradas que favorecen el crecimiento superficial del hongo e impiden el normal proceso de la fotosíntesis. Las fumaginas del aguacate se observaron en cultivos ubicados en los departamentos de Antioquia, Caldas, Cundinamarca, Quindío y Risaralda (Garcés, 1944; Dennis, 1970).

Síntomas

La fumagina afecta hojas, tallos y frutos de aguacate. Sobre la superficie de la hoja y los tallos, se observa una delgada capa de un polvillo de color negro, que asemeja



Figura 37. Polvillo de color negro causado por la fumagina en hojas de aguacate.

Foto: J. Bernal

un hollín (Figura 37), el cual se desprende fácilmente al rasparlo.

En ocasiones, la fumagina afecta los tallos (Figura 38a) y los frutos (Figura 38b), deteriorando la calidad de los mismos. Otro tipo de fumagina produce manchas superficiales de forma circular, de color negro, que cubren gran parte de la lámina foliar (Figura 38c) y en ocasiones los frutos (Figura 38d).

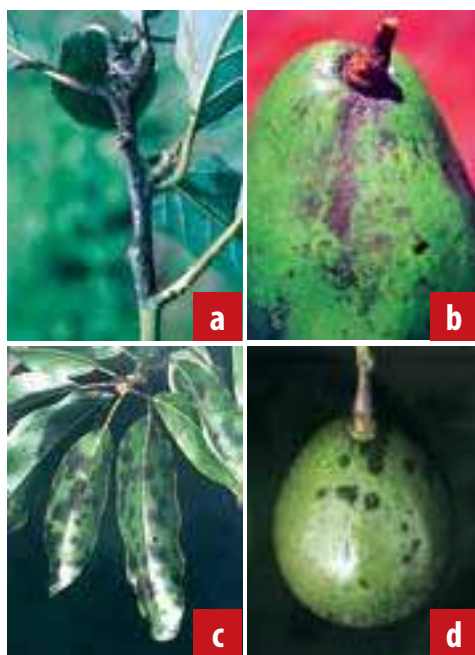


Figura 38. a. Síntomas por fumagina en tallos.
b. En frutos.
c. Manchas circulares, de color negro, causadas por un tipo diferente de fumagina en hojas.
d. En frutos.

Fotos: P. Tamayo

Manejo cultural

La poda de las ramas afectadas es la mejor medida de manejo de esta enfermedad. Dado que su incidencia y severidad es muy reducida no se justifican medidas de manejo adicional.

Manejo químico

Dado que la fumagina es favorecida por insectos chupadores, se recomienda la aspersión de insecticidas a base de Diazinon (Basudin 600 EC) (2 cc/l), Thiociclam (Basudin 600 EC) (2 cc/l), Thiociclam Hidrogenoxalato (Evisect S) (1 g/l), Imidacloprid (Confidor SC 350) (Jade WG 70) (0,5 cc/l) o Cipermetrina+Clorpirifos (Latigo EC) (0,5 cc/l), para el control de estos insectos y así disminuir la presencia de la enfermedad. Las aspersiones foliares de fungicidas a base de Oxiclورو de Cobre (Oxiclور 35 WP) (2 g/l), Hidróxido Cúprico (Kocide 101) (2 g/l) o Polisulfuro de Calcio (Prohortícola) (10 a 20 cc/l), también disminuyen la severidad de la fumagina en árboles de aguacate.

Mancha de asfalto, *phyllacora*

Phyllachora gravis Rehm.

Importancia y distribución

La mancha de asfalto es una enfermedad de poca importancia económica que se ha detectado afectando cultivos de aguacate en los departamentos de Antioquia, Boyacá, Cundinamarca, y Valle del Cauca (Chardón y Toro, 1929; Toro, 1929; Orjuela, 1965) y ya había sido observada en Nariño (Orjuela, 1965; Dennis, 1970). La enfermedad es más frecuente en aguacates criollos y poco común en las variedades mejoradas.

Síntomas

Al inicio, la mancha de asfalto se caracteriza por la presencia de diminutos puntos erupentes de color negro, en la superficie de la hoja, simulando gotas de brea, que se rodean de un leve halo clorótico (Figura 39a). Poco tiempo después, las lesiones aumentan de tamaño y adquieren un color café o pardo, por el haz (Figura 39b) y el envés de la hoja (Figura 39c).

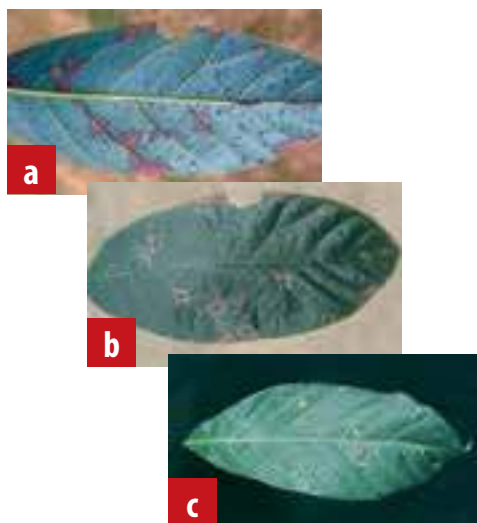


Figura 39. Síntomas por la mancha de asfalto en hojas.
 a. Puntos erupentes de color negro, en la superficie de la hoja, simulando gotas de brea, que se rodean de un leve halo dorótico.
 b. Manchas de mayor tamaño, de color pardo, por el haz.
 c. Por el envés.

Fotos: J. Bernal

Manejo

Debido a que la incidencia y la severidad de la mancha de asfalto es muy baja no se requieren medidas de manejo de esta enfermedad.

Mancha algácea, cephaleuros

Cephaleuros virescens Kunze.

Importancia y distribución

La mancha algácea, causada por *C. virescens*, se observó en cultivos de aguacate ubicados en los departamentos de Valle del Cauca (Orjuela, 1965), Antioquia (Pardo-Cardona, 1986; 1988; 1990), Caldas, Cundinamarca y Risaralda. Es una enfermedad de poca importancia económica en cultivos de aguacate en Colombia.



Figura 40. Manchas en hojas de aguacate, causadas por la mancha algácea (*Cephaleuros virescens*).
 a. De color naranja.
 b. Verde.

Fotos: J. Bernal

Síntomas

Se observan manchas redondas, erupentes, de color naranja (Figura 40a), verde (Figura 40b) o amarillo y de apariencia aterciopelada sobre la superficie de la hoja.

Manejo químico

Las aspersiones foliares de fungicidas a base de Oxiclورو de Cobre (Oxiclор 35 WP) (2 g/l), Hidróxido Cúprico (Kocide 101) (2 g/l) o Polisulfuro de Calcio (Prohortícola) (10 a 20 cc/l), disminuyen la severidad de la mancha algácea en árboles de aguacate.

Otras enfermedades

En la literatura nacional se ha informado sobre la presencia de una mancha foliar, causada por *Helminthosporium* Link: Fr. en cultivos de aguacate del departamento de Antioquia y daños en las raíces por *Rhizoctonia* DC y *Fusarium* Link., en almácigos de aguacate de los departamentos de Risaralda y Valle del Cauca. La importancia económica de las anteriores enfermedades no ha sido bien establecida.

Nemátodos

Helicotylenchus Steiner.
Rotylenchulus Lindford & Oliveira
Pratylenchus Filipjev.

Importancia y distribución

Los daños por los nemátodos *Helicotylenchus* sp., *Rotylenchulus* sp. y *Pratylenchus* sp., se han observado en almácigos y cultivos comerciales de aguacate de los departamentos de Caldas, Cauca y Valle del Cauca (Saltarén *et al.*, 1998b).

Síntomas

Las plantas afectadas por estos nemátodos, presentan escaso desarrollo foliar, pobre crecimiento y clorosis moderada.

Manejo cultural

El manejo preventivo de estos nemátodos, se debe iniciar en la etapa de almácigo mediante la producción de plántulas de aguacate sanas.

Las recomendaciones ofrecidas para el manejo cultural de *P. cinnamomi*, en lo relacionado con la desinfección de suelo que va a ser empleado en los almácigos, es aplicable para el control de estos nemátodos.

Manejo químico

Las recomendaciones ofrecidas para el manejo químico de *P. cinnamomi*, en lo relacionado con la desinfección de suelo que va a ser empleado en los almácigos, es aplicable para el control de estos nemátodos.

Desordenes abióticos

Golpe de sol

El golpe de sol se observa en árboles recién injertados, en los almácigos y en los frutos, en condiciones de campo. Se presenta en almácigos cuando los injertos se exponen a la acción directa de los rayos de sol, sin la precaución de cubrir o proteger las bolsas plásticas con bolsas de papel, poco después de realizado el proceso de injertación, provocando el secamiento y la muerte del mismo (**Figura 41a**). El golpe de sol, también se presenta en condiciones de campo, cuando los frutos de aguacate se exponen a la acción directa de los rayos del sol. El golpe de sol se manifiesta, como lesiones circulares de color café o castaño claro (3 a 5 cm de diámetro) (**Figuras 41b y 41c**). La lesión no posee bordes definidos y deteriora la calidad de la fruta.



Figura 41. Daños causados por golpe de sol.
a. En plántulas injertas.
b y c. En frutos.

Fotos: J. Bernal

VII. COSECHA, MANEJO POSCOSECHA Y AGROINDUSTRIA



VII. COSECHA, MANEJO POSCOSECHA Y AGROINDUSTRIA

Angélica Sandoval Aldana¹
Freddy Forero Longas²
Jairo García Lozano³
Mauricio Londoño Bonilla⁴

Introducción

La conservación de frutas y hortalizas, productos perecederos y de alto consumo, constituye una prioridad para el país, debido a las altas pérdidas que se registran en las etapas de cosecha y poscosecha, como consecuencia de la desarticulación entre eslabones, el sector productivo y todas las etapas de comercialización hasta llegar al consumidor final.

Se presentan deficiencias de orden tecnológico, tanto en la etapa de producción para obtener un producto de buena calidad, como en la etapa de poscosecha, donde están incluidas todas las actividades que se realizan entre la cosecha y el consumo, en la cual son comunes las carencias o fallas en los procesos de recolección, selección, clasificación, empaque y embalaje, situación que conlleva a problemas de comercialización, por mala calidad del producto ofrecido y el consecuente desestímulo en la producción.

Colombia es un país hortofrutícola por excelencia, pero uno de sus principales problemas es la falta de una producción que garantice la continuidad, volumen y calidad de la materia prima, especialmente de frutas y verduras. Sin embargo, algunas frutas como el aguacate, presentan alta trayectoria productiva y grandes áreas cultivadas en el país, siendo necesario generar posibilidades de transformación, tanto a pequeña como a mediana escala.

La implementación de prácticas poscosecha efectivas y con tecnologías adecuadas, acompañadas con el desarrollo de productos agroindustriales a partir de los frutos de aguacate, pueden contribuir a que los productores se asocien como empresas y de esta forma lograr una mayor capacidad de negociación, en donde puedan adquirir los insumos requeridos a menor costo.

-
1. Ingeniera Química. Ph.D Ingeniería énfasis Alimentos. Docente Universidad del Tolima. Ibagué, Tolima, Colombia. Correo electrónico: apsandovala@ut.edu.co
 2. Ingeniero Agroindustrial. Ph.D Ingeniería énfasis Alimentos. Investigador Ph.D. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica. C.I. Nataima. Espinal, Tolima, Colombia. Correo electrónico: fforero@corpoica.org.co
 3. Ingeniero Agrónomo. Ph.D Ciencias Agropecuarias - Área Agraria. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica. C.I. Nataima. Espinal, Tolima, Colombia. Correo electrónico: jgarcia@corpoica.org.co
 4. Administrador de Empresas Agropecuarias. Esp. Poscosecha. Investigador Profesional. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica. C.I. La Selva. Rionegro, Antioquia, Colombia. Correo electrónico: mlondonob@corpoica.org.co



Generalidades

El cultivo de aguacate ha tenido una dinámica muy fuerte en el país, impulsado principalmente por el cambio de concepto de esta fruta, por su alta aceptación en los mercados internos y externos, debido a su excelente composición nutricional. Además, sus productos procesados son de alta demanda, por lo cual se incluyó en la apuesta exportadora y en el Plan Frutícola Nacional (PFN) (Asohofrucol – MADR, 2006).

El aguacate (*Persea americana* Mill) es una fruta muy apreciada en el mercado mundial por su consistencia suave, similar a la de la mantequilla, por su exquisito sabor, su alto valor nutritivo y por sus amplias posibilidades de uso, no solo en la culinaria, sino en procesos industriales. Se estima que contiene un fuerte componente vitamínico (A, C y E), además de extraordinarias propiedades para reducir el colesterol, por contener lipoproteínas de baja densidad. A su vez, su consumo disminuye el riesgo a desarrollar arteriosclerosis, siendo beneficioso para controlar el asma y la artritis reumatoide.

El aguacate, presenta una variada posibilidad de usos como productos industrializados, señalándose entre otros: pulpas como base de productos para untar,

tanto frescas, refrigeradas o congeladas, mitades o cubos congelados, aceite para culinaria y la industria cosmética. Dentro de las alternativas nombradas, la pulpa de aguacate congelada ha presentado el mayor volumen de producción como base del tradicional guacamole.

El mercado mundial del aguacate crece constantemente, en las proyecciones de la FAO para el año 2010, se estimó que la producción de aguacate alcanzaría los 3,1 millones de toneladas, constituyéndose América Latina y el Caribe como las principales regiones productoras de aguacate del mundo. Se vislumbra que México seguirá siendo el mayor país productor contribuyendo con cerca del 40% de la producción mundial total.

Existe la percepción que la industria aguacatera es muy pequeña; sin embargo, presenta grandes oportunidades de desarrollo sobre todo con la diversificación de mercados y presentación final del producto, es decir, incluir a la venta de producto en fresco, la comercialización de productos procesados, con amplias oportunidades de participación en los mercados internacionales, tipo guacamole, puré, aceite comestible o para la industria cosmética.



Cosecha

La cosecha es la fase de la explotación comercial del cultivo del aguacate, en la cual el productor planea, organiza, ejecuta y supervisa todas las labores que permiten recolectar y colocar la fruta en el mercado. El producto cosechado debe satisfacer los requerimientos de su cliente, en términos de calidad, precio y condiciones de entrega.

La recolección del aguacate se hace en forma manual, preferiblemente con tijeras, recolectando una a una la fruta y conservando una pequeña porción del pedúnculo adherido al fruto, para no acelerar el proceso de maduración, evitar la entrada de patógenos y garantizar la buena presentación final del producto. Durante la cosecha es importante vigilar la forma como se realiza el corte; un corte mal hecho daña la calidad de la fruta. Para evitar daño por roce o talladura del fruto, el tamaño del pedúnculo debe ser entre 3 y 4 mm, para lo cual se realiza un corte plano y limpio con una tijera bien afilada (Figura 1).



Figura 1. Corte a ras del pedúnculo del fruto.

Fotos: J. Bernal

Los implementos de cosecha deben estar limpios y desinfectados para evitar la contaminación de la fruta y del árbol. La desinfección de las herramientas de cosecha puede hacerse con alcohol (70%) o con cloro (5 ml/l de agua), lavando muy

bien después con agua limpia, porque el cloro tiende a oxidar los implementos.

Todas las herramientas, u otros utensilios que se pongan en contacto con la planta y el suelo, pueden transmitir agentes patógenos, por lo cual como medida de prevención se recomiendan sumergir en la solución desinfectante por unos pocos minutos. Las herramientas se pueden almacenar después de aplicarles una cubierta protectora de aceite, o lavarlas y secarlas antes de almacenarlas, para prevenir la corrosión.

La operación de cosecha se debe realizar con el máximo cuidado, evitando golpes y rajaduras en el fruto, los cuales afectan finalmente la duración en almacenamiento, su vida de anaquel y el aspecto externo del mismo. Las heridas permiten la penetración de patógenos y en consecuencia la pudrición de numerosos frutos en el proceso de maduración. Los frutos se deben recolectar en las primeras horas de la mañana, momento en el cual el estrés causado por las altas temperaturas es menor y se disminuye el calor de campo y las pérdidas por deshidratación.

Los frutos cosechados no deben estar húmedos por el rocío o la lluvia (Figura 2), ya que la humedad excesiva acelera el desarrollo de diferentes agentes patógenos que causan pudriciones posteriores (Figura 3).

Las horas para la cosecha se deben programar teniendo en cuenta las condiciones climáticas, disponibilidad de mano de obra, facilidad de transporte y ante todo, la demanda y condiciones del mercado



Figura 2. Frutos húmedos no aptos para su cosecha.

Foto: J. Bernal



Figura 3. Pudriciones poscosecha por condiciones de alta humedad en la fruta.

Foto: J. Bernal

La fruta se coloca en bolsas de tela (Figura 4) que luego son vaciadas en cajas plásticas o bien se colocan directamente sobre una superficie limpia. La fruta que se encuentran en las partes altas del árbol y que no se alcanza manualmente, se cosecha utilizando una vara de unos 4 m de largo, de bambú u otro material liviano, en la cual se coloca en un extremo, un anillo de hierro de 20 cm de diámetro, provisto en su parte superior de cuchillas de forma curva, de 5 cm de largo y con buen filo (Figura 5). En la parte inferior del

anillo se coloca una bolsa de lona fuerte, de 25 cm de largo, para recibir los frutos (Figura 6). El operario introduce el fruto en el anillo, realiza movimientos suaves hacia arriba y abajo, de tal manera que los filos cortantes rompan el pedúnculo del fruto, el cual queda atrapado en la bolsa de lona.



Figura 4. Bolsa de tela para cosecha de aguacate y canastilla plástica para su transporte.

Fotos: J. Bernal



Figura 5. Herramientas para la cosecha de aguacate.

Fotos: J. Bernal



Figura 6. Bolsas para retener los frutos de aguacate en la cosecha.
Fotos: J. Bernal

Cuando los árboles son muy altos puede ser necesario el uso de escaleras para facilitar las labores de cosecha (**Figura 7**). Una práctica que debe evitarse es lanzar el aguacate cosechado desde las partes altas del árbol, por el riesgo de daños físicos, especialmente si se llega a golpear contra el suelo. Algunos productores utilizan tubos de tela (sacos abiertos por ambos lados) para amortiguar la caída de la fruta desde lo alto de la escalera, esta práctica facilita la labor, pero se debe vigilar el efecto sobre la calidad y la incidencia de daños físicos sobre la fruta.

Los mejores cortes se logran utilizando tijeras bien afiladas para garantizar un menor daño físico, sin embargo, se debe tener cuidado de no rozar con la cuchilla la cáscara del aguacate, para evitar hendiduras que podrían ser un factor de rechazo y disminuir la vida comercial al producto.

El aguacate cosechado se debe colocar dentro de cajas plásticas, limpias y llenas hasta $\frac{3}{4}$ de su capacidad, de esta forma se previenen daños por compresión al estibar las cajas durante el transporte.



Figura 7. Uso de escalera para colecta de frutos.
Foto: J. Bernal

Acopio de la fruta en el campo

Antes de acondicionar y preparar el producto para el mercado, éste se debe proteger en determinados sitios dentro de la finca, en especial de la radiación solar, causante de la deshidratación, pérdida de peso y disminución de la calidad de la fruta, así como de la lluvia o humedad excesiva.

Los centros de acopio (**Figura 8**) son especialmente importantes cuando se trata de cultivos extensos o con topografía difícil y escarpada. Las interrupciones en la operación de cosecha por causa de la lluvia u otras razones técnicas o humanas, pueden ocurrir; por lo tanto, el acopio en los lotes de producción se debe planificar teniendo en cuenta la ubicación, las vías de acceso y la provisión de infraestructura básica para esta labor, como polisombras de protección solar, estibas para almacenamiento y mesas de selección, entre otras.

En el caso de lotes pequeños, los centros de acopio pueden ser móviles, fabricados con materiales livianos, económicos y fáciles de adquirir en la región.



Figura 8. Acopio en finca para adecuación de la fruta.

Fotos: J. Bernal

No se recomienda el uso de sacos (costales) para transportar la fruta desde el campo al sitio de empaque (**Figura 9**), porque el aguacate sufre golpes, magulladuras, rozaduras y daños por compresión, debido a que la carga de otros sacos estibados llega directamente a los frutos, adicionalmente favorece la fricción entre los frutos y el incremento de la temperatura del producto. Aún para pequeños productores, la recomendación es que se utilicen cajas plásticas limpias para el producto cosechado.



Figura 9. Prácticas inadecuadas poscosecha; daño en frutos por compresión.

Fotos: A. Sandoval, F. Forero y J. García

Otra práctica que debe evitarse es el transporte a granel de la fruta cosechada (**Figura 10**), en el cajón de un vehículo de carga, práctica que realizan algunos productores por facilidad en el manejo de la fruta y porque brinda la posibilidad de llevar mayor cantidad, sin embargo, bajo estas condiciones la fruta sufre mayores daños por compresión, roces y golpes, resultado del mal estado de las carreteras y a movimientos repentinos del vehículo debidos a curvas y pendientes.



Figura 10. Transporte inadecuado a granel del fruto.

Fotos: J. Bernal



Estos daños pueden resultar poco visibles por la firmeza del aguacate en el momento de la cosecha, pero el deterioro del producto se acelera y los daños se manifiestan cuando el producto alcanza la madurez de consumo, como oscurecimiento de la pulpa, maduración y ablandamiento no homogéneo, mayor susceptibilidad al deterioro y por lo tanto menor vida útil del producto.

Se requiere de una selección previa de la fruta en el campo (Figura 11), separando aquella que no cumpla con los requerimientos establecidos, con lo que se logra bajar los costos de transporte y aumentar la eficiencia de la planta empacadora, pues solamente ingresará producto con los atributos de calidad requeridos, esta operación puede hacerse mientras se empaqueta la fruta (al sacarla de las bolsas de cosecha), evitando colocar fruta directamente en el suelo.



Figura 11. Selección en campo de la fruta.

Fotos: J. Bernal

También permite al productor decidir y tomar acciones sobre el uso que se le dará al producto que no califica (otros mercados, descartarlo cerca de la plantación, alimento para animales u otro), con lo cual se evita que el producto de rechazo se deje en la plantación. Generalmente los productores seleccionan el producto en el campo y eliminan la fruta con daños por insectos, fruta con lesiones de roña de severas a muy severas y fruta con deformaciones, muy pequeña o con síntomas de enfermedades.

Índice de madurez

El índice de madurez o de cosecha se constituye en el parámetro más importante para determinar el momento oportuno para realizar la recolección y asegurar la vida útil de la fruta durante la poscosecha y su comercialización (Figura 12). Un índice de maduración o de cosecha debe ser sencillo, rápido y fácil de reproducir; además, debe reflejar la calidad de la fruta al momento de separarla del árbol.



Figura 12. Comercialización del aguacate en almacenes de grandes superficies.

Fotos: J. Bernal

Es importante diferenciar los términos madurez fisiológica y madurez comercial. La madurez fisiológica hace referencia a la etapa de desarrollo de la fruta en la cual se produce su máximo crecimiento y su semilla es viable. La madurez comercial o de consumo, se relaciona directamente con las exigencias de un mercado específico y con las características organolépticas típicas de cada producto.



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 corte es un factor clave para garantizar que la fruta madure adecuadamente, se optimice la calidad y se minimicen las pérdidas.

Existen diferentes métodos para determinar con precisión el grado de madurez de la fruta; algunos de ellos se pueden realizar en la finca y otros requieren equipos específicos de laboratorio.

Para la cosecha del aguacate se utilizan varios indicadores con el fin de definir el momento de corte, entre ellos: el tamaño y forma de los frutos, el color interno del mesocarpio o pulpa, el desarrollo de la zona de abscisión, los días transcurridos después del amarre de la fruta y otros que se basan en mediciones objetivas como la firmeza de la pulpa, el contenido de aceite y la tasa de respiración del fruto.

En Colombia, los principales criterios de cosecha son el cambio de color en la cáscara, de verde claro a verde oscuro y la desaparición del brillo, que ha mostrado bastante imprecisión por ser una medición subjetiva, que depende de la experiencia del cosechador. Estos criterios de corte no siempre se ajustan a los parámetros de selección utilizados en el centro de acopio, lo cual se traduce en altos porcentajes de rechazo, principalmente por fruta inmadura, que luego presenta problemas en el almacenamiento, ya que no alcanza la madurez óptima para consumo, la capa exterior de la semilla se adhiere a la pulpa y el sabor y firmeza de la fruta no se desarrollan adecuadamente.

La mayoría de las variedades comerciales que se cultivan en Colombia, pueden permanecer en el árbol durante varios días, semanas e incluso meses después de la madurez fisiológica, sin que se

produzca su abscisión y posterior caída de la fruta. De hecho, y sólo en aquellas variedades que cambian de color durante su proceso de maduración, es difícil definir con precisión la madurez de cosecha de forma visual.

El tipo de maduración que se presenta en aguacate, puede resultar ventajoso, ya que el productor puede programar la recolección de la fruta de acuerdo a las condiciones del mercado; sin embargo, conlleva algunos riesgos, como bajos contenidos de aceite, presencia de fibras en la pulpa y frutos con aspecto arrugado, cuando la cosecha es prematura; en el caso contrario, cuando la cosecha se retrasa, la fruta puede presentar maduración desuniforme y mal sabor; además, mientras más tiempo permanezcan los frutos en el árbol, su madurez comercial se produce más rápido y por lo tanto su vida de anaquel también se reduce. Por tal motivo, las labores de cosecha se deben programar con anticipación, teniendo en cuenta, la variedad, condiciones del cultivo, exigencias del mercado y las distancias hacia los centros de comercialización y de consumo.

Para determinar con precisión los índices de maduración, lo mejor es combinar diferentes criterios para realizar la cosecha en el momento oportuno, siendo necesario tener presente, los siguientes aspectos: conocer las épocas de maduración de las variedades sembradas bajo las condiciones agroecológicas de cada sitio; identificar los cambios en las tonalidades de color de los frutos y conocer el tamaño promedio de los frutos de cada variedad; en la mayoría de las variedades la porción del pedúnculo más próxima al fruto se torna amarillenta, lo cual es un buen indicio de madurez de cosecha. En relación con los cambios de color de la cáscara, cuando el fruto no ha alcanzado la madurez fisiológica, ésta presenta un color verde brillante,

pero a medida que la maduración avanza, el color se torna verde opaco; tal es el caso de algunas variedades comerciales como Fuerte, Booth, Reed y Trinidad.

La variedad Hass presenta un cambio evidente de color de la cáscara del verde a un color rojizo posteriormente morado oscuro, cuando alcanza la madurez fisiológica (**Figura 13**). En la variedad Collinred, el cambio de color es menos drástico, presentando estrías rojizas y moradas sobre el color verde, que no desaparecen por completo.

El contenido de grasa es un criterio de madurez confiable pero es difícil de determinar; sin embargo, existe un alto grado de correlación entre el contenido de grasa y materia seca en el aguacate, esta última se determina por un método

simple, económico y rápido con un horno, para deshidratar la muestra. El porcentaje del contenido de aceite aceptado a nivel mundial oscila entre el 8 y el 10%, mientras que el porcentaje de materia seca debe mantenerse entre el 17 y el 25%. Los requerimientos para valorar estos índices cambian con la variedad, las condiciones ambientales de producción y son reglamentados de forma individual por cada país. La determinación del estado de madurez y por ende, el momento adecuado para realizar la cosecha de los frutos de aguacate, en realidad no es sencillo. Con excepción de algunas variedades, no existen indicios externos visibles para establecer los índices de maduración.

El porcentaje de Materia Seca (MS) está fuertemente relacionado con el contenido de aceite y la calidad (Lee *et al.*, 1983; Brown, 1984; Ranney, 1991). El contenido total de aceite y la humedad son recíprocos y generalmente se suman a una constante para cualquier cultivar (Swarts, 1978). Por lo tanto, el porcentaje de MS es utilizado actualmente como un índice de madurez en Australia, Israel, Nueva Zelanda y Estados Unidos, entre otros. En la **Tabla 1** se presentan los de índices actuales de maduración según el porcentaje de MS legal, utilizados en varios países.



Figura 13. Cambio de color en frutos de Hass, indicando la madurez de consumo.

Fotos: J. Bernal





Tabla 1. Porcentaje promedio de materia seca (%MS) de la pulpa, requerido para asegurar una calidad de maduración aceptable en varios cultivares de aguacate.

Índice de Maduración (%MS)			
Cultivar País Promedio (%)			Referencia
'Hass'	Australia	21,0	Brown, 1984
	Estados Unidos	21,6	Ranney, 1991
	Estados Unidos	21,8	Lee <i>et al.</i> , 1983
	Sudáfrica	23,0	Milne, 1994
	México	22,0	Sánchez, 1993
	Chile	23,0	Waissbluth y Valenzuela, 2007
	España	23,0	Galán-Saúco, 1990
'Fuerte'	Australia	21,0	Brown, 1994
	Australia	22,5	Dettman <i>et al.</i> , 1987
	Estados Unidos	19,9	Ranney, 1991
	Estados Unidos	21,0	Lee <i>et al.</i> , 1983
	Sudáfrica	20,0	Milne, 1994
	España	22,0	Galán-Saúco, 1990
'Bacon'	Estados Unidos	18,5	Ranney, 1991
	Estados Unidos	20,0	Lee <i>et al.</i> , 1983
	España	21,0	Galán-Saúco, 1990
'Zutano'	Estados Unidos	18,8	Ranney, 1991
	Estados Unidos	20,2	Lee <i>et al.</i> , 1983
	España	22,0	Galán-Saúco, 1990
'Gwen'	Estados Unidos	25,9	Ranney, 1991
'Ryan'	Sudáfrica	20,0	Milne, 1994
'Edranol'	Sudáfrica	25,0	
'Pinkerton'		20,0	Kruger y Abercrombie, 2000
'Ettinger'	España	21,0	Galán-Saúco, 1990

En la **Tabla 2** se presentan los parámetros mínimos de calidad para algunas variedades de aguacate sembradas en Colombia, en donde se evidencia el contenido de materia seca y aceite.

Tabla 2. Parámetros mínimos de calidad, para ocho variedades de aguacate en Colombia.

Variedad	Pulpa (%)	Aceite (%)	Materia Seca (%)	Dureza (kgf.cm ²)
Hass	55,7	25,5	39,5	2,4
Fuerte	70,6	10	21,1	2,2
Booth 8	69,2	6,4	15,8	3,2
Trinidad	62,9	10,8	23,9	2,4
Lorena	69,2	3,3	15,9	3,7
Trapp	68,4	3,8	14,9	4,8
Choquette	77,2	4,6	14,8	2,7
Santana	68,6	3,9	12	4,1

Fuente: Rojas *et al.*, 2004.

Desde el punto de vista práctico, la determinación del porcentaje de grasa es difícil de realizar, requiere la extracción y determinación del contenido de grasa lo cual demora días en laboratorios especializados y tiene un costo elevado por muestra. Por su parte, la determinación del contenido de materia seca es bastante más simple, económica y su implementación en una planta empacadora de aguacate es relativamente sencilla como se explica a continuación.

Determinación de Materia Seca

Los resultados de contenido de materia seca se obtienen en unas pocas horas, por lo que se pueden utilizar para determinar si un lote de la plantación está listo para cosechar, así como para realizar análisis a los frutos cosechados en caso de duda sobre el grado de madurez. El equipo requerido incluye un horno microondas, una balanza analítica, un desecador y cápsulas (tipo platos petri o similar) para colocar las muestras. El método consiste en cortar aproximadamente 100 g de pulpa en rebanadas muy delgadas (cortadas con un pela papas y colocarlas a secar en el horno microondas hasta obtener peso constante, proceso que tarda entre 5 y 15 minutos.





Protocolo para determinación de materia seca

1. Seleccione cuidadosamente los aguacates, recojiéndolos de las partes sombreadas del árbol y de árboles en diferentes partes del cultivo, la fruta no debe estar blanda para poder ejecutar la prueba, se debe marcar la muestra para evitar confusiones, no mezclar variedades, transportar cuidadosamente y efectuar el análisis lo más pronto posible.
2. La fruta se parte inicialmente en mitades, y luego cada mitad en 4 partes, usando el pelador de papas o un cuchillo, quitar la piel a la pulpa, retire todos los rastros de la semilla.
3. Pese el plato vacío y apunte este resultado, el cual será el PESO DE TARA (P_1).
4. Coloque el plato vacío sobre la balanza y adicione la muestra de aguacate (tajadas) aproximadamente 100 gramos, no necesariamente debe ser este peso exacto, apunte el peso del plato más la muestra, este será el PESO HÚMEDO (P_2).
5. Coloque el plato o porta muestra con los trozos de aguacate dentro del horno microondas.
6. Dado que los hornos microondas varían, es fundamental comenzar a baja potencia y gradualmente aumentarla para evitar que se queme la muestra. Se sugiere que para iniciar usar el 40% de potencia durante 15 minutos.
7. Retire la muestra del microondas y pesar.
8. Después de pesar, introduce la muestra de nuevo al horno de microondas durante 3 minutos a 40% de potencia.

9. Retire la muestra del microondas y pesar.
10. Este proceso se repite a intervalos de un minuto hasta que no se observe más pérdida de peso (después de varias repeticiones puede determinar el correcto ajuste de la potencia y el tiempo aproximado con el fin de asegurar no quemar la muestra).
11. Después de que no se observen cambios significativos de peso, retirar la muestra del horno y pesar; este será el PESO SECO (P_3).

Cálculos

$$\frac{\text{Peso seco } (P_3) - \text{Peso tara } (P_1)}{\text{Peso húmedo } (P_2) - \text{Peso tara } (P_1)} \times 100 = \text{contenido de materia seca (\%)}$$

El uso combinado de dos indicadores para determinar el momento de cosecha del aguacate como la opacidad de la cáscara y contenido de materia seca, resulta conveniente y de aplicación muy práctica, el primer indicador facilita la cosecha en el campo, por otra parte con el segundo se comprueba la madurez fisiológica del fruto, sus resultados sirven para mantener una buena comunicación con el productor y hacer los ajustes que se requieran en los casos en que el contenido de materia seca sea más bajo del requerido (fruta inmadura).

Manejo poscosecha

La poscosecha se define como la etapa del proceso productivo que incluye todas las actividades que deben ser implementadas para ofrecer una fruta de excelente calidad, desde el momento de la recolección hasta que llega al consumidor final.

Antes de abordar el tema, así como el análisis de los factores que en ello convergen, es necesario mencionar que

cualquier actividad que se realice en el huerto antes y durante el desarrollo del fruto, influirá de alguna manera en este período. Sin embargo, la etapa que generalmente se considera de importancia y que tiene serias repercusiones en la producción, empieza desde que se cosecha el fruto de aguacate, ya que desde ese momento y hasta su presentación en el mercado al consumidor, transcurre un lapso de tiempo considerable, durante el cual el fruto puede sufrir diferentes tipos de daños mecánicos y fisiológicos, que lo hacen susceptible al ataque de diferentes agentes fitopatológicos.

Dentro de los daños que se pueden presentar por agentes patológicos, se encuentran *Colletotrichum gloeosporioides*, *Sphaceloma perseae*, *Alternaria* sp., *Fusarium* spp., *Diplodia* spp., *Pestalotiopsis* sp., *Phomopsis* sp., entre otros, lo que inciden en la disminución de la calidad y por consiguiente, en el precio del producto, causando pérdidas que van desde un 10 hasta un 100% de la fruta que se envía al mercado.

El manejo del aguacate durante y después de la cosecha debe ser cuidadoso para garantizar al consumidor la calidad e inocuidad de la fruta que ellos requieren; los operarios que laboran en el campo y en la planta empacadora deben conocer bien el producto, sus atributos de calidad y los principales defectos, así como la tolerancia de los mismos para que no sean considerados factores de rechazo.

Los procesos de cosecha y acondicionamiento del aguacate deben tomar en cuenta los requerimientos de los clientes y consumidores finales en el mercado meta, así como el tiempo desde el corte del fruto hasta la exhibición en los puntos

de venta y los cambios esperados durante el transporte, como cambios en la textura y color, propios de la maduración y cualquier síntoma de deterioro debido a patógenos, insectos y a daños físicos en la fruta.

Es básico recordar que el aguacate es un fruto climatérico, es decir después de cosechado el fruto continúa los procesos de maduración (incremento de azúcares, reducción de acidez, cambio de color, entre otros); además, es muy susceptible al daño por frío, lo que significa que durante el almacenamiento, el fruto puede sufrir deterioro en sus características organolépticas.

Aspectos fisiológicos durante la poscosecha

Producción de etileno

El etileno (C₂H₄) es un gas sintetizado por las plantas en forma constante, para cumplir funciones específicas de maduración; su concentración como etileno endógeno es muy baja y aumenta ligeramente antes de iniciar dicho proceso. En los frutos climatéricos, como el aguacate, la producción de etileno se considera alta y su concentración se mantiene así durante todo el proceso de maduración.

El etileno, incluso en concentraciones muy bajas, afecta la tasa respiratoria de los frutos y afecta el proceso interno de maduración. Para alcanzar los objetivos de acelerar o detener la maduración, se deben implementar tratamientos que involucren no solo la presencia de etileno exógeno sino también el control de otros factores como la temperatura, humedad relativa, concentración de gases y tiempo de almacenamiento.



El tratamiento de frutos de aguacate con 100 ppm de etileno a 20°C y almacenados por 48 horas, conduce a obtener su madurez de consumo en tres a seis días, dependiendo de la variedad y del estado de madurez fisiológica en que sean recolectados.

La producción de etileno comienza después de la cosecha y aumenta considerablemente con la maduración a valores superiores de 100 µl de C₂H₄/kg/h a 20°C de temperatura.

Respiración

La respiración es un proceso metabólico que toma como materia prima compuestos como los azúcares, el almidón y los ácidos grasos y los somete a una degradación oxidativa, dando como resultado moléculas más simples como el dióxido de carbono (CO₂), el agua (H₂O) y otras moléculas, para ser utilizadas en otras síntesis, liberando durante todo este proceso energía en forma de ATP y kilocalorías. La tasa respiratoria de los frutos cosechados de aguacate, depende de las condiciones de almacenamiento, especialmente de la temperatura. En general, la fruta refrigerada disminuye su ritmo respiratorio, aumentando así su vida de almacenamiento.

Transpiración

La transpiración es un fenómeno físico de pérdida de vapor de agua, a través de la cutícula, estomas o lenticelas del área expuesta a las condiciones ambientales. La pérdida de agua se evidencia con la disminución de turgencia, lo cual afecta la calidad de la fruta, con la consecuente pérdida de su valor comercial.

Los frutos de aguacate pierden agua, a través de los poros de su corteza exterior, como consecuencia de condiciones inadecuadas de almacenamiento, empaque y

transporte, principalmente. Estos aumentan los niveles de transpiración y respiración, los cuales, a su vez, contribuyen a los cambios de peso del fruto. Lo cual, además trae como consecuencia la disminución del aroma, cambios en el color y en general una mala apariencia y deterioro de la fruta. La pérdida de peso de la fruta almacenada es proporcional al aumento de la temperatura, siendo las temperaturas de almacenamiento natural más adecuadas, de 17°C hasta por 11 días y de 5°C para almacenamiento refrigerado por un periodo de hasta 20 días.

Adecuación

En el centro de acopio o planta empacadora el producto se acondiciona para el mercado fresco, las operaciones que allí se realizan contribuyen a mantener la calidad del producto, extender su vida útil y garantizar al consumidor productos inocuos. Es importante capacitar al personal de la planta y a los agricultores sobre los cambios en el aguacate durante la maduración, las enfermedades más comunes, daños mecánicos y cómo se manifiestan cuando la fruta alcanza la madurez comestible, los cambios de color, daños por insectos y otros, así como las medidas preventivas para minimizar su aparición.

La preparación del aguacate para el mercado fresco también debe tomar en cuenta los requerimientos del mercado meta, las características y condiciones en la cadena de distribución y comercialización (tiempos, temperaturas, tipo de vehículos, etc.) a las que el producto estará sometido desde la planta empacadora hasta los puntos de venta y sus exhibidores.

Recepción e inspección

La calidad del aguacate no mejora después de la cosecha, pero puede conservarse mediante el manejo cuidadoso en el campo, durante las operaciones en la planta empaadora y la cadena de comercialización (Figura 14).



Figura 14. Recepción e inspección de la fruta.

Fotos: J. Bernal

Las especificaciones de calidad exigidas por la planta de empaque o procesado deben ser conocidas por todos los productores y procurando dar seguimiento a las labores de campo y manejo de la fruta por medio de visitas y control de los registros que lleven sobre las prácticas de campo.

El recibo de la fruta debe ser ágil, para evitar las esperas en el medio de transporte bajo el sol o la lluvia, que deterioran la calidad. La operación de

recepción tiene algunos trámites, como el registro de la cantidad de producto que se entrega, la procedencia de los productos, la identificación del lote, documento de recibo para el productor, entre otros; algunos aspectos técnicos se incluyen dentro del término inspección como la vigilancia de la calidad de las frutas que se reciben, la cual debe ajustarse a los criterios de cosecha, la acomodación del producto para evitar la contaminación cruzada y permitir su identificación en todo momento, así como la revisión del medio de transporte y los empaques.

Selección

Después de la inspección, los frutos recolectados se seleccionan para separar aquellos que no presentan las condiciones apropiadas para su comercialización; deben descartarse aquellos frutos con daño físico y/o por insectos, cicatrices, malformaciones, frutos inmaduros o sobremaduros, así como los que se observen deshidratados, con ausencia de pedúnculo o con manchas causadas por agentes biológicos y según las especificaciones de calidad que tenga el mercado al que se dirige la fruta. El sitio destinado para la selección debe tener buena ventilación, estar protegido de los rayos solares y alejados de fuentes de contaminación como agroquímicos, abonos, fertilizantes o animales, entre otros. También, deberá ofrecer a los operarios las condiciones ergonómicas mínimas, como luz suficiente y mesas con una altura que permitan realizar esta labor con comodidad y eficiencia. Esta etapa complementa la selección realizada en el campo, pero no la sustituye, pues se hace con el fin de asegurar que el producto que ingresa tenga las características de calidad requeridas, y para evitar que producto en mal estado contamine el agua de lavado y los equipos en la planta de empaque.



Para seleccionar los frutos aptos para el mercado se emplean operarios entrenados, lo cual resulta ser eficiente, ya que ningún equipo reemplaza la agudeza visual y destreza del hombre. Los frutos destinados a la comercialización deben tener como mínimo las siguientes características: estar sanos, tener el tamaño, el peso y la forma promedio de la variedad, estar exentos de materiales extraños visibles como tierra, polvo, agroquímicos y cuerpos extraños, presentar el pedúnculo completo y no presentar deformaciones, hundimientos y/o arrugamientos.

Clasificación

Una vez se efectúa la selección del producto, se procede a su clasificación, con el fin de unificar la calidad, de acuerdo con una o varias características, como color, tamaño, peso (**Tabla 3**) y sanidad. La clasificación conduce a conformar categorías o clases comerciales del producto.



Figura 15. Clasificación del aguacate.

Foto: J. Bernal

Se puede hacer manual o mecánica, pero generalmente se combinan ambos métodos (**Figura 15**). La clasificación manual requiere operarios calificados y entrenados para llevar a cabo esta labor. La clasificación mecánica se efectúa a través de bandas y equipos diseñados para tal fin, combinando diferentes criterios de clasificación, de acuerdo con la variedad y el mercado objetivo.

Tabla 3. Categorías para la clasificación de algunas variedades de aguacate en Colombia.

Categoría	Variedad/Peso en gramos					Defectos
	Calibre	Hass	Fuerte	Reed	Collin Red	Choquette
Extra	>180	>270	>350	>500	>1000	No tolera: Daño mecánico Daño por plaga o enfermedad Golpe de sol
Primera	>140 a 180	>240 a 270	>250 a 350	>400 a 500	>800 a 1000	No tolera: Daño mecánico Golpe de sol Tolera: Hasta 6 cm ² de daño por plaga o enfermedad, excepto pasador del fruto
Industrial	>90 a 140	>150 a 240	>200 a 250	>200 a 400	>400 a 80	No tolera: Daño mecánico Tolera: Golpe de sol
Descarte	<90					

Lavado y desinfección

La función del lavado y la desinfección de la fruta es remover la suciedad y los microorganismos patógenos de la superficie del aguacate. El lavado es superficial y con él se reduce la carga microbiológica que trae la fruta desde el campo. Esta operación es muy importante para preservar la calidad de la fruta (extender la vida útil) y minimizar el riesgo de transmitir enfermedades a los consumidores (**Figura 16**).



Figura 16. Lavado y desinfección del aguacate.

Foto: J. Bernal

Los aguacates crecen distanciados del suelo, con lo cual el riesgo de contaminación microbiológica es menor comparado con otros productos que crecen cerca de la tierra (fresas, por ejemplo); sin embargo, las plantaciones están expuestas al ambiente; hay otros vectores de contaminación como los operarios de campo, los materiales de empaque, medios de transporte y otros.

Para esta operación se utiliza principalmente agua clorada (100 a 150 ppm), utilizando hipoclorito de sodio o de calcio, en un tratamiento por inmersión que tarda de 2 a 3 minutos. Las soluciones de cloro tiene la característica que su efectividad depende de la concentración de cloro, la temperatura y especialmente el pH de la solución, que debe estar entre 6,0 y 7,0, niveles a los cuales se encuentra

la mayor actividad del cloro como agente desinfectante. Algunas recomendaciones para que este tratamiento sea efectivo a lo largo del día son las siguientes:

- Utilizar agua de buena calidad, para lo cual debe controlarse su calidad microbiológica y química (análisis periódicos), tanto para el caso en que se utilice agua de acueducto como de pozo u otra fuente.
- Controlar la concentración del cloro y el pH del agua de lavado a lo largo del día.
- Realizar cambios de agua cuantas veces se requiera según la cantidad y suciedad de producto lavado.
- Utilizar empaques de campo (cajas plásticas) limpias y desinfectadas con frecuencia y evitar colocar el producto directamente sobre el suelo.

Es conveniente que el lavado se haga utilizando cajas limpias, para lo cual se puede hacer un trasvase cuidadoso de la fruta en la planta empacadora, a la vez que se selecciona.

Es importante tener en cuenta las recomendaciones anteriores para evitar que las pilas de lavado y desinfección se conviertan en un foco de contaminación para la fruta fresca que se lava.





Tratamientos con fungicidas

Las enfermedades más comunes durante la poscosecha del aguacate son antracnosis y la pudrición del pedúnculo. El control de éstas y otras enfermedades inicia en el campo, con las prácticas de cosecha y poscosecha de la fruta; las principales fuentes de contaminación durante este período, se deben a los implementos y recipientes de cosecha, bodegas, vehículos de transporte y aguas contaminadas usadas para el lavado y desinfección de las frutas. Adicionalmente a las medidas preventivas, la fruta debe someterse a un tratamiento con fungicida para curar infecciones latentes y prevenir el desarrollo de otras.

Durante la poscosecha, los patógenos logran penetrar por dos vías: la primera, por heridas en los frutos que sirven de puerta de entrada; allí las esporas germinan, crecen y colonizan el tejido expuesto. La segunda vía de entrada es por penetración directa del patógeno, desde la formación de estructuras florales hasta los diferentes estados de desarrollo de la fruta; esto ocurre en el cultivo y bajo condiciones apropiadas de humedad y temperatura; la infección puede permanecer latente y manifestarse en la poscosecha.

El incremento de las pérdidas poscosecha ha sido producto de un inadecuado manejo y desconocimiento por parte de productores y comercializadores de aspectos tan fundamentales como: sintomatología, morfología, agentes causales, epidemiología y manejo de los problemas patológicos que afectan las frutas.

La implementación de un tratamiento con fungicida por inmersión es muy fácil de realizar con el producto empacado en cajas plásticas con suficientes drenajes,

con tiempos de inmersión de un minuto; posteriormente es importante remover la humedad superficial después del tratamiento, lo cual puede hacerse mediante rodillos con espuma en procesos continuos, con el uso de ventiladores sobre el producto, o bien dejándola escurrir por un tiempo prudencial.

Empaque

Las principales funciones de los empaques son contener y proteger al producto hasta el mercado meta; además, facilitar el manejo y comercialización, con peso y calidad uniformes. El empaque debe proporcionar suficiente resistencia mecánica para soportar el apilamiento de las cajas y no trasladar el esfuerzo a la fruta empacada, permitir un enfriamiento rápido y evitar la acumulación de gases indeseables como el etileno para evitar que se acelere la maduración.

La calidad final de los frutos de aguacate depende en gran medida del empaque, por lo tanto se deben empacar solo los frutos limpios, secos, seleccionados y clasificados, pues la inclusión de productos dañados puede impedir su venta y convertirse en fuente de contaminación para el producto sano.

El empaque más adecuado para comercializar aguacate a nivel nacional es la canastilla plástica, en la cual se acomodan, desde el momento mismo de la recolección, hasta 15 kg de fruta (**Figura 17**); en ella se colocan uno o dos tendidos de fruta para evitar magulladuras por sobrepeso. Las canastillas plásticas resisten manejos bruscos, cambios de temperatura, humedad excesiva y el uso de detergentes y desinfectantes. Aunque su costo inicial puede resultar elevado, éste se disminuye notablemente por ser reutilizables; además, permiten buena ventilación y son apropiadas en caso de requerir refrigeración.



Figura 17 . Canastilla plástica más comúnmente utilizada para el empaque de aguacate.

Fotos: J. Bernal

Los empaques más utilizados en los mercados internacionales de la fruta son cajas de cartón corrugado, con una capacidad entre 2,0 y 2,5 kg y un solo tendido de fruta, provistas de alvéolos, con el objeto de inmovilizar y proteger la fruta en forma individual (**Figura 18**).



Figura 18. Cajas de cartón para el empaque de aguacate en mercados internacionales.

Fotos: J. Bernal

Una vez empacadas, las cajas se colocan en arrumes o palets de tres hileras y cinco cajas cada uno, amarradas con zunchos y colocados en estibas de madera, que facilitan su traslado en el sitio de almacenamiento (**Figura 19**).



Figura 19. Palets o arrumes para el transporte del aguacate.

Fotos: J. Bernal

La fruta destinada para el mercado de exportación debe cumplir con estándares precisos de calidad, en cuanto a variedad, tamaño, peso, grado de maduración, forma y sanidad, principalmente.

Las dimensiones del empaque generalmente las impone el comprador, están dadas por aspectos de comercialización que el mercado ha definido con una determinada cantidad de producto por caja, tamaño de fruto, color y otros atributos. El diseño y materiales puede o no, ser especificado por el comprador, en ocasiones, para los mercados locales la selección del empaque depende en gran medida de los precios y disponibilidad.

Para seleccionar el empaque adecuado se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos:

Requerimientos del mercado: dimensiones y especificaciones especiales (reutilizable, reciclable, etc.)

Cantidad de producto por empaque en peso, número de frutas por empaque, etc.

Resistencia mecánica, el empaque debe resistir los esfuerzos a lo largo del transporte, almacenamiento y comercialización de la fruta, bajo condiciones de enfriamiento y alta humedad relativa (90 - 95%).

La ventilación debe permitir la circulación del aire frío a través de las cajas para enfriar el aguacate y evitar la acumulación de gases indeseables dentro de los empaques. Por ejemplo, es preferible el uso de ventilaciones alargadas (cerca del 5% del área del empaque para cajas de cartón corrugado), ubicadas dejando al menos 5 cm de distancia de las aristas verticales de las cajas, para disminuir el efecto en la reducción de la resistencia mecánica.



Disponibilidad de espacio para el almacenamiento. Cuando se utilizan empaques plásticos, uno de los mayores problemas es el espacio que requieren para el almacenamiento, por lo general no se pueden almacenar uno dentro del otro. En ese sentido los empaques de cartón permiten el almacenamiento de una gran cantidad de cajas en poco espacio, las cuales se van armando conforme se necesiten.

Costo y disponibilidad en el mercado. El empaque generalmente representa un alto porcentaje del costo del producto empacado (20 a 30%) para la mayor parte de los productos agrícolas frescos, lo cual obliga a una selección cuidadosa del empaque y sus materiales. Esto ha llevado a los empacadores a comprar empaques plásticos de segunda mano, sin embargo, la reutilización de empaques requiere que estos sean lavados y desinfectados antes de ser usados, y que se almacenen en un lugar limpio y libre de plagas.

Almacenamiento

En general, el almacenamiento de los productos agrícolas se hace con el propósito de conservar los excesos de producción, regular la oferta, normalizar los precios o simplemente porque no se cuenta con los medios de transporte en forma oportuna. La temperatura y la humedad son factores estrechamente relacionados con el tiempo de conservación en las bodegas o lugares de almacenamiento. Una vez alcanzadas las condiciones de conservación requeridas, deben mantenerse constantes, en particular en lo referente a la temperatura, humedad relativa y circulación de aire.

Los frutos de aguacate contienen más del 85% de su peso en agua, lo cual es necesario conservar, aumentando la humedad relativa y disminuyendo la temperatura de almacenamiento, minimizando la transpiración y la pérdida de agua, mantiene su textura y calidad

y retarda la senescencia de la fruta. Sin embargo, la refrigeración es una tecnología costosa, que demanda gran cantidad de energía.

El mantenimiento a bajas temperaturas es la forma más efectiva de preservar la calidad y prolongar la vida de almacenamiento de los frutos. Debido a la alta susceptibilidad de los frutos de aguacate al daño por frío, es necesario extremar los cuidados y adelantar los estudios que permitan definir con precisión las mejores condiciones para almacenar la fruta recolectada. Las temperaturas de almacenamiento refrigerado más adecuadas para la mayoría de las variedades de aguacate sembradas en Colombia, oscilan entre 5 y 12°C y una humedad relativa de entre el 85 y el 90%. Siempre que sea posible, se debe considerar el almacenamiento, aprovechando el frío natural de algunas regiones productoras; es importante que estos sitios sean aireados y completamente limpios, protegidos del sol y alejados de fuentes de contaminación.

Otras recomendaciones de fácil aplicación y con resultados positivos para la conservación de los frutos de aguacate, durante su almacenamiento, son: desinfectar los sitios y bodegas, mantener limpias y desinfectadas todas las canastillas, evitar la sobrecarga de los empaques y no realizar arrumes demasiado altos, para permitir la circulación de aire al interior del almacén.

El enfriamiento del aguacate puede hacerse en cuartos fríos, el producto empacado se coloca en forma ordenada dentro de los cuartos refrigerados y se deja enfriar hasta su temperatura óptima de almacenamiento. La acomodación del producto es importante para facilitar la circulación del aire a través (por dentro) y alrededor de las cajas durante el enfriamiento en cuarto frío, o con aire forzado (**Figura 20**).



Figura 20. Almacenamiento en cuartos fríos para aguacate.
Fotos: J. Bernal

La capacidad de refrigeración y operación de los cuartos fríos son aspectos muy importantes para asegurar el enfriamiento de la fruta. Los equipos de refrigeración deben diseñarse para que puedan absorber en un tiempo predeterminado la carga térmica (calor) del producto y los materiales de empaque, la estructura, personas trabajando, cambios de aire y otros. Para ello es importante que durante el diseño se conozcan las condiciones ambientales del lugar donde se ubicará el cuarto frío, la cantidad de producto que almacenará, la temperatura con que la fruta viene de campo, el tiempo de enfriamiento del producto y que permanecerá dentro de las cámaras (Tabla 4).

Tabla 4. Condiciones de almacenamiento bajo atmósfera controlada para diferentes variedades de aguacate.

Variedad	%O ₂	%CO ₂	Temperatura (°C)
Hass	2-10	4 - 10	7
Booth 8, Fuchs	2	10	7,5
Edranol	2	10	8
Fuerte	2	10	5,5
Lula	2	10	4-7
Anaheim	6	10	7
Waldin, Fuchs	2	10	7
Criollos	2	10	12-14

Fuente: Yahia, 2003.

La operación de las cámaras refrigeradas incluye un buen control de la temperatura y la humedad relativa, higiene y sanidad de la estructura, acomodación de la fruta dentro del cuarto frío, manejo de inventarios (primeros productos que ingresan deben ser los primeros que se despachan), mantenimiento preventivo del equipo de refrigeración y de humedad (regulador de humedad relativa), minimizar el tiempo en que la puerta del cuarto frío permanece abierta y el del personal que trabaja dentro de las cámaras. Se deben llevar registros de las operaciones de limpieza y los controles de temperatura y humedad relativa. El aguacate también puede enfriarse con agua (hidroenfriamiento), pero es importante que una vez que el producto se enfríe, se seque y se mantenga en un cuarto frío.

Transporte

Independiente del tipo de transporte empleado, los criterios y condiciones mínimas del sistema de transporte utilizado serán los mismos: las labores de cargue y descargue de los vehículos



se deben realizar cuidadosamente; la duración del viaje debe ser lo más corta posible, el producto se debe proteger en relación con su susceptibilidad al daño físico. El sobrepeso causa rupturas de la epidermis, magulladuras o laceraciones del fruto, por lo tanto, se deben evitar sacudidas y movimientos fuertes al interior del vehículo; los vehículos deben estar provistos de carpas, preferiblemente blancas o de un color claro, que reflejen la radiación solar y no la absorban transfiriéndolo a la fruta. El sobrecalentamiento de la carga ocasiona deshidratación y pérdida de peso de los frutos, los vehículos deben permanecer en perfectas condiciones mecánicas y contar con toda la documentación actualizada; los conductores deben tener una capacitación mínima sobre el tipo de producto que transportan; de esta forma aceptarán las recomendaciones para protegerlo, relacionadas con velocidad, volumen y peso mínimo de la carga, cantidad de aire de las llantas, mezclas de productos, entre otras consideraciones.

Es recomendable el uso de camiones refrigerados, pues las fluctuaciones de temperatura provocan la condensación de agua sobre la cáscara de la fruta y esto favorece el deterioro patológico del aguacate, restandole vida comercial. Si las distancias son cortas, pueden utilizarse camiones con aislamiento térmico para conservar la temperatura del producto. El manejo de la temperatura durante el transporte debe ser más cuidadoso cuando se transporta aguacate con madurez de consumo, porque el producto es más sensible a los daños físicos y el efecto del incremento en la temperatura sobre el deterioro del producto es mayor.

Exhibición en el punto de venta

El punto de venta es el lugar donde el producto se exhibe al consumidor y este decide su compra. Es un lugar donde el producto se expone a la manipulación

de los consumidores, que con frecuencia lo toman en sus manos y presionan para determinar si ha alcanzado su madurez de consumo que se manifiesta como pérdida de firmeza. Para minimizar el efecto de la manipulación por parte de los consumidores, se puede limitar la cantidad de producto, acomodarlo en capas de forma ordenada y en un lugar accesible pero donde que no sea tan fácil tocar las frutas, lo anterior porque el consumidor tiende a presionar varias frutas, para posteriormente escoger la(s) que se quiere llevar a casa.

La exhibición a 5 a 13°C ayuda a conservar por un mayor tiempo la calidad del aguacate, aunque con frecuencia esta fruta se presenta bajo condiciones ambientales en los puntos de venta. El efecto de la exhibición a mayores temperaturas no es tan crítico en el punto de venta como en las etapas anteriores, porque los tiempos de rotación son del orden de 1 a 2 días, y el incremento en la temperatura favorece la maduración del fruto para su consumo. Sin embargo, si la exhibición en los puntos de venta es más prolongada, se corre el riesgo de aguacates sobremaduros o con deterioro patológico que pierden su valor comercial.

El concepto de calidad

Las normas de calidad para productos agrícolas frescos se establecen como apoyo a la comercialización de los mismos, de manera que el comprador y el vendedor hablen en los mismos términos.

En general el término calidad se puede definir como el conjunto de cualidades de un producto que ofrece al consumidor entera satisfacción por el precio que está dispuesto a pagar. Las características que en términos de calidad debe reunir una fruta son calidad comercial, calidad sensorial (organoléptica), calidad higiénica y de protección de la salud y calidad nutricional.

Calidad comercial

La calidad comercial comprende básicamente los aspectos de presentación externa, como apariencia general en términos de color, tamaño, forma, presencia de daños, raspaduras, variedad, etc. Otros aspectos como la limpieza del producto, relacionados con la no presencia de materiales extraños como residuos de hojas, tierra; la sanidad en cuanto a ausencia de plagas y enfermedades; la homogeneidad de una unidad de muestreo, son criterios muy importantes cuando se trata de calidad comercial.

Por su parte, al vendedor también le es útil utilizar las normas, porque esto le permite negociar mejor sus productos, y hasta lograr precios preferenciales diferenciados por calidad y se asegura que si se ajusta a tales normas va a evitar rechazos en las entregas o castigos en los precios.

Las normas de calidad para aguacate, incluyen como atributos de calidad el color propio de la variedad, la frescura, la sanidad, ausencia o tolerancia de defectos como daños mecánicos, manchas, daños por insectos y otros, así como los rangos de peso o calibre.

Las cadenas de supermercados han contribuido con el establecimiento de normas de calidad propias y a la vez han apoyado al productor para que implemente los cambios necesarios en sus fincas, con el fin de minimizar los riesgos de contaminación de las frutas en su etapa de producción y manejo poscosecha. Con ello, aseguran una calidad uniforme para los clientes y pueden identificar con relativa facilidad el origen de problemas que se pueden presentar con algunos productos, pues sus programas permiten identificar la procedencia y tratamientos a los que ha sido sometido durante su etapa de producción y comercialización.

Calidad sensorial

Es el conjunto de propiedades o características de un producto, que actúan como estímulo a los diferentes sentidos, afectados antes, durante y después del eventual consumo; en esa medida, determina que un alimento, sea o no consumido. Se refiere a las sensaciones que se experimentan al consumir un alimento y se relaciona con las impresiones gustativas, visuales, olfativas y táctiles. La calidad sensorial adquiere cada día mayor importancia, en una sociedad en la que al tener cubiertas sus necesidades nutricionales, el principal problema que plantea es elegir entre una oferta muy amplia de productos, principalmente por la satisfacción que le genera su consumo. En la percepción sensorial actúan los cinco sentidos, en diferente grado, aunque su evaluación se realiza en forma global.

Calidad nutricional

A medida que aumenta el nivel de vida y el conocimiento de la importancia de alimentarse bien, el consumidor ha tomado conciencia de las bondades de incluir las frutas en su dieta diaria. La calidad nutricional de las frutas se refiere tanto al aporte de nutrientes básicos, como a su aporte terapéutico. En este sentido, las frutas se adaptan perfectamente a las exigencias del mercado, ya que no solo constituyen un delicioso alimento, sino que contribuyen a conservar la salud y el bienestar de los consumidores; de hecho se incluye el término “nutracéuticos”, para describir los productos que reúnen tales características.

Calidad higiénica y de protección de la salud

Este concepto representa la sanidad e inocuidad del alimento y por lo tanto de ella se deriva su repercusión en la salud humana. Se trata igualmente de



las sustancias que están presentes en los frutos y que pueden ser perjudiciales para la salud, como: los contaminantes accidentales, los residuos de tratamientos fitosanitarios y las sustancias producidas por hongos y bacterias. La calidad higiénica y sanitaria, viene regulada en las reglamentaciones particulares de cada producto o grupo de productos, de forma tal que su cumplimiento garantiza la ausencia de problemas y especifican los límites admisibles en las propiedades consideradas esenciales, para evitar aspectos nocivos sobre la salud de los consumidores. Con relación a la importancia del aguacate para la salud humana, éste representa un gran aporte, al contribuir a la eliminación del colesterol dañino (lipoproteínas de baja densidad), reducir el riesgo de desarrollar arterosclerosis y el nivel de los triglicéridos.

Los programas de calidad tienden a ser del tipo preventivo y no correctivo, de manera que se busca prevenir problemas en lugar de esperar que estos ocurran para tomar acciones correctivas. Los programas incluyen atributos de calidad deseables de los productos y adicionalmente aspectos de inocuidad, calidad en los procesos en el campo, la planta empacadora y puntos de venta.

Los programas de buenas prácticas agrícolas y de manufactura, programas de selección de proveedores, manejo de plaguicidas, procedimientos de limpieza y desinfección y otros son necesarios para poder llevar al consumidor productos de buena calidad y seguros (inocuos). Todos estos programas incluyen una serie de registros que permiten identificar el origen del producto en todo momento y las prácticas que se realizaron en el campo y en el centro de acopio, para protección del consumidor, de los productores y empacadores. Los registros de estos programas son un respaldo del buen manejo de sus plantaciones y productos.

Factores precosecha que influyen en la calidad de las frutas

Existen diversos factores en la precosecha que tienen influencia sobre la calidad de las frutas en la etapa de poscosecha, la cual depende principalmente de factores como el microclima, la variedad, las prácticas de manejo agronómico, los controles fitosanitarios y el manejo de la cosecha que se implemente.

Los factores ambientales comprenden, entre otros: La temperatura, la luminosidad (duración, intensidad y calidad de la luz), la precipitación, el viento, las características del suelo y la humedad relativa, entre otros.

Los factores agronómicos más importantes, se refieren a aspectos como: Calidad del material de siembra, control de malezas, manejo de aspectos fitosanitarios, programa de fertilización, densidad de siembra, el sistema de riego, el drenaje y los sistemas de poda, entre otros. Todos estos factores influyen en una calidad adecuada en la cosecha; sin embargo, es importante determinar la influencia de cada uno de ellos en la calidad del producto, puesto que se relacionan entre sí.

Control de calidad del aguacate

Las normas de calidad para el aguacate generalmente incluyen la presencia o no de las siguientes características:

En Colombia los controles de calidad están reglamentados por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas, bajo las normas NTC 1248-2, NTC 1248-3 (Icontec, 1996) y NTC 5209 (Icontec, 2003), que establecen las definiciones, condiciones de cosecha y almacenamiento, requisitos mínimos de calidad, madurez, clasificación, disposiciones referentes al calibre, tolerancias y presentación para las

variedades Booth 8, Choquette, Fuerte, Hass, Lorena, Trapp, Trinidad y Santana. Una relación de los parámetros de calidad se muestra en las **Tablas 2 y 5**.

Desde esta perspectiva, resalta la importancia de la participación del productor en todo programa de calidad, pues además de los atributos que él considera importante en la calidad de los productos frescos que tiene, debe tomar en cuenta otros que exigen sus compradores y los distintos actores de la cadena de comercialización.

El agricultor debe conocer más sobre el destino de su producto, a la vez que debe comprender mejor cómo, las prácticas que realiza, favorecen o perjudican los atributos de calidad y la inocuidad del mismo, los cambios que sufre éste desde que sale de su finca, hasta que llega al consumidor y cuáles son las prácticas y registros que debe llevar. Esto le permite ingresar y permanecer en mercados más competitivos, que aseguren la compra de su producto; además, manejarlo mejor y constituirse como un proveedor confiable por la calidad de los productos que ofrece, a la vez puede disminuir las pérdidas y el rechazo de su producto y hacer un mejor uso de los recursos con que cuenta (mano de obra, agroquímicos, equipos).

Tabla 5. Características físicas promedio, para ocho variedades de aguacate en Colombia.

variedad	longitud (mm)	Diámetro (mm)	Relación (L/D)	Forma	Peso (g)	Cáscara (mm)
Hass	88,6	66,4	1,3	ovoide	197,0	1,45
Fuerte	119,5	76,2	1,6	pisiforme	334,1	0,84
Booth 8	106,8	84,9	1,3	ovoide	387,4	1,41
Trinidad	99,4	90,1	1,1	esférico	410,2	0,72
Lorena	128,9	94,5	1,5	pisiforme	457,6	0,85
Trapp	137,4	94,5	1,5	pisiforme	552,2	1,11
Choquette	130,5	99,2	1,3	ovoide	662,4	1,53
Santana	159,7	97,1	1,6	pisiforme	683,4	1,41

Fuente: Rojas *et al.*, 2004.

En el caso de materiales criollos se deben escoger de acuerdo a las mejores características fisicoquímicas y de proceso, como rendimientos de pulpa, contenido de materia seca y de aceite. Lo anterior se explica en que el rendimiento en planta, el cual es primordial para el desarrollo de un agronegocio, viene determinado principalmente por las características de los materiales, en este caso el rendimiento en pulpa y el contenido de materia seca, lo que determina la productividad y la calidad, así mismo el contenido de aceite define la cremosidad característica de la pulpa de aguacate y de gran aceptación por el consumidor (Sandoval *et al.*, 2010) (**Tabla 6**).

Tabla 6. Características fisicoquímicas de materiales criollos de aguacate, seleccionados en el departamento del Tolima por Sandoval *et al.* (2010).

MUNICIPIO	PARÁMETRO					
	Peso (g)	Rendimiento (% pulpa, semilla, cáscara)	Materia Seca (%)	Aceite (%)	pH	Acidez
Alvarado	577	75-14-11	26,30	11,10	6,44	0,09
	400	69-22-9	31,62	8	6,16	0,06
Chaparral	495	67-21-12	25	14,43	6,10	0,06
	633	76-17-7	23	10	6,25	0,05
Fresno	546	60-21-19	21	8,45	6,33	0,08
	518	73-20-7	29,31	8,69	6,44	0,19
Mariquita	577	77-10-13	30,77	6,43	6,15	0,11
	434	68-20-12	23,97	8,5	6,40	0,05
Rovira	335	54-30-26	39	11,72	6,11	0,17
	450	68-20-12	32,81	9,88	6,17	0,06

Fuente: Rojas *et al.*, 2004.



En la **tabla 7** se resumen los parámetros de calidad recomendados para la selección de los mejores materiales de aguacate, el contenido de pulpa refleja que frutas sobresalientes deben poseer un rendimiento mayor al 70%, lo que garantiza un excelente rendimiento en planta y por lo tanto un mayor beneficio económico. Otro de los parámetros, es el contenido de materia seca, el cual en el área de agroindustria, es fundamental en productos como la pulpa y guacamole, los cuales dependen en gran manera de la textura final del producto y que es proporcionada de manera directa por este parámetro, el límite mínimo es de 20%; con lo cual muchos aguacates de origen Antillano se descartan debido a que presentan muy frecuentemente una textura acuosa.

Tabla 7. Parámetros para selección de materiales de aguacate criollo para fines agroindustriales.

Rendimiento de pulpa	>70%
Contenido de materia seca	>20%
Contenido de aceite (b.s)	>10%

De forma similar se establece un valor mínimo del 10% de rendimiento para aceite, el cual a pesar de ser bastante exigente, pretende lograr una clasificación lo más rigurosa posible de los materiales a procesar.

Control de calidad del producto terminado

El producto terminado debe ser analizado teniendo en cuenta que las características microbiológicas de productos procesados están normalizadas, se aceptan ciertos niveles de presencia de unidades formadoras de colonia (UFC) de algunos microorganismos (MO) que comúnmente pueden desarrollarse en este tipo de alimento. Las determinaciones más usuales son la de mesófilos, coliformes, esporas de clostridium sulfito reductor, hongos y levaduras. El nivel de estos MO permitidos en las mitades y/o pulpas dependerá del tipo de proceso de conservación, los niveles de recuentos de microorganismos aceptados por la Norma Colombiana se observan en la **Tabla 5**.

Tabla 8. Recuento máximo de microorganismos en productos alimenticios.

	Buena *	Aceptable
Mesófilos UFC/g	20.000	50.000
Coniformestotales UFC/g	>9	9
Coniformesfecales UFC/g	>3	>3
Esporas clostridium		
Sulfitoreductor UFC/g	>10	>10
Hongos/levaduras UFC/g	1.000	3.000

* Índice máximo permisible para identificar el nivel de calidad.

Agroindustria

Angélica Sandoval Aldana
Freddy Forero Longas
Jairo García Lozano

Pulpa de aguacate

Generalidades

El método de conservación que ha tenido los mejores resultados corresponde a la pulpa de aguacate congelada, la cual se puede utilizar como base de productos tipo salsa, para rodajas de papas y galletas saladas, entre otras. Algunas pulpas que se comercializan en la actualidad, presentan un elevado nivel de aditivos estabilizantes como: gomas, alginatos, polifosfatos y otros que reducen el desarrollo microbiano, como el sorbato y benzoato de sodio o potasio. En conjunto estos aditivos pueden alcanzar niveles superiores al 20%, lo que reduce el porcentaje de aguacate en la mezcla, bajando la calidad del producto final. Sin embargo, esto va en contra de la preferencia del consumidor por productos naturales o con baja adición de aditivos. (Figura 21)



Figura 21. Pulpa de aguacate homogenizada.
Fotos: A. Sandoval, F. Forero y J. García

Sin embargo, es posible agregar una mezcla de conservantes como ácido cítrico, ácido ascórbico y vitamina E (α-tocoferol), que en combinación con tratamientos de temperatura, han demostrado alta eficiencia en el control de la oxidación de la pulpa y en los cambios organolépticos y fisicoquímicos del producto durante la conservación.

El color de la pulpa se mantiene, en general, inalterable durante todo el almacenamiento,

en las variedades criollas y mejoradas mientras permanecen congeladas. Este comportamiento se explica porque el almacenamiento a una temperatura de -18°C , reduce notablemente la velocidad de las reacciones químicas y se paralizan casi completamente las reacciones metabólicas celulares, lo cual indica que se puede inhibir la acción de la polifenoloxidasas (PPO) y la transformación de taninos del aguacate, que se visualizan como cambios en la coloración del producto (Figura 22).



Figura 22. Oxidación de pulpa de aguacate durante el almacenamiento.

Fotos: A. Sandoval, F. Forero y J. García

La Polifenol oxidasa, PPO, es una de las enzimas más estudiadas en la industria de los alimentos ya que es la responsable de las reacciones de pardeamiento enzimático en frutas y verduras. Una de las razones por las cuales es importante su estudio es por que comercialmente es indeseable, ya que modifica las propiedades sensoriales, nutricionales y en general de calidad que perjudica la comercialización de un producto.

Las pulpas almacenadas a temperatura de -18°C conservan durante más tiempo sus características iniciales; sin embargo, su calidad comienza a disminuir después de tres meses en almacenamiento. Otro de los inconvenientes, es la significativa pérdida de textura que ocurre después de la descongelación debido a la destrucción celular, la cual se manifiesta por una pérdida de consistencia y por la presencia de una fase líquida, variando según la naturaleza de los tejidos congelados. Así, las variedades de aguacate cuyas paredes celulares sean menos gruesas y estén formadas de pequeñas células, resisten mejor la acción combinada de congelar y descongelar, que aquellos tejidos formados por largas y finas paredes.

En el proceso de industrialización del aguacate por congelación, el pardeamiento enzimático causado por la PPO es el principal problema de calidad, ya que el aguacate es un sustrato muy susceptible. La enzima altera la apariencia

e induce cambios en el aroma y sabor. Por esto, la congelación de frutos sensibles a pardeamiento necesita un tratamiento preliminar, el cual puede ser la inactivación de la enzima mediante un tratamiento térmico (escaldado); sin embargo, este método produce en el aguacate la liberación de algunos compuestos aromáticos y sabores desagradables debido a procesos de enranciamiento del aceite presente.

Otra forma de inactivar la enzima es por medio de agentes antioxidantes como el ácido ascórbico y el ácido cítrico, lo cual es posible debido a que el pH de actividad óptima de la PPO se sitúa entre 6,0 - 6,5, por lo que con pH cercanos o menores a 3,0, su actividad se reduce. Para procesos de congelamiento se requiere de envases suficientemente herméticos con el fin de prevenir la transferencia de agua con el entorno.

En la pulpa congelada, el agua está fuertemente retenida en forma de cristales de hielo y por lo tanto no se encuentra disponible para los microorganismos, además limita la acción de las enzimas. La rancidez es un problema común en casi todas las investigaciones acerca de la conservación de pulpa de aguacate debido a la dificultad en la eliminación total del oxígeno dentro del envase.

Para lograr óptimos resultados es necesario considerar que la congelación sólo se puede utilizar en la medida que existan instalaciones adecuadas para el proceso, en virtud a que el producto se debe mantener sin interrupción a una temperatura de almacenamiento de -18°C , hasta el momento del consumo. En la **Tabla 10** se presentan los tiempos de vida útil promedio (días), para pulpa de aguacate adicionada con ácido cítrico (0.25% p/p), ácido ascórbico (0.02% p/p) y Vitamina E (0.022% p/p), almacenada bajo atmósfera normal.

Tabla 9. *Tiempos de conservación (días) de pulpas bajo atmósfera normal*

Variedad	Temperatura (°C)				
	26	15	-1,5	-18	-29
Tiempo de conservación (días)					
Criollos	4	16	22	132	125
Hass	4	11	21	132	127
Santana	2	11	19	130	125
Fuerte	3	9	17	130	126
Booth 8	2	9	19	130	125

El uso del vacío y la formulación de aditivos potencia el efecto conservante en todas las variedades, además presenta un efecto crioprotector a temperaturas de -29 °C como se observa en la **Tabla 11**, donde se resume el tiempo de conservación de pulpa adicionada con la mezcla de antioxidantes, la cual presenta la mayor vida útil adicionando ácido cítrico (0.25% p/p), ácido ascórbico (0.04% p/p) y Vitamina E (0.044% p/p), almacenada bajo atmósfera normal.

Tabla 11. *Tiempos de conservación (días) en pulpas bajo empaque al vacío.*

Variedad	Temperatura (°C)				
	26	15	-1,5	-18	-29
Tiempo de conservación (días)					
Criollos	16	24	149	208	250
Hass	15	25	139	208	256
Santana	10	24	130	205	246
Fuerte	8	18	127	203	235
Booth 8	8	18	129	203	235

Guacamole

En el diseño y desarrollo de productos y procesos agroalimentarios, es frecuente acudir a las herramientas estadísticas de diseño para la valoración y optimización de mezclas de varios componentes e ingredientes, que nos permitan generar productos novedosos con el fin de satisfacer las necesidades de los consumidores. Para la formulación del guacamole por lo tanto es posible la adición de mezcla de especias (producto en polvo como ají, cebolla, ajo, sal) y utilizando como respuesta la aceptación sensorial general, la cual es función de las proporciones utilizadas. Las formulaciones de guacamole desarrolladas se presentaron posteriormente a una evaluación sensorial con el fin de determinar el grado de aceptación, prueba realizada por jueces no entrenados pero consumidores habituales del producto, con el fin de medir la verdadera aceptación del producto.



La evaluación sensorial es el análisis que se realiza a los productos a través de los sentidos, los cuales perciben, integran e interpretan las características organolépticas del producto. En este caso se trabaja con un panel de consumidores los cuales utilizan métodos subjetivos para realizar su evaluación, es decir que la decisión se basa en sus gustos e inclinaciones. Por lo tanto se utilizan pruebas de grado de satisfacción o escalas hedónicas, las cuales contemplan los dos grados extremos de aceptación desde me gusta mucho, hasta me disgusta mucho. Estas pruebas se denominan de aceptación y son utilizadas principalmente con el fin de identificar la respuesta que tiene el consumidor (preferencia y/o aceptación) hacia un producto específico.

Durante el desarrollo de un producto se deben ejecutar diferentes pruebas de aceptación para evaluar el producto en general y de esta forma permitir que los posibles consumidores entren en contacto con él. La formulación de la pregunta correspondiente permite identificar el grado de aceptación hacia que tanto gusta el producto o que tan aceptable es para el consumidor.

La formulación del guacamole se basa en la pulpa procesada con el mejor tratamiento que incluye la adición de antioxidantes, conservantes y especias en diferentes proporciones. Para cada análisis sensorial se realiza una ficha que incluye la descripción del objetivo de la prueba a realizar, especificando las condiciones de la muestra y su presentación a los consumidores; de la misma forma se realiza un análisis de los consumidores diferenciando el rango de edad, el sexo y la frecuencia de uso del producto para identificar afinidad con la prueba (**Cuadro 1**).

Cuadro 1. Ficha para el análisis sensorial pruebas de aceptación mezclas de guacamole.

1. Selección de Producto

a. Objetivo de la prueba:

Determinar la aceptación general para muestras de guacamole con diferente concentración de especias (ají, ajo, cebolla).

b. Selección de la muestra.

c. Variables: Variación en la cantidad de ajo, ají, cebolla. La concentración de sal se mantiene constante igual al 1% (p/p).

d. Productos: Selección entre 12 diferentes mezclas de guacamole de acuerdo al diseño experimental, máxima adición de ajo y cebolla el 1%, el ají máxima adición 0.5%.

e. Razón: Aceptación de los consumidores varía de acuerdo a apreciaciones y gustos.

2. Información de la muestra

a. Condición de la muestra:

Pulpa de aguacate procesada con antioxidantes y adicionada con sal, ajo, ají y cebolla.

b. Cantidad: Se preparan de cada muestra 100 g para repartir entre los consumidores.

c. Temperatura: La muestra se mantiene a 15°C.

3. Presentación de la muestra

a. Cantidad: A cada evaluador se le presentan 8 g de guacamole en copas desechables de 25 cm³.

b. Codificación: Cada muestra esta codificada con tres dígitos los cuales se anotan en los recipientes plásticos para identificación.

c. Tamaño de la muestra: A cada evaluador se presentan 3 diferentes muestras.

d. Presentación: En bandejas plásticas se acomodan las 3 muestras, el respectivo formato de evaluación, un lápiz, galletas de soda y un vaso de agua.

e. Orden de las muestras: De acuerdo al orden establecido en el formato de evaluación. La evaluación la realizan 3 panelistas por muestra.

4. Sujetos

a. Rango de edad: 20% entre 20 – 30 años, 80% entre 30 – 55 años.

b. Sexo: 50% hombre, 50% mujeres.

c. Uso del producto: El guacamole es el acompañante típico para asados, verduras y empanadas.

c. Frecuencia de consumo del producto: 6 o más guacamoles en el año.

Posterior al almacenamiento durante tres meses en condiciones de congelación (-18°C) se realiza un nuevo análisis sensorial, con el fin de evaluar el cambio en tres características muy importantes para el consumidor, como son color, sabor y textura respecto al producto en fresco, ya que durante el período de almacenamiento se pueden presentar cambios que afectan el grado de aceptación; por ejemplo, el color se vuelve más pálido, los sabores de los ingredientes se acentúan y el cambio en la textura debido al proceso de congelación-descongelación, disminuyen la aceptación del producto.

Se realizan pruebas finales de aceptación con la colaboración de agricultores, a los cuales se les presentan tres formulaciones para que ellos seleccionen la de mayor aceptación. En promedio, la mezcla de mayor aceptación no contaba con ají en su formulación, lo que puede explicarse en que la cocina colombiana no tiene una alta tradición en el uso de ají en altas cantidades, como si es posible encontrar en otras culturas, como la mexicana o la hindú.

El proceso para obtención de pulpa y/o guacamole se presenta a continuación (Figura 23), donde se detallan cada una de sus etapas.

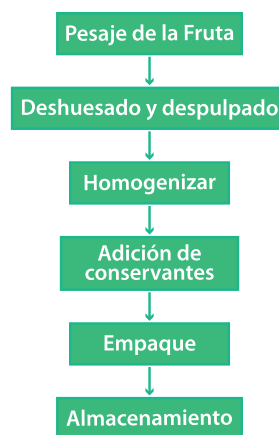


Figura 23. Diagrama de flujo para procesamiento de pulpas y/o guacamole.



Operaciones de proceso

Corte: Por eficiencia, los operarios se disponen en grupos que se encargan, unos de cortar la fruta y otros de separar la pulpa y la semilla (**Figura 24**).



Figura 24. Preparación de la fruta para la obtención de guacamole.
Foto: A. Sandoval, F. Forero y J. García

Pelado: El pelado es una operación que permite una mejor presentación del producto, al mismo tiempo favorece la calidad sensorial al eliminar material de textura más firme y áspera al consumo, se pueden usar dos métodos (**Figura 25**).

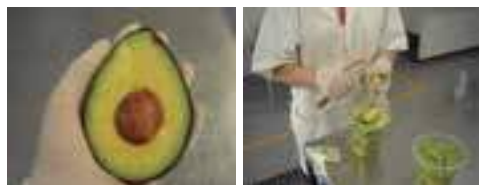


Figura 25. Separación y corte de fruto para producción de pulpa y/o guacamole.

Fotos: A. Sandoval, F. Forero y J. García

Homogenizado: La pulpa de aguacate libre de todo elemento extraño, es colocada en un mezclador tipo batidora con el fin de disminuir el tamaño de los trozos dando una mejor apariencia a la pulpa, evitando una rápida separación de los componentes presentes en ésta y así generar una textura más fina. Esta

operación al igual que el corte y pelado debe efectuarse en el menor tiempo posible, debido a que la pulpa sometida a homogenización sufre una alta aireación, lo cual puede deteriorarla al aumentar la acción de las enzimas presentes, que causan una oxidación acelerada (**Figura 26**).



Figura 26. Homogenización de pulpa de aguacate y/o guacamole.
Fotos: A. Sandoval, F. Forero y J. García

El tipo de mezclador a utilizar en lo posible no debe estar provisto de cuchillas fijas (tipo licuadora), debido a que estas causan una mayor destrucción, lo que reduce el tiempo de vida útil del producto. Se puede trabajar con procesadores móviles que facilitan el mezclado homogéneo, puesto que en esta etapa también se deben adicionar los productos que buscan aumentar la estabilidad y duración de la pulpa de aguacate. En primera instancia, se debe agregar el ácido cítrico grado alimentario (2,5 g ácido cítrico/kg pulpa), con lo cual se reduce el pH, factor que limitará el crecimiento de microorganismos; posteriormente se adiciona ácido ascórbico (400 mg x kg pulpa) y vitamina E (440 mg/kg pulpa).



El tiempo de mezclado recomendado es de 5 minutos para el caso de variedades con pulpas altamente viscosas como Hass, Booth 8, Santana y Criollos. Para variedades como Lorena, Papelillo y Choquette, con 3 minutos se alcanza la consistencia adecuada; si se usan cuchillas, estos tiempos deben ser reducidos en aproximadamente 1.5 minutos. La velocidad de mezclado estará en función del equipo utilizado, debiéndose realizar pruebas a fin de estimar este parámetro.

Si se desea producir guacamole, en esta etapa es donde se agregan las diferentes especias: una formulación básica incluye la adición de sal (1% p/p), ajo (1% p/p) y cebolla (0.5% p/p), proporciones en peso; si el producto va a permanecer en condiciones de congelación, se adiciona monoestearato de glicerilo, en proporción de 0.75% (p/p). El guacamole se envasa en tarrinas plásticas o en empaques al vacío, lo que prolonga el tiempo de vida útil, preferiblemente en tamaños personales máximo de 200 g.

Envasado: Las pulpas ya obtenidas deben ser aisladas del medio ambiente; esto se logra mediante su empaqueo con el mínimo de aire, en recipientes adecuados y compatibles con las pulpas. En busca de darle vistosidad, economía y funcionalidad a los empaques, se recomienda el uso de bolsas de alto calibre, que permitan el sellado al vacío. La pulpa se debe disponer en la bolsa de tal forma que no se presenten espacios vacíos, los cuales se convierten en puntos de inicio para el deterioro del producto. La bolsa se coloca en una balanza hasta alcanzar el peso deseado. Para darle funcionalidad a este tipo de producto, se recomienda emplear empaques con capacidades de 250, 500 y 1.000 g, con lo cual se cubre la gama de tamaños personales, familiares y empresariales.

Almacenamiento: El producto terminado se almacena en un ambiente refrigerado o de congelación; para el primer caso, se sugiere una temperatura máxima de entre 2 – 4°C, con lo cual se obtiene una vida útil de 15 días, a temperaturas de congelación entre –10 y –5°C, la vida útil se garantiza por 4 meses mínimo, estos tiempos de conservación deben ser tenidos en cuenta, para efectuar la venta del producto (**Figura 27**).



Figura 27. Empaque de pulpa de aguacate y/o guacamole.
Fotos: A. Sandoval, F. Forero y J. García

Etiquetado: Cada una de las bolsas debe estar marcada, bien sea en forma de membrete o con una etiqueta; esta información debe contener como mínimo los siguientes datos: Fabricante, variedad, fecha de fabricación, fecha de vencimiento, ingredientes y peso (**Figura 28**).



Figura 28. Producto terminado y almacenamiento.
Fotos: A. Sandoval, F. Forero y J. García



Prototipo de empaque

Para las pulpas se presentan dos posibles tipos de empaque, en presentación de atmósfera normal y en empaque al vacío. El prototipo de empaque 1, es un recipiente plástico con tapa, el prototipo 2 es bolsa PET. Para el guacamole se presenta un empaque al vacío, en bola PET, con capacidad de 250 a 500 g.

Prototipo empaque 1 – pulpa



ESPECIFICACIONES	
Forma	Cilíndrica
Material	Tarrina
Capacidad	250 – 500 g
Atmósfera	Normal
Etiqueta	Impresa
Cierre	Tapa plástica

INFORMACIÓN ENVASE	
Marca comercial	Contenido
Fabricante	Fecha de Vencimiento
Ciudad-Departamento- País	Lote Fabricación
Página Internet	Código Barras
Teléfono	Fecha Fabricación
Registro INVIMA	Tabla Composición
Ingredientes	
Conservación	

Prototipo empaque 2 – pulpa



ESPECIFICACIONES	
Forma	Cuadrada
Material	Bolsa PET
Capacidad	250 – 500 g
Atmósfera	Vacío
Etiqueta	Impresa
Cierre	Termosellado

Prototipo empaque – guacamole



ESPECIFICACIONES	
Forma	Cuadrada
Material	Bolsa PET
Capacidad	250 – 500 g
Atmósfera	Vacío
Etiqueta	Impresa
Cierre	Termosellado

Equipo requerido para el procesamiento

El inicio del proceso piloto de obtención de pulpa de aguacate en términos de equipos (**Tabla 12**), requiere una baja inversión, puesto que en el mercado se consiguen ayudantes de cocina que funcionan como homogenizadores por un costo aproximado de doscientos mil pesos (\$200.000). Así mismo se requiere de una empacadora pequeña, tamaño familiar por un costo que oscila entre los trescientos mil pesos (\$300.000), el empaque viene en rollos de 30 m, el tamaño del empaque para pulpas en presentación de 500 g es aproximadamente de 20 cm de longitud por 15 cm de ancho.

En el proceso escalado se requiere una mayor inversión, el pelado se realiza manualmente pero pueden utilizarse

despulpadoras para retirar la semilla, la cuales presentan un costo aproximado de quince millones de pesos (\$15.000.000), posteriormente se realiza la homogenización; en esta etapa se adicionan los conservantes por lo que se debe garantizar un excelente mezclado sin dañar la consistencia cremosa de la pulpa la cual es muy apetecida por los consumidores; esta etapa puede realizarse en una marmita con un agitador especial, que en el mercado puede tener un costo aproximado de dieciocho millones de pesos (\$18.000.000), finalmente se requiere el empaque a vacío, esta empacadora presenta un costo de doce millones de pesos (\$ 12.000.000) (**Figura 29**). El valor de los equipos a comprar se obtuvo de cotizaciones del año 2013.

Tabla 12. Equipos para procesamiento de pulpas de aguacate.

Escala piloto (50 kg de fruta o menos)	Escala industrial (500 kg o más de fruta)
Homogenizador (ayudante de cocina)	Despulpadora industrial
Empacadora a vacío tamaño familiar	Homogenizador
	Empacadora a vacío industrial



Figura 29. Procesamiento a escala de pulpa aguacate y/o guacamole.

Fotos: A. Sandoval, F. Forero y J. García





Uso de diferentes materiales de aguacate para el procesamiento de pulpas y guacamole

Para obtener una pulpa y un guacamole de buena calidad, se requiere el uso de aguacates con un alto contenido de materia seca, este parámetro permite obtener pulpas con una consistencia "cremosa" lo cual es muy apreciado en la percepción del consumidor. Un nivel medio de aceite previene un rápido deterioro de la pasta por autoxidación de los lípidos, el rendimiento en pulpa partiendo del fruto fresco, no debe ser inferior al 65%, el contenido de fibra no es tan crítico como en las mitades, pero se prefieren cultivares con un nivel medio, el color de la pulpa es más llamativa cuando se encuentra en la gama del verde.

Aceite de aguacate

Generalidades

El contenido de aceite de una variedad de aguacate en particular puede cambiar considerablemente según la zona agroclimática donde se cultive, debido a que algunas condiciones ambientales facilitan la acumulación de compuestos grasos. Se deben cosechar los frutos en su estado de madurez óptimo para permitir el máximo rendimiento en la extracción, considerando al mismo tiempo los posibles riesgos debido a presencia de plagas y enfermedades.

No se recomienda para el proceso de extracción mezclar frutos sobremaduros con el grueso de la cosecha, ya que estos favorecen la oxidación del aceite final. Para la selección del material vegetal a procesar se debe considerar la composición química, pues el rendimiento está determinado por el contenido de aceite presente. A nivel mundial en los

resultados obtenidos de la investigación de Corpoica, la variedad Hass presenta una mayor superioridad, sin embargo algunos materiales criollos deben ser estudiados pues su composición presenta posibles ventajas competitivas.

El aguacate, dependiendo de la variedad y madurez alcanza en la pulpa niveles de hasta 25% de aceite, con valores promedios de 15 - 19%, lo que permite lograr rendimientos de alrededor de 10% de fruta fresca. La composición del aceite crudo de aguacate contiene alrededor de un 80 - 85% de ácidos grasos insaturados así como un importante nivel de materia insaponificable. Debido a su alto contenido de ácidos grasos monoinsaturados, se ha comparado la calidad nutricional del aceite de aguacate y de oliva a nivel cualitativo y cuantitativo, existiendo numerosos estudios sobre los beneficios del consumo de ambos aceites. Se reconoce que ayuda a reducir las lipoproteínas de baja densidad (colesterol malo), también ayuda a reducir el contenido de triglicéridos en la sangre y por lo tanto disminuye el riesgo de desarrollar arteriosclerosis.

Constantemente se han estudiado una serie de métodos para la extracción del aceite de frutos de aguacate, donde el objetivo primordial siempre ha sido el obtener el mayor rendimiento sin dañar su calidad; la extracción por solvente puede dar los mejores resultados, sin embargo los residuos químicos pueden ser un riesgo para la salud del consumidor, de la misma forma las temperaturas aplicadas durante el proceso de recuperación pueden destruir algunos de los nutrientes presentes en el aceite.

Factores que influyen en el contenido de aceite

El cultivar

Existe un gran número de variedades de aguacate disponibles, pero solo aquellos cultivares con el contenido más alto pueden ser considerados para la extracción de aceite. El análisis del contenido de aceite indica que variedades como Hass, presentan un contenido de aceite entre 25 - 30%. Como el aceite de aguacate se encuentra principalmente en la pulpa o porción comestible, es importante seleccionar los cultivares que presenten un alto porcentaje de pulpa, así como aquellos con semillas pequeñas y con mínimo contenido de cáscara.

Madurez

Durante la maduración el contenido de aceite de la fruta gradualmente se incrementa y el contenido de agua disminuye. Por lo tanto, se ha encontrado una correlación muy estrecha entre el contenido de aceite y de agua en el aguacate, por lo que existe una práctica común de cosechar los frutos cuando alcanzan como mínimo un 8% de contenido de aceite; posteriormente la fruta continúa con su ciclo de maduración.

Métodos utilizados para la extracción de aceite

La extracción de aceite de aguacate se ha realizado desde hace muchas décadas; sin embargo, su uso es predominantemente para la industria cosmética, debido a la alta estabilidad del aceite y a su mayor contenido en vitamina E; para esta industria la extracción química (con solvente) o de alta temperatura, es aceptable.



Figura 30. Extracción Soxhlet.
Foto: A. Sandoval, F. Forero y J. García



Figura 31. Extracción Soxhlet.
Fotos: A. Sandoval, F. Forero y J. García

La extracción con solvente está basada en la extracción con éter de petróleo, en un extractor Soxhlet de material seco, como se muestra en las Figuras 30 y 31. El uso de solventes para la extracción a escala comercial ha sido cuestionado debido a la contaminación ambiental que causa y adicionalmente, la remoción de residuos químicos del aceite no es del 100%, con lo cual se afecta la calidad final del mismo. A pesar de las desventajas antes mencionadas, este método es el mejor para la recuperación total del aceite contenido en la pulpa del aguacate, por eso estos resultados se utilizan como patrón de referencia para la comparación entre procedimientos de extracción.



Recientemente se han venido desarrollando industrias de extracción de aceite con fines alimenticios trabajando dos técnicas, principalmente: El prensado y la centrifugación en frío. Históricamente, la extracción por presión es el procedimiento más antiguo y utilizado para obtener diferentes tipos de aceite, como el de oliva. El equipo requerido, consiste en prensas hidráulicas a las cuales ingresa una pasta previamente preparada en capas finas sobre discos de material filtrante denominados cachos. Para la extracción de aceite utilizando esta técnica (**Figura 32**), se requiere que la pasta presente un alto contenido de humedad, así como la presencia de un alto porcentaje de materias sólidas incompresibles (hueso), condiciones que facilitan el drenaje de las fases líquidas a través de la torta.

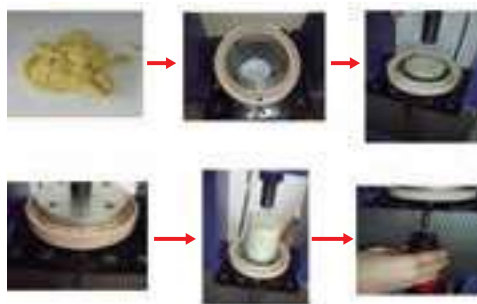


Figura 32. Extracción de aceite de aguacate por prensado.
Fotos: A. Sandoval, F. Forero y J. García

El proceso de extracción mecánica tipo centrífuga (**Figura 33**) tiene como fin separar el aceite del resto de la fruta, aprovechando las diferencias en el peso específico de las diversas fases, por efecto de decantación posterior a la adición de agua, el aceite se separa en una corriente diferente. La fuerza centrífuga hace que la torta se acumule en la parte interna del cilindro, por lo que en operaciones por lotes se hace necesario detener el proceso para retirarla. Una vez finalizado el procedimiento, se guarda el aceite

en tanques de acero inoxidable y en un ambiente inerte, para asegurar su calidad. En el procesamiento por centrifugación se han realizado diversos estudios variando condiciones de proceso como temperatura, adición de sal y velocidad de centrifugación (revoluciones por minuto, rpm).



Figura 33. Extracción de aceite de aguacate por centrifugación.
Fotos: A. Sandoval, F. Forero y J. García

Para la extracción de aceite se debe considerar la aplicación de enzimas que permiten una mayor rendimiento de extracción, sin alterar las propiedades intrínsecas; actualmente en Chile y otros países se ha optimizado el rendimiento de los procesos mecánicos para extracción de aceite, utilizando enzimas con actividades pectolíticas, hemicelulíticas y/o celulíticas, aplicadas en la industria alimenticia, principalmente para la maceración de frutos, extracción de aceites esenciales y comestibles, gracias a su habilidad de romper la estructura de la pared celular y facilitar la liberación de aceite. El papel de las enzimas es muy específico, comercialmente existen diversas casas matrices que las fabrican y especifican las condiciones de uso, siendo muy importante el tiempo y la temperatura de incubación, la concentración de la enzima y el pH. Resultados de estudios realizados por Corpoica, confirman que la aplicación de enzimas incrementa el rendimiento en la extracción de aceite de aguacate.

Características fisicoquímicas y nutricionales

El aceite de aguacate es uno de los más delicados en cuanto a su vida de anaquel, debido a su composición tan particular (alto contenido de vitamina E), que lo hace susceptible a degradación por factores como la luz y la temperatura, entre otros. El color en el aceite es principalmente derivado del contenido de clorofilas, lo cual lo hace atractivo para comidas gourmet y productos cosméticos, al dar a estos derivados una apariencia más natural.

El aceite de aguacate es reconocido por su alto contenido de ácidos grasos insaturados, por lo que ha llegado a superar en calidad al aceite de oliva y es la razón de su actual demanda a nivel mundial, tanto para el sector culinario, como para el cosmético. En orden decreciente los ácidos grasos contenidos en la pulpa de aguacate son ácido oleico, linoléico y linolénico (**Figura 34**).



Figura 34. Control de calidad en aceites de aguacate.

Fotos: A. Sandoval, F. Forero y J. García

Los análisis químicos del aceite de aguacate demuestran que contiene una amplia gama de compuestos benéficos para la salud. El alfa-tocoferol, que se ha relacionado con la reducción de las enfermedades cardiovasculares, se encuentra aproximadamente en una

cantidad de 12 a 15 mg/g de aceite en el producto obtenido por prensado en frío. Los niveles de beta-sitosterol fueron aproximadamente de 4,5 mg/g de aceite. Los fitoesteroles (incluyendo b-sitosterol) inhiben la absorción intestinal de colesterol en el ser humano, disminuyendo los niveles plasmáticos de colesterol total y de LDL, y pueden prevenir el cáncer de colon, mama y próstata.

En la naturaleza existen unos 40 ácidos grasos distintos. Los ácidos grasos poliinsaturados contenidos en el aceite de aguacate, son linoléico, linolénico y octadecadienoico; los monoinsaturados presentes, palmitoleico, oleico y eicosanoico.

Los ácidos grasos poliinsaturados omega 3, mantienen el equilibrio de las grasas en la sangre, inhiben los mecanismos de agregación plaquetaria, por lo que inciden de manera positiva como agentes preventivos del riesgo vascular y son lípidos fundamentales para el desarrollo y funcionamiento favorable del sistema nervioso central. Se está investigando los posibles beneficios de este ácido graso, en una variedad de enfermedades crónicas incluyendo el cáncer, artritis reumatoide, disfunción cognoscitiva y especialmente en enfermedades cardiovasculares.

Los ácidos grasos poliinsaturados omega -6 reducen los niveles de colesterol LDL (colesterol malo), pero también los del HDL (colesterol bueno), por lo que debe existir una buena relación en la ingesta entre los ácidos grasos omega 3 y omega 6 de manera que produzcan un efecto favorable en la salud humana. Una proporción adecuada entre los omega-3 y 6 contiene una alta proporción de ácido linolénico (omega-3) en relación al ácido linoléico (omega-6). Este equilibrio es básico para el metabolismo de las prostaglandinas que son moléculas



importantes para regulación de la función cardíaca, gastrointestinal, hormonal, nerviosa y el equilibrio de los fluidos en el organismo.

El ácido palmítico y el ácido esteárico, son los ácidos saturados más abundantes; los ácidos oleico y linoleico son los más abundantes entre los insaturados.

En la **Tabla 13**, se observa un grupo de aguacates, donde se desatacan por su alto contenido de ácidos insaturados, los materiales criollos de Chaparral (70,09%), Fresno (69,84%) y Mariquita (64,98%); por lo anterior estos materiales de aguacate deben ser estudiados ya que ofrecen un mayor valor agregado al consumidor.

Operaciones de proceso

En la **Figura 35** se presenta el diagrama requerido para la obtención de aceite de pulpa de aguacate, utilizando centrifugación con pretratamiento enzimático; de esta forma, se garantizan rendimientos de extracción superiores al 90%; sin la adición de enzimas el rendimiento disminuye hasta el 60%, para el procesamiento, se parte de la pulpa homogenizada.

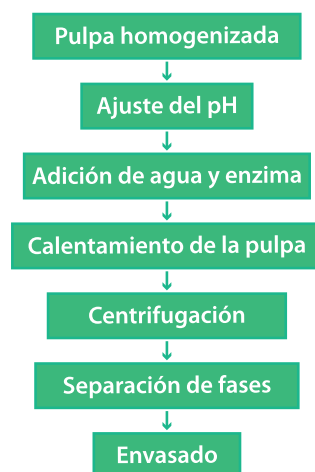


Figura 35. Diagrama de flujo para obtención de aceite.

Dilución con agua: Se realiza la dilución con el fin de facilitar la separación de las fases de la pulpa durante el proceso de centrifugación.

Tratamiento enzimático: Para que la enzima adicionada actúe con mayor efectividad se requiere ajustar el pH hasta un valor de 5,0. Posteriormente se adiciona la enzima y se deja actuar incubando a una temperatura de entre 30 y 50°C. Lo anterior garantiza un alto rendimiento.

Tabla 13. Composición de ácidos grasos de aceite, extraídos de materiales de aguacate.

Municipio	Nombre	Ácidos oléico-linoléico linoléico (%)	Ácidos eláidico esteárico (%)	Ácido láurico (%)	Ácido palmitoléico (%)	Ácido palmítico (%)	Ácido mirístico (%)	Ácido araquidónico (%)
Chaparral	Criollo	70,09	1,60	0,05	0,10	0,03	27,87	0,23
	Criollo	65,09	1,83	0,07	0,36	0,00	32,44	0,21
Fresno	Criollo	69,84	2,08	0,04	0,08	0,04	27,68	0,20
	Lorena	69,09	1,91	0,06	0,12	0,06	28,36	0,40
	Hass	68,11	1,36	0,06	0,11	0,03	29,93	0,22
	Hass	65,66	1,37	0,12	0,51	0,04	30,41	0,24
	Hass	65,01	1,53	0,05	0,08	0,03	33,02	0,25
Mariquita	Fuerte	73,76	1,89	0,06	0,11	0,03	23,96	0,17
	Criollo	64,98	2,40	0,03	0,08	0,03	32,20	0,22

Centrifugación: Las centrifugas utilizadas en la extracción de la enzima son equipos horizontales, también cono-cidos como “Decanter”, en donde se separan dos fases, una oleo-acuosa y los residuos o torta del proceso. La separación se realiza a altas velocidades. Posteriormente se requiere una segunda centrifugación, con el fin de separar el agua del aceite, esta segunda separación se realiza en centrifugas verticales. (Figura 36).

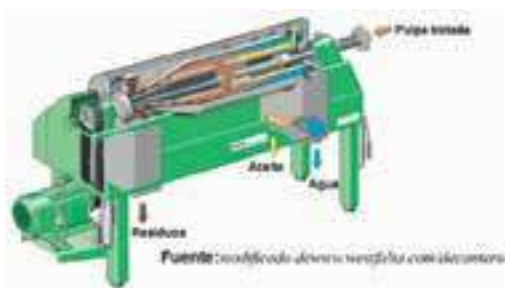


Figura 36. Clarificador horizontal para obtención de aceite por centrifugación.

Envasado: El empaque del aceite de aguacate debe hacerse en frascos de vidrio, de color oscuro para garantizar y conservar la calidad del producto por más tiempo, debido a que su alto contenido de vitamina E lo hace muy susceptible a oxidación, lo que provoca sabores rancios y cambios notorios en color.



Prototipo empaque – aceite

ESPECIFICACIONES	
Forma	Cuadrada
Material	Cristal violeta
Capacidad	250 ml y 500 ml
Alto etiqueta	138 mm
Ancho etiqueta	33 mm
Cierre	Rosca

INFORMACIÓN ENVASE	
Marca comercial	Contenido
Fabricante	Fecha de Vencimiento
Ciudad-Departamento-País	Lote Fabricación
Página Internet	Código Barras
Teléfono	Fecha Fabricación
Registro INVIMA	Tabla Composición
Ingredientes	
Conservación	





Equipo requerido para el procesamiento

El montaje de una línea de proceso para extracción de aceite de aguacate exige la compra de equipos especializados, debido a que los procesos requieren mayor precisión para lograr la correcta separación de la fase oleosa presente en la pulpa de aguacate. En la **Figura 37** se presenta en forma general, el montaje de una planta para extracción de aceite. El proceso requiere que la fruta entre sin piel al proceso, posteriormente con un tornillo sin fin se retira la semilla y se transporta hasta un homogenizador; la siguiente etapa se realiza en un nuevo tanque, donde se adiciona agua y se ajusta el pH.

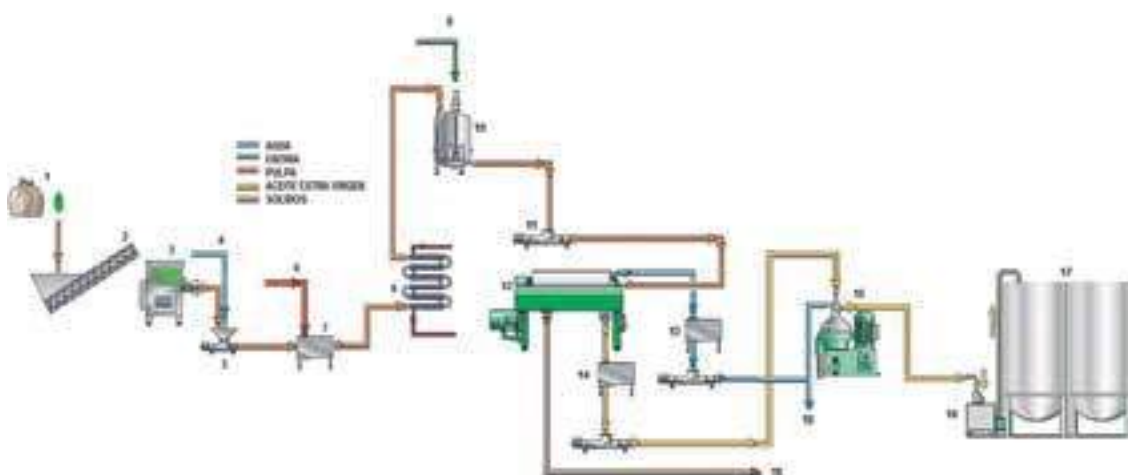


Figura 37. Mapa de proceso para extracción de aceite aguacate.

En este mismo tanque se realiza el tratamiento enzimático con un calentamiento durante 2 horas. Esta nueva mezcla se lleva a la centrífuga horizontal y la fase oleoacuosa resultante se transporta a otro separador y posteriormente se almacena en tanques de acero inoxidable, para su envase final. Las líneas de proceso correspondiente al proceso graficado se enumeran a continuación:

1. Fruto sin cáscara
2. Tornillo sinfín
3. Homogenizador
4. Adición de agua
6. Ajuste de pH
8. Intercambiador de calor
9. Enzima
10. Tanque de mezcla
11. Bomba
12. Centrífuga horizontal (Decanter)
15. Clarificador
- 5, 16. Bomba
- 7, 13, 14, 17. Tanques de acero inoxidable
18. Residuo Clarificado
19. Corriente de residuos sólidos (Torta)

Se puede trabajar con equipos prototipo para procesos a menor escala, en este caso se requiere de una despulpadora y un homogenizador, en la línea de proceso de pulpas. El equipo principal es una centrífuga horizontal la cual puede costar alrededor de ochenta millones de pesos (\$80.000.000), finalmente una envasadora de líquidos, la cual tiene un precio de treinta y cinco millones (\$35.000.000).

Al trabajar un proceso continuo, se requiere la inversión de dos bombas de desplazamiento positivo para el transporte de los líquidos, las cuales presentan un costo aproximado de quince millones de pesos (\$15.000.000).

VIII. ESTRUCTURA DE COSTOS DE PRODUCCIÓN



VIII. ESTRUCTURA DE COSTOS DE PRODUCCIÓN

Jorge A. Bernal E.¹
Cipriano A. Díaz D.²

Conceptos básicos

Se entiende por costo, la inversión requerida para producir un bien o prestar un servicio. El costo tiene la connotación de contribuir a un objetivo productivo; en esto se diferencia del concepto de gastos.

Los costos de producción agrícola son un instrumento para tomar decisiones; como tal, deben proveer de la mejor información posible, con el fin de disminuir el riesgo; por esta razón, es básico construir costos de producción lo más cercanos a la realidad.

Algunas de las decisiones que se toman con base en los costos agrícolas son:

- Conyuntura política
- Orientar la investigación
- Establecer ventajas comparativas
- Considerar posibilidades de inversión
- Otorgar financiación para inversiones agrícolas
- Constituir seguros de cosecha
- Recibir prendas sobre cultivos
- Avalúo de daños

Factores que afectan los costos agrícolas

Los costos agrícolas dependen de la oferta ambiental que es propia de cada ecosistema, el balance hídrico de la región, luminosidad, humedad relativa y heladas, entre otros factores. Así, el aporte de agua por precipitación, determinará la necesidad de obtener costos por riego o mantenimiento de drenajes. La fotosíntesis depende de la luminosidad; la presencia de hongos patógenos puede estar influenciada por una mayor humedad relativa o mayor nubosidad. Los cambios bruscos de temperatura causan estrés a la planta y alteran su fisiología.

Igualmente, los costos agrícolas dependen de los patrones de tecnología; el uso indiscriminado o inadecuado de insumos industriales pueden incrementar innecesariamente los costos.

1 I.A. M.Sc. en Horticultura. Investigador Máster. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica, C.I. La Selva. Rionegro, Antioquia, Colombia. Correo electrónico: jbernal@corpoica.org.co

2 I.A. M.Sc. en Ciencias Agrícolas. Investigador Máster. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica, C.I. La Selva. Rionegro, Antioquia, Colombia. Correo electrónico: cdiaz@corpoica.org.co



De acuerdo con estos criterios, se obtienen los costos totales por unidad de superficie, los cuales son específicos para cada ecosistema.

Producción agrícola

Los costos agrícolas son la inversión requerida para obtener una determinada cantidad de producto; la producción, a su vez, es el resultado del uso eficiente de la energía solar; esta eficiencia depende de la interacción de varios elementos, los cuales se pueden agrupar así:

- Potencial genético de la especie cultivada
- Disponibilidad de agua
- Disponibilidad de nutrientes
- Talento humano (manejo del cultivo, administración, control de plagas y enfermedades)

Costos unitarios

El costo total del cultivo, dividido entre el número de unidades producidas, permite obtener el costo unitario, es decir, el costo de producir una unidad de producto, ya sea un kg o una tonelada; este costo unitario de producción se puede comparar con el precio unitario que paga el mercado por el producto y en consecuencia tomar decisiones.

Manteniendo constante el patrón de costos totales, en la medida que la producción es más eficiente, expresada como cantidad mayor de unidades producidas, el costo unitario disminuye; por el contrario, una menor producción aumenta el costo unitario.

De igual forma, manteniendo constante la producción pero disminuyendo costos totales, se logra bajar el costo unitario del producto.

En general, la disminución de costos unitarios garantiza la competitividad del cultivo y su permanencia en el mercado, y debe ser un propósito de los productores apoyados por los investigadores, extensionistas y asistentes técnicos.

Con base en el costo total, es importante conocer la proporción en que cada uno de estos costos participa en el costo final y tener la estructura de costos.

Con estos conceptos se establece la importancia de los costos de producción agrícola y por ende de la necesidad de profundizar en el tema, adelantar una discusión sobre el mismo y llegar a un sistema de clasificación y un procedimiento para establecerlos.

Clasificación de los costos agrícolas

Hay diferentes maneras de establecer los costos; para establecer los costos agrícolas se utiliza la clasificación de acuerdo a la identidad con el producto. Algunos costos pueden ser identificables por su participación en la elaboración del producto; en otros casos, esto no es fácil de hacer; entonces se clasifican en: costos directos, costos indirectos y costos financieros.

Costos directos

Pueden ser fácilmente identificables con la producción; se causan directamente para el proceso productivo; tal es el caso de insumos, mano de obra, transporte, arrendamiento de tierras, empaques, maquinaria, materiales.



Costos indirectos

Usualmente son costos globales que demanda el negocio; es muy difícil identificarlos con el producto, por ejemplo, honorarios profesionales, relaciones públicas, seguros, servicios públicos, asesorías. Igualmente, papelería, licencias, trámites y contabilidad, entre otros.

Los costos de ventas corresponden a las comisiones pagadas por ventas, publicidad, gastos de notaría y registro.

Costos financieros

Corresponden al costo del dinero vinculado con el proyecto de inversión; comprende los valores financiados por el sistema financiero; generalmente, en los proyectos agrícolas y de construcción equivalen al 80% de los costos directos; sin embargo, los recursos financieros propios del inversionista tienen un interés de oportunidad, ya que podrían generar rendimientos si no estuviesen vinculados al proyecto; por esta razón, se estima el costo financiero sobre los saldos negativos dentro del flujo de caja en el período analizado.

El valor del dinero sale de un costo promedio ponderado entre el interés de oportunidad del dinero del inversionista y el costo del dinero en el sistema financiero.

Costos en proyectos de mediano y tardío rendimiento

Los negocios tienen ciclos de acuerdo con su complejidad y duración. Un proyecto de inversión puede contemplar las etapas de preinversión como estudios de pre y factibilidad, etapa de puesta en marcha o inversión y la etapa de operación.

Los costos de preinversión corresponden generalmente a estudios, investigaciones, diseños preliminares; si el proyecto muestra viabilidad, estos costos son imputables a la inversión.

Costos de inversión

Se puede decir en términos generales, que los costos de inversión comprenden todas las erogaciones hasta el momento que el negocio empieza a producir beneficios. Pueden ser, entre otros, los estudios preliminares, compra de terrenos, construcciones, maquinaria, equipos, establecimiento de cultivos y compra de semovientes.

Costos de operación

Cuando el negocio inicia la producción de beneficios, termina la fase de inversión y tiene lugar la fase de operación. En esta etapa, los costos que se causan se denominan costos de operación; corresponden a las erogaciones rutinarias y necesarias para el funcionamiento, del negocio como insumos, mantenimiento, servicios, administración y costos de ventas.

Método para determinar los costos

El nivel de tecnología establecido para un cultivo da lugar a una serie de actividades; cada una de ellas tiene unos costos; para determinarlos se establecen en primera instancia las unidades físicas requeridas, expresadas en magnitud y número; ejemplo: fertilizantes requeridos 300 kg/ha, para control de malezas 25 jornales/ha.

Este patrón de actividades es más o menos constante para cada cultivo, de tal manera que una vez establecido se sigue utilizando hasta que se produzca un cambio tecnológico significativo.



Para cada ciclo del cultivo se establece el costo de cada unidad y actividad, tomando para ello los precios de mercado; estos precios son el elemento variable y para cada época es necesario investigarlos.

La suma de todos los costos corresponde a los costos totales.

Una vez que se establecen los costos totales y se conozca el número de unidades que se espera producir, se obtiene la relación entre los dos datos, para obtener el costo por unidad producida.

Ejemplo:

Los costos totales de un cultivo ascienden a la suma de \$ 1'500.000; el total de unidades producidas es de 2.500 kg, de tal manera que el valor por unidad productiva es igual a:

$$\text{Costo Unitario} = \$ 1'500.000 / 2.500 \text{ kg} = \$ 600/\text{kg}$$

Sí el precio del mercado de ese producto es de \$ 800 / kg, el negocio analizado es viable; si por el contrario fuese únicamente de \$ 500/kg, el negocio no sería rentable. Con estos datos, el productor tiene elementos de juicio para tomar decisiones.

Estructura de costos para una hectárea de aguacate, a una distancia de 7x7 m en cuadro (204 árboles/ha). Período: Semillero (1,5 meses). Para cuando se realiza la injertación en la finca.

Mano de obra	Unidad	Cantidad	V/Unitario	Valor Total
Selección de frutos	Jornal	0,25		
Preparación de frutos	Jornal	0,25		
Mantenimiento semillero	Jornal	0,5		
Subtotal	Jornal	1		

Insumos	Unidad	Cantidad	V/Unitario	Valor Total
Arena	Bulto	2		
Fungicida	kg	0,05		
Insecticida	kg	0,1		
Frutos para la extracción de semilla	Bulto	1		
Subtotal				
Total				

Período: Almacigo (11 meses)

Mano de obra	Unidad	Cantidad	V/Unitario	Valor Total
Preparación de suelo y solarización	Jornal	0,5		
Llenado de bolsas	Jornal	0,5		
Siembra	Jornal	0,5		
Injertación	Jornal	5,0		
Manejo	Jornal	10,5		
Subtotal	Jornal	17,0		

Insumos	Unidad	Cantidad	V/Unitario	Valor Total
Arena	Bulto	3		
Gallinaza	Bulto	3		
Insecticida	Litro	0,1		
Fungicida	Gramos	80		
Cal	Bulto	2		
Subtotal				

Materiales	Unidad	Cantidad	V/Unitario	Valor Total
Bolsas	Unidad	245		
Subtotal		245		
Total				

Período: Vivero (0,25 meses). Para cuando se compran las plantas injertadas.

Mano de obra	Unidad	Cantidad	V/Unitario	Valor Total
Acarreo	Jornal	0,25		
Mantenimiento	Jornal	0,75		
Subtotal	Jornal	1		

Insumos	Unidad	Cantidad	V/Unitario	Valor Total
Plantas injertadas *	Plantas	245		
Subtotal				
Total				

* 204 para el establecimiento y 41 para la reposición en caso de pérdida (20%)



Establecimiento y Desarrollo (años 1 al 4)

Mano de obra	Unidad	Cantidad	V/Unitario	Valor Total
Selección del lote	Jornal	1		
Limpieza lote	Jornal	10		
Cercado	Jornal	10		
Trazado	Jornal	2		
Ahoyado	Jornal	5		
Transporte bolsas al lote	Jornal	1		
Siembra	Jornal	4		
Plateos (c/3 meses) 16	Jornal	64		
Fertilización (c/4 meses) 12	Jornal	28		
Control fitosanitario 12	Jornal	12		
Poda de formación	Jornal	8		
Poda de manejo	Jornal	4		
Deshoje sanitario	Jornal	4		
Mantenimiento de equipo	Jornal	3		
Transporte insumos campo	Jornal	4		
Construcción ramada	Jornal	2		
Control de malezas (12)	Jornal	36		
Fertilización foliar (8)	Jornal	8		
Subtotal	Jornal	206		

Insumos	Unidad	Cantidad	V/Unitario	Valor Total
Fungicida	Kg	4		
Insecticida	Litro	4		
Herbicida	Litro	2		
Adherente	Litro	1		
Gallinaza	Tonelada	3,5		
Fertilizante compuesto	Bulto	15		
Agrimins	Bulto	1		
Cal	Bulto	8		
Foliar	Litro	10		
Subtotal				

Herramientas	Unidad	Cantidad	V/Unitario	Valor Total
Barretón	Unidad	1		
azadones	Unidad	2		
Machetes	Unidad	2		
Navajas	Unidad	2		
Subtotal		7		

Equipos	Unidad	Cantidad	V/Unitario	Valor Total
Bomba de espalda	Unidad	3		
Bomba estacionaria	Unidad	1		
Motobomba	Unidad	1		
Subtotal				

Materiales	Unidad	Cantidad	V/Unitario	Valor Total
Plástico ramada	Metro	50		
Manguera sistema fumigación	Metro	500		
Boquillas	Unidad	6		
Tanque 1000	Unidad	1		
Canecas	Unidad	3		
Baldes	Unidad	5		
Alambre	Rollo	5		
Grapas	Caja	3		
Estacones	Unidad	120		
Palos ramada	Unidad	20		
Subtotal				

Administración	Unidad	Cantidad	V/Unitario	Valor Total
Administrador	Jornal	2		
Alquiler de lote	ha/mes	5		
Combustible	Galón	17		
Mantenimiento equipo	Unidad	1		
Sutotal				



Mantenimiento (año 5)

Mano de obra	Unidad	Cantidad	V/Unitario	Valor Total
Fertilización	Jornal	10		
Plateo (2)	Jornal	10		
Control de malezas (3)	Jornal	2		
Poda sanitaria (2)	jornal	2		
Control fitosanitario (4)	Jornal	8		
Recolección frutos enf. (8)	Jornal	4		
Cosecha (8)	Jornal	16		
Fertilización foliar	jornal	2		
Empaque	Jornal	4		
Selección y preparación	jornal	8		
Venta	Jornal	4		
Manejo	Jornal	1		
Subtotal	Jornal	71		

(*) numero de eventos

Insumos	Unidad	Cantidad	V/Unitario	Valor Total
Fungicida	Kg	5		
Insecticida	Litro	5		
Herbicida	Kg	2		
Adherente	Litro	1		
Gallinaza	Tonelada	3.5		
Fertilizante compuesto	Bulto	9		
Agrimins	Bulto	2		
Cal	Bulto	8		
Foliar	Litro	2		
Subtotal				

Materiales	Unidad	Cantidad	V/Unitario	Valor Total
Boquillas	Unidad	6		
Fibra	Rollo	1		
Empaques	Canastillas	100		
Subtotal				
Subtotal				

Administración	Unidad	Cantidad	V/Unitario	Valor Total
Administrador	Jornales	2		
Alquiler de lote	ha/mes	5		
Combustible	Galón	20		
Subtotal				
Total año				





REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

I. MANEJO DEL CULTIVO

- Agriculture & Natural Resources. 2012. Avocado varieties. In: Avocado information. University of California. Disponible en: <http://ucavo.ucr.edu/AvocadoVarieties/VarietyFrame.html#Anchor-47857>. Consultado el 12 nov. 2012.
- Aguilar, J.; Vitorelli, C.; Molina, J. y Santisteban, O. 1989. Desinfecte el sustrato de siembra por el método de la solarización, para la producción de tubérculos-semillas de categoría básica de papa. Convenio INIAA-COTESU_CIP. Lima, Perú, 18 p.
- Aguilera-Montañez, J.L. y Salazar-García, S. 1996. Efecto del nitrógeno, fósforo y potasio en el rendimiento y tamaño del fruto de aguacate. Folleto Técnico No.12. INIFAP. Campo Experimental Uruapan, México. 24 p.
- Alcázar, J.; Raymundo, S.A. y Salas, R. 1981. Influencia del tiempo de exposición, grosor de plástico, plástico usado o nuevo y profundidad del suelo en la eficiencia de la solarización en el control de *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood. Fitopatología 26 (2): 92-99.
- Alexander, V.McE. 1975. Flowering times of avocado in the Murray Valley. The Journal of the Australian Institute of Agricultural Science 41: 264-267.
- Alfonso B., J.A. 2008. Manual Técnico del Cultivo del Aguacate Hass (*Persea americana* L.). Centro de Comunicación Agrícola de la Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA). 53 p.
- Allan, P.; Lamb, D. and Chalton, D. 1981. Sterilization and pasteurization of soil mixes. South Africa Avocado Growers' Association Yearbook 4, 124-127.
- Álvarez de la Peña, F. 1979. El Aguacate Madrid. Ministerio de Agricultura. 225p.
- Amórtégui F., I. 2001. El cultivo del aguacate. Módulo Educativo para el Desarrollo Tecnológico de la Comunidad Rural. Corporación para la Promoción del Desarrollo Rural y Agroindustrial del Tolima (PROHACIENDO). MADR-PRONATTA. Ibagué, Mayo de 2011. 49 p.
- Aubert, B. and Lossois, S. 1972. Considérations sur la phénologie des espèces arbustives. Fruits 27(4): 269-286.
- Avilán, I. y Rodríguez, M. 1995. Época de floración y cosecha del aguacate (*Persea* spp) en la región Norte de Venezuela. Agronomía Trop. 45(1): 35-50.
- Avilán, L.; Leal, F. y Bautista, D. 1989. Lauraceae. En: Manual de Fruticultura, Cultivo y Producción. 1ª ed. Ed América, Chacaito (Venezuela), p. 666-776.
- Avilán, L.; Leal, F. y Bautista, D. 1992. Lauraceae. En: Manual de Fruticultura, Principios y Manejo de la Producción. 2ª Ed Chacaito (Venezuela), Ed América. (1):666-776.
- Avilán, L.; Rodríguez, M.; Carreño, R. y Dorantes, I. 1994. Selección de variedades de aguacate. Agronomía Tropical. 44(4): 593-618.
- Baez, A.J.M. 2005. Caracterización del ciclo de maduración de la fruta de aguacate por ambiente altitudinal en Michoacán. Tesis profesional. Facultad de Agrobiología "Pdte. Juárez". UMSNH. Uruapan, Michoacán, México. 34 p.
- Bárceñas O., A.E.; Martínez, N.A.; Aguirre, P.S. y Castro, C.P. 2002. Fenología del aguacate (*Persea americana* Mill.) var. Hass en cuatro diferentes altitudes del municipio de Uruapan, Michoacán. Divulga. Revista de divulgación de la Coordinación de Investigación Científica de la UMSNH, Morelia, Michoacán, México. No. 5, Feb 2002. Pag. 23.-30.

- Barrientos-Priego, P.A.F.; López, J. and Sánchez.C. 1987. Effect of Colin V-33 as interstock on avocado (*Persea americana* Mill) growth, cv. Fuerte. South African Avocado Growers' Association Yearbook 10:62-63.
- Barrientos-Priego, A.F. y López-López, L. 2002. Historia y genética del aguacate. En: Memoria de la Fundación Salvador Sánchez Colín. Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas del Aguacate en el Estado de México. Coatepec de Harinas, México. pp:100-121.
- Bender, G.F. y Whiley, A.W. 2007. Propagación. En: Whiley AW, Schaffer B, Wolstenholme BN (Eds.). El Palto. Botánica, Producción y Usos. Ediciones Universitarias de Valparaíso. Chile. 177-197.
- Ben-Ya'acov, A. 1970. Inarching. The division of subtropical horticulture. The volceni institute of agricultural horticulture. The volceni institute of agricultural Research 1960-1969. Peli. Printing works, Ltda. Israel. P 43-46.
- Ben-Ya'acov, A. and Michelson, E. 1995. Avocado Rootstocks. Horticultural Reviews 17, 381-429.
- Bergh, B.O. 1957. Avocado breeding in California. Proceedings of the Florida State Horticultural Society 70, 284-290.
- Bergh, B.O. 1961. Breeding avocados at C.R.C. California Avocado Society Yearbook 45, 67-74.
- Bergh, B.O. 1967. Reasons for low yields of avocados. California Avocado Society Yearbook 51:161-172.
- Bergh, B.O. 1969. Avocado (*Persea americana* Miller). In: Ferwerda, F.P. and Wit, F. (eds) Outlines of Perennial Crops Breeding in the Tropics Landbouwhogeschool Wageningen, The Netherlands, pp. 23-51.
- Bergh, B.O. 1977a. Avocado breeding of selection. In: Suals, J.; Phillips, P.L. and Jackson, L.K. (eds) Proceedings of the First International Tropical Fruits Short Course: The Avocado. University of Florida. Gainesville, Florida pp. 24-33.
- Bergh, B.O. 1977b. Avocado breeding in California. Proceedings of the Florida State Horticultural 70:284-290.
- Bergh, B.O. 1984. Avocado varieties for California. California Avocado Society Yearbook 68: 75-93.
- Bergh, B.O. 1986. *Persea americana*. In: Halevy, A.B. (ed.) CRC Handbook of Flowering, Vol. 5. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA. pp. 253-268.
- Bergh, B.O. 1992. The origin, nature, and genetic improvement of the avocado. California Avocado Society Yearbook 76:61-75.
- Bergh, B.O. and Whitsell, R.H. 1974. Self-pollinated Hass seedlings. California Avocado Society Yearbook 57:118-123.
- Bergh, B.O. and Whitsell, R.H. 1982. Three new patented avocados. California Avocado Soc. Yrbk. 66: 51-56.
- Bergh, B.O. and Lahav, E. 1996. Avocados. In: Janick, J. and Moore, J.N. (eds) Fruit Breeding, Vol I, Tree and Tropical Fruits. John Wiley & Sons, West Lafayette, Indiana, pp. 113-166.
- Bergh, B. O.; Scora, R.W. and Storey, W. B. 1973. A comparison of leaf terpenes in *Persea* subgenus *Persea*. Bot. Gazette. 134: 130-134.



- Bergh, B.O.; Kumamoto, J. and Chen, P. 1989. Determining maturity in whole avocados. Calif. Avocado Soc. Yearbook. 73: 173-176.
- Bernal, J.A. 1986. Informe Anual de Actividades en Frutales. Programa Nacional de Frutales. Instituto Colombiano Agropecuario ICA, Rionegro, noviembre, 1985, 94 p.
- Bernal, J.A. y Moncada, J. 1988. Informe Anual de Frutales 1988. Programa Nacional de Frutales. Instituto Colombiano Agropecuario ICA, Rionegro, enero de 1989. 57 p.
- Bernal, J.A. 2011. Cuarto Informe de avance del proyecto: Estudio y evaluación del comportamiento agronómico y productivo de las variedades de aguacate Hass en diferentes pisos térmicos del departamento de Antioquia. Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural de Antioquia. Medellín, Diciembre de 2012. 53 p.
- Bernier, G.; Havelange, A.; Houssa, C.; Petitjean, A. and Lejeune, P. 1993. Physiological signals that induce flowering. *Plant Cell*.5:(1):147-1.155.
- Bertling, I. and Köhne, S. 1986. Investigation into fruit set of avocado. *S. Afr. Avocado Grow. Assoc. Yrbk.* 9: 59-62.
- Betancur, O. y Mejía, J. 1990. Solarización un método de control de patógenos del suelo. Seminario (Ingeniero Agrónomo). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 48 p.
- Biran, D. 1979. Fruitlet abscisión and spring growth retardation – their influence on avocado productivity. M.Sc. Thesis, The Hebrew University of Jerusalem, Rehovot, Israel. (In Hebrew, English abstract).
- Bisonó P., S.M. y Hernández B., J.R. 2008. Guía tecnológica sobre el cultivo del aguacate. Consejo Nacional de Competitividad. Cluster del Aguacate Dominicano. Santo Domingo, D.N. Junio de 2008. 50 p.
- Blanke, M.M. 1991. Photosynthesis of avocado fruit. In: Lovatt, C.J., Holthe, P.A. and Arpaia, M.L. (eds) *Proceedings of the Second World Avocado Congress, Vol. 1.* University of California, Riverside, California, 1, pp. 179–190.
- Blanke, M.M. and Bower, J.P. 1990. Surface features of the avocado fruit. *Trop. Agric.* 67:379-381.
- Blanke, M.M. and Whiley, A.W. 1995. Bioenergetics, respiration cost and water relations of developing avocado fruit. *Journal of Plant Physiology* 145, 87–92.
- Blumenfeld, A. and Gazit, S. 1972. Gibberelin-like activity in the developing avocado fruit. *Physiology Plant.* 27:116-120.
- Blumenfeld, A.; Gazit, S. and Argaman, E. 1983. Factors involved in avocado productivity. *Spe.Pub.No.* 222. Department of Subtropical Horticulture, The Volcani Center, Bet Dagan, Israel. 84-85.
- Bower, J.P. and Cutting, J.G.M. 1992. The effect of selecting pruning on yield and fruit quality in "Hass" avocado. *Acta Hort.* 296:55-58.
- Bower, J.P., Wolstenholme, B.N. and de Jager, J.M. 1978. Incoming solar radiation and internal water status as stress factor in avocado, *Persea americana* Mill. cv. Edranol. *Crop Production* 7, 129-133.
- Broadbent, P. and Baker, F.K. 1974. Behavior of *Phytophthora cinnamomi* in soils suppressive and conducive to root rot. *Australian Journal of Agricultural Research* 25:121-137.
- Brokaw, W.H. 1986. Selecting rootstock. *California Avocado Society Yearbook* 70, 111–114.

- Brooks, R.M. and Olmo, H.P. 1997. The Brooks and Olmo register of fruit & nut varieties, 3th ed. ASHS Press. Alexandria, VA. 744 p.
- Brown, B.I. 1984. Market maturity indices and sensory properties of avocados grown in Queensland. *Food Technology in Australia* 37, 474–476.
- Buchholz, A. 1986. Young vegetative growth as a possible factor involved with fruitlet abscisión in avocado. M.Sc. Thesis, Hebrew University of Jerusalem, Rehovot, Israel. (In Hebrew with English summary.)
- Burns, R.M.; Mircetich, S.M.; Coggins, C.W. Jr. and Zentmyer, G.A. 1965. Gibberellin increases size of 'Duke' avocado seedlings. *California Avocado Society Yearbook* 50:118-120.
- Cabezas, C.; Hueso, J.J. y Cuevas, J. 2003. Identificación y descripción de los estados fenológicos-tipo del aguacate (*Persea americana* mill.). *Proceedings V World Avocado Congress (Actas V Congreso Mundial del Aguacate)* 2003. pp. 237-242.
- Calabrese, F. 1992. El aguacate. Ediciones Mundiprensa, Madrid, 249 p.
- California Avocado Commission, 2013. Historia de los Aguacates. El árbol madre Hass 1926-2002. Consultado: Marzo 15, 2013. Disponible en: <http://www.californiaavocado.com/el-arbol-madre-hass/>
- California Avocado Society-CAS. 1950. *Yearbook Volume* 35, 206 p.
- Camacho-Ferre, F. y Fernández-Rodríguez, E.J. 2000. El cultivo de sandía apirena Injertada, bajo invernadero, en el litoral mediterráneo español. *Caja Rural de Almería*. P.160 312 p. <http://www.larurales>
- Carvajal, J.G.1996. Manual práctico para el cultivo del aguacate. Servicio Nacional de Aprendizaje, SENA. Subdirección sector primario extractivo y desarrollo social. Centro Multisectorial de Oriente. Rionegro, Antioquia, Colombia. pp. 22-24.
- Cerdas A., M.; Montero C., M, y Díaz C., E. 2006. Manual de manejo pre y poscosecha de aguacate (*Persea americana*). Ministerio de Agricultura y Ganadería. Centro de Investigaciones Agronómicas Universidad de Costa Rica. Consejo Nacional de Producción Fundación para el Fomento y Promoción de la Investigación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria de Costa Rica. 100 p.
- Chaikiattiyos, S.; Menzel, C.M. and Rasmussen, T.S. 1994. Floral induction in tropical fruit trees: effects of temperature and water supply. *Journal of Horticultural Science* 69, 397–415.
- Chanderbali, A.S.; Albert, V.A.; Ashworth, V.E.T.M.; Clegg, M.T.; Litz R.E.; Soltis, D.E. and Soltis, P.S. 2008. *Persea americana* (avocado): bringing ancient flowers to fruit in the genomics era. *BioEssays* 30:386–396.
- Chandler, W.H.1958. *Evergreen Orchards*. Lea & Febiger, Philadelphia. 2a ed. p. 205-228.
- Clark, O.I. 1923. Avocado pollination and bees. *California Avocado Association Annual Report* 1922-1923, 57-62.
- CONAFRUT.1988. *Inventario Frutícola 1987*. Comisión Nacional de Fruticultura. Subdirección de Planeación y Evaluación. México.
- Coria A., V.M. 2008. Cosecha. En: *Tecnología para la producción de aguacate en México*. 2ª. Edición. C.I. Regional Pacífico Centro, Campo Experimental Uruapan, C.I. Regional Pacífico Sur, Campo Experimental Zacatepec. INIFAP. Libro Técnico No. 8. Uruapan, Michoacán, México. pp. 167-180.
- Coutanceau, M. 1964. *Fruticultura*. España, Ediciones de Occidente. 108p.
- Cran, D.G. and Possingham, J.V. 1973. The fine structure of avocado plastids. *Ann. Bot.* 37:993-997.



- Crane, J.H.; Bally, I.S.E.; Mosquera-Vasquez, R.V. and Tomer, E. 1997. Crop production. In: Litz, R.E. (ed). *The Mango: Botany, Production and Uses*. CAB International, Welington, UK, pp 203-256.
- Cristoffanini, L. 2007. Criterios de poda en palto en plantaciones de alta densidad. *Revista Avance Agrícola*. Quillota, Chile. Julio 2007. Pp 30-31.
- Cristoffanini, L.; Lienlaf, P. y Ramella A., F. 2011. Efecto de la distancia de plantación en huertos de alta densidad en palto cv. Hass – primer avance. En: VII Congreso Mundial del Aguacate 2011. Cairns, Queensland del 5 al 9 de Septiembre de 2011. Australia. AGRUMI E.I.R.L., Investigación y Desarrollo Agronómico, Chile. 8 p.
- Cummings, K. and Schroeder, C.A. 1942. Anatomy of the avocado fruit. *California Avocado Society Yearbook* 1942:56-64.
- Cutting, J.G.M. and Bower, J.P. 1990. Spring vegetative flush removal: the effect on yield size fruit mineral composition and quality. *S. Afr. Avocado Grow. Assoc. Yrbk* 13: 33-94.
- Cutting, J.G.M. and van Vuuren, S.P. 1988. Rooting leafy non-etiolated avocado cuttings from gibberellin injected trees. *Scientia Horticulturae* 37, 171–176.
- Davenport, T.L. 1982. Avocado growth and development. *Proc Fla. State Hort. Soc.* 95: 92-96.
- Davenport, T.L. 1986. Avocado flowering. *Horticultural Reviews* 8, 257-289.
- Davis, J.; Henderson, D.; Kobayashi, M.; Clegg, M.T. and Clegg, M.T. 1998. Genealogical relationships among cultivated avocados as revealed through RFLP analyses. *Journal of Heredity* 89, 319–323.
- Davenport, T.L. 1986. Avocado Flowering. *Horticultural Reviews*. 8:257-289.
- Dennis, F.G. and Neilsen, J.C. 1999. Physiological factors affecting biennial bearing in tree fruit: the role of seeds in apple. *Hort technology*. 9: 317-322.
- Dettmann, E.B.; Caperon, J.; Leon, L.E.; English, J.N. and Walsh, M. 1987. New avocado maturity standards? *Subtropical Fruit Grower* October 1987, 13–16.
- Eggers, E.R. and Halma, F.F. 1937. Rooting avocado cuttings. *California Avocado Society Yearbook* 1937, 121-125.
- Eggers, E.R. and Halma, F.F. 1937. Rooting avocado cuttings. *California Avocado Society Yearbook* 1937, 121–125.
- Ellstrand, N. 1992. Sex and the single variety. *California Grower*. 16(1):22-23.
- Ernst, A.A. 1999. Micro clonning; a multiple clonning technique for avocado using micro containers. *Revista Chapingo Serie Horticultura Núm. Especial V*, 217-220.
- Escobar M., E. 2001. Presentación de Yotoco "Reserva Natural". *Flora: Plantas Vasculares*. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. Litotamara Ltda. Palmira, Colombia. 267 p.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT. 2012. <http://faostat.fao.org/> © FAO. Consultado: noviembre 30 de 2012.
- Farré, J.M., Hermoso, J.M. and Pliego, F. 1987. Effects of pre-bloom pruning on leaf nutrient status, growth and cropping of the avocado cv. Hass. *South African Avocado Growers' Association Yearbook* 10, 71–72.
- Fernández-Galván, D. y Galán-Saúco, V. 1986. Adaptabilidad de distintos patrones de aguacate (*Persea americana* Mill.) a la propagación clonal. *Actas del II Congreso Nacional de la SECH* 1: 51-58.
- Frolich, E.F. 1951. Rooting guatemalan avocado cuttings. *California Avocado Society Yearbook* 1951:136-138.

- Frolich, E.F. and Platt, R.G. 1972. Use of the etiolation technique in rooting avocado cuttings. California Avocado Society Yearbook 55, 97-109.
- Gaillard, J.P. and Godefroy, J. 1995. Avocado. The Tropical Agriculturist Series, CTA/Macmillan Education, London. 120 p.
- Galán-Saúco, V. 1990. Aguacate. En: Los frutales tropicales en los subtrópicos. i. Aguacate, mango, litchi y longan. Ediciones Mundi-prensa. Madrid, España. p. 25-58.
- Galindo, M.E. y Arzate-Fernández, A.M. 2010. Consideraciones sobre el origen y primera dispersión del aguacate (*Persea americana*, Lauracea). Cuadernos de Biodiversidad. Publicación cuatrimestral del Centro Iberoamericano de la Biodiversidad. Universidad de Alicante. CIBIO, Ediciones No. 33:11-15.
- Gardner, F.E. 1937. Etiolation as a method of rooting apple variety stem cuttings. Proceedings of the American Society for Horticultural Science 34, 323-329.
- Gadner, L.C. and Lovatt, C.J. 2008. The relationship between flower and fruit abscission and alternate bearing of 'Hass' avocado. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 133:3-10.
- Gazit, S. 1977. Pollination and fruit set of avocado. In: Sauls, J.W.; Phillips, R.L. and Jackson, L.K. (eds) Proceedings of the First International Tropical Fruit Short Course: the Avocado. University of Florida, Gainesville, Florida, p. 88-92.
- Gazit, S. y Degani, C. 2007. Biología reproductiva. En: Whiley AW, Schaffer B, Wolstenholme BN (Eds.) El Palto. Botánica, Producción y Usos. Ediciones Universitarias de Valparaíso. Chile. pp. 103-131.
- Gil-Albert, F. 1992. La Ecología del Árbol Frutal. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, España. Vol. 2.237 p.
- Gillespie, L.H. 1957. Stem-rooting clones by means of "juvenile growth phase" leafy-stem cuttings. California Avocado Society Yearbook 41: 94-96.
- Ginsburg, O. and Avizohar-Hershenson, Z. 1980. Observations on vesicular-arbuscular mycorrhiza associated with avocado roots in Israel. Transactions of the British Mycological Society 48:101.104.
- Gómez, R.E.; Soule, J. and Malo, S.E. 1971. Avocado air layers – a study of seven varieties during a year's cycle. Proceedings of the American Society for Horticultural Science, Tropical Region 15, 113-120.
- Gregoriou, C. and Rajkumar, D. 1984. Effect of irrigation and mulching on shoot and root growth of avocado (*Persea americana* Mill.) and mango (*Mangifera indica* L.). Journal of Horticultural Science 59, 109-117.
- Griswold, H. 1950. Report on the committee on foreign explorations. California Avocado Society 1950 Yearbook. 34: 28-30.
- Gustafson, C.D. and Bergh, B.O. 1966. History and review and studies on cross pollination of avocados. California Avocado Society Yearbook 50: 39-49.
- Gustafson, C.D. and Kadman, A. 1969. Effects of some plant hormones of the rooting capacity of avocado cuttings. California Avocado Society Yearbook 53: 97-100.
- Gustafson, C.D. and Rock, R.C. 1976. Costs to produce avocados in San Diego county. Calif. Avocado Soc. Yrbk. 60:22-24.
- Gutiérrez V., G. 1970. Familia Laurácea. En: Manual práctico de botánica taxonómica. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agrícolas, Medellín. 2: 221-249.



- Gutiérrez V., G. 1984. Manual práctico de botánica taxonómica. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agrícolas, Medellín. 4ª. Edición. Tomo 1.380 p.
- Hallé, F.; Oldeman, R.A.A. and Tomlinson, P.B. 1978. Tropical trees an forest: An Architectural Analysis. Springer Verlag, Berlin, 441 p.
- Halma, F. and White, F. 1951. Relative susceptibility of avocado rootstocks to chlorosis. California Avocado society yearbook. 35: 153-156
- Halma, F.F., Zentmyer, G.A. and Wilhelm, S. 1954 Susceptibility of avocado rootstocks to *Verticillium* wilt. California Avocado Society Yearbook 38, 153–155.
- Halma, F.F. 1953. Avocado rootstock experiments – a 10 year report. California Avocado Society Yearbook 38: 79-86.
- Hartman, H.T. and Kester, D.E. 1961. Plant Propagation Principles and Practices, 4th edn. Prentice-Hall, New Jersey, pp. 248-249.
- Hass, A.R.C. 1937a. Propagation of the Fuerte avocado by means of leafy twig cutting. California Avocado Society Yearbook 1937, 126-130.
- Hass, A.R.C. 1937b. Progress in the rooting of Fuerte avocado cuttings. California Avocado Society Yearbook 1937, 130-132.
- Hernández, F. 1991. Aproximación al ciclo fenológico del palto (*Persea americana* Mill.) cultivar Hass, para la zona de Quillota, V región. Taller de Licenciatura. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. 99 p.
- Ho, L.C. 1988. Metabolism and compartmentation of imported sugars in sink organs in relation to sink strength. Ann. Rev. Plant Physiol. 39, pp. 355–378.
- Hoad, G. 1984. Hormonal regulation of fruit bud formation in fruit trees. Acta. Hort. 149: 3-23.
- Hodgson, R.W. 1950. The avocado – a gift from the Middle Americans. Economic Botany 4:253-293.
- Hodgson, R.W. and Cameron, S.H. 1935. Studies on the bearing behavior of the Fuerte avocado variety. Calif. Avocado Assoc. Yrbk. 19:156-165.
- Hofman, P.J.; Fuchs, Y. y Milne, D.L. 2007. Cosecha, enballe, tecnología de pos cosecha, transporte y procesamiento. En: Whinley AW, Schaffer B, Wolstenholme BN (Eds.) El Palto. Botánica, Producción y Usos. Ediciones Universitarias de Valparaíso. Chile. pp. 331-364.
- Hofshi, R. 1999. High-density avocado planting – An argument for replanting trees. Subtropical Fruit News 7(1), 9–13.
- Hofshi, R. 2004. Más allá de la producción: Reingeniería en el palto. En Segundo Seminario Internacional de Paltos. Soc. Gardizábal y Magdahl Ltda. Quillota, 29 y 30 de septiembre y 1 de octubre de 2004. pp. 1-3
- Holmquist, J. 1965. Ensayo comparativo de injertación del Aguacate (*Persea americana* Mili.). Maracay, 1965. (Universidad Central, Facultad de Agronomía).
- Homsky, S. 1995. The avocado industry in Israel – an overview. Alon Hanotea. 49, 479-488.
- Ibar, L. 1979. El Aguacate. En: Aguacate, chirimoyo, mango, papaya. Ed. Aedos. Barcelona, España. p. 9-120.
- Illsley, C.; Brokaw, R.; Ochoa, S. y Brewuer, T. 2011. HASS CARMEN®. A precocious flowering avocado tree. Memories of VII World Avocado Congress 2011. Cairns, Queensland, Australia. Disponible en: <http://www.congresomundialdelaguacate2011.com/>. Consultado Abril 15 de 2013.

- IPGRI. 1995. Descriptores para aguacate (*Persea* spp.), instituto internacional de recursos Fitogenéticos, Roma, Italia. 54 p.
- INIFAP. 2011. Importancia histórica y socioeconómica del aguacate. Tecnología-produce aguacate en Michoacán. Disponible en: www.aproam.com/CULTIVO/produccion.htm. Consultado: Octubre 9, 2011.
- Ish-Am, G. and Eisikowitch, D. 1991a. Possible routes of avocado tree pollination by honeybees. *Acta Horticulturae* 288, 225–233.
- Ish-Am, G. and Eisikowitch, D. 1991c. New insight into avocado flowering in relation to its pollination. *California Avocado Society Yearbook* 75, 125–137.
- Issarakraisila, M. and Considine, J.A. 1994. Effects of temperature on pollen viability in mango cv. Kensington. *Annals of Botany*, 73: 231-240.
- Jackson, D.I. and Sweet, G.B. 1972. Flower initiation in temperate woody plants. *Hort. Abst.* 42: 9-24.
- Jackson, J.E. 1980. Light interception and utilization by orchard systems. *Horticultural Review* 2, 208-267.
- Jackson, J.E. 1985. Future fruit orchard design: economics and biology. In: Cannell, M.G.R. and Jackson J.E. (eds) *Attributes of Trees as Crop Plants*. Institute of Terrestrial Ecology, Abbots Ripton, Huntington, UK, pp 441-459.
- Jaramillo V., J. 2009. Colección, caracterización y multiplicación clonal de selecciones criollas de aguacate con énfasis en la identificación de patrones con tolerancia a *Phytophthora* spp. Informe final. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-Corpoica. Entidades ejecutoras: CIAT, Corpoica, PROFRUTALES. Palmira, Colombia. 59 p.
- Kader, A.A. 1992. *Postharvest Technology of Horticultural Crops*, 2nd edn. UC Publication 3311. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, Oakland, California 3311.535 pp.
- Kadman, A. 1963. Germination experiments with avocado seeds. *California Avocado Society Yearbook* 47, 58–60.
- Kadman, A. 1976. Effects of the age of juvenile stage avocado seedlings of the rooting capacity of their cuttings. *Special Publication – Agricultural Research Organization, Volcani Center, Division of Science Publication, Bet Dagan, Israel*, 65, 41-42.
- Kadman, A. and Ben-Ya'acov, A. 1965. A review of experiments on some factors influencing the rooting of avocado cuttings. *California Avocado Society Yearbook* 49: 67-72.
- Kadman, A. and BenYa'acov, A. 1976. Selection of avocado rootstock for saline conditions. *Acta Horticulturae* 57:189-197.
- Kaiser, C. 1994. Evaluation of maturity standards in avocado fruit. *Subtropica* 15, 18–20.
- Kaiser, C. and Wolstenholme, B.N. 1994. Aspects of delayed harvest of "Hass" avocado (*Persea americana* Mill.) fruit in a cold subtropical climate. II. Fruit size, yield, phenology and whole-tree starch cycling. *Journal of Horticultural Science* 69:447-457.
- Köhne, S. 1992. Field evaluation of 'Hass' avocado grown on 'Duke 7', 'G6' and 'G755C' rootstock. In: Lovatt, C., Holthe, P.A. and Arpaia, M.L. (eds) *Proceedings of the Second World Congress 'The Shape of Things to Come'*, Vol. 1. University of California Riverside, California, pp 301-303.
- Köhne, J.S. and Kremer-Köhne, S. 1990. Results of a high density avocado planting. *South African Avocado Growers' Association Yearbook* 13:31-32.



- Köhne, J.S. and Kremer-Köhne, S. 1991. Avocado high density planting – A progress report. South African Avocado Growers' Association Yearbook 14: 42-43.
- Knight, R.J. 2007. Historia, distribución y usos. En: Whinley, A.W., Schaffer, B., Wolstenholme, B.N. (Eds.). El Palto. Botánica, Producción y Usos. Ediciones Universitarias de Valparaíso. Chile. pp. 13-24.
- Knight, R.C. and Witt, A.W. 1937. The propagation of fruit tree stocks by stem cuttings. II. Trials with Hard and soft-wood cuttings. Journal of Pomology 6, 47-60.
- Knight, R.J. and Campbell, C.W. 1999. Florida's contribution to the world avocado industry. Proceedings of the Florida State Horticultural Society 112:233-236.
- Kruger, F.J. and Abercrombie, R. 2000. Timely nitrogen fertilising recommendations for Pinkerton growers. Advisory leaflet, Institute for Tropical and Subtropical Crops. Nelspruit, South Africa.
- Lahav, E.; Gefen, B. and Zamet, D. 1971. The effect of girdling on the productivity of the avocado. Journal of the American Society for Horticultural Science. 96: 396-398.
- Lahav, C. 1999. Issues and strategies for canopy management of avocado orchards in the Jordan valley of Israel. In: Arpaia, M.L. and Hofshi, R. (eds) Proceedings of Avocado Brainstorming'99. California Avocado Commission and the University of California Riverside, California, pp 49-51.
- Lahav, E. and Kalmar, D. 1977. Water requirement of avocado in Israel. II. Influence on yield, fruit growth and oil content. Austral. J. Agric. Res. 28:869-877.
- Lahav, E.; Lavi, U.; Zamet, D., Degani, C. and Gazit, S. 1989. Iriet: a new avocado cultivar. HortScience 24, 865-866.
- Lahav, E. y Lavi, U. 2007. Genética y mejoramiento clásico. En: Whitley AW, Schaffer B, Wolstenholme BN (Eds.). El Palto. Botánica, Producción y Usos. Ediciones Universitarias de Valparaíso. Chile. 47-74.
- Lahav, E. y Whitley, A.W. 2007. Riego y nutrición mineral. En: Whitley AW, Schaffer B, Wolstenholme BN (Eds.). El Palto. Botánica, Producción y Usos. Ediciones Universitarias de Valparaíso. Chile. 241-274.
- Lavi, U.; Lahav, E.; Degani, C.; Gazit, S. and Hillet, J. 1993. Genetic variance components and heritabilities of several avocado traits. Journal of the American Society of Horticultural Science 188:400-404.
- Leal, F. 1966. Enraizamiento de estacas de aguacate. Agronomía tropical (Venezuela) 16(2): 141-145.
- Leal, F.J.; Krezdorn, A.H. and Marte, R.J. 1976. The influence of gibberelic acid on the germination of avocado seeds. Proceedings of the Florida State Horticultural Society 89: 258-261.
- Lee, T.D. 1987. Patterns of fruit and seed production. In: Doust, J.L. and L.L. Doust (eds.) Plant Reproductive Ecology. Patterns and strategies. pp. 169-202. Oxford University Press, Oxford.
- Lee, S.K.; Young, R.E.; Schiffman, P.M. and Coggins, C.W. 1983. Maturity studies of avocado fruit based on picking dates and dry weight. Journal of the American Society of Horticultural Science 108, 390-394.

- Lesley, J.W. and Bringham, R.S. 1951. Environmental conditions affecting pollination of avocado. California Avocado Society Yearbook 1951, 169-173. Reproductive Biology 129.
- Lomas, J. and Zamet, D. 1994. Long-term analysis and modeling of agroclimatic effects on national avocado yields in Israel. Agric. For. Meteor. 61:315-336.
- Lovatt, C. 1990. Factors affecting fruit set/early fruit drop in avocado. California Avocado Society Yearbook 71: 193-199.
- Markle, T. 1994. Gwen variety update. California Avocado Society Yearbook. 78:27-30.
- Luckwil, L.C. 1959. Fruit growth in relation to external and internal chemical stimuli. In: Ruchnick, D. (ed.). Cell Oragnism and Milieu. pp. 223-251. Ronald Press, New York.
- Loupassaki, M.H., Vasilakakis, M. and Androulakis, S. 1995. The time of flowering of avocado and the female and male opening of flowers in Crete. Advances in Horticultural Science 9, 37-42.
- Lynce-Duque, D. 2011. Poda del aguacate en Colombia. Ponencia presentada en el VII Congreso Mundial de Aguacate. Cairns, Australia. 5-9 sept. 2011. Dsponible en: <http://www.congresomundialdelaguacate2011.com/>
- McGregor, S.E. 1976. Insect pollination of cultivated crop plants. USDA Agriculture Handbook No. 496, pp. 93-98
- Markle, Tom. 1994. Gwen variety update. California Avocado Society 1994 Yearbook 78:27-30
- Mena V., F; Gardiazabal I., F; Magdahl S., C.; Adriaola C., C. y Torres B., J. 2011. Avances en el manejo de huertos de Palto (*Persea americana* Mill.) cv. Hass en alta densidad en Chile. GAMA Asesorías, Investigación y Desarrollo Fruticultura Subtropical CHILE. Ponencia en el VII Congreso Mundial de Aguacate. Cairns, Australia, sept. 2011. Consultado en: <http://www.congresomundialdelaguacate2011.com/>
- Mejía H., A.E. 2011. Consejo nacional del aguacate. Informe de Gestión Secretaría Técnica, Abril a Junio de 2011.
- Mejía J., A.; Villamizar, J.P.; Orozco, M.A.; Arenas, A.; Álvarez, E.; Carmona, J.A.; Ríos, D.; Rodríguez, M.; Jaramillo, J. y González, A. 2009. Identificación, desinfección y clonaje de "escapes" de aguacate (*Persea americana* Mill.) de cultivos devastados por pudrición radicular. Ponencia presentada en el III Congreso Latinoamericano del Aguacate. Medellín, Colombia. Noviembre 11 y 12 de 2009.
- Menge, J.A. 2001. Non-fungicidal control strategies for *Phytophthora cinnamomi* root rot of avocado. In: Proceedings of the Australian and New Zealand Avocado Growers' Conference "Vision 2020". Conference CD, Australian Avocado Growers Federation, Brisbane, Session 6/16, 10 p.
- Menge, J.A.; La Rue, J.; Labanauskas, C.K. and Johnson, E.L.V. 1980. The effect of two mycorrhizal fungi upon growth and nutrition of avocado seedlings grown with six fertilizer treatments. Journal of the American Society for Horticultural Science 105:400-404.
- Mesa D., C.E. y Rivera L., C.M. 1996. Evaluación de diferentes materiales plásticos en la solarización de suelos para semilleros. Tesis (Tecnología Agropecuaria). Universidad Católica de Oriente. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Rionegro, Colombia. 86 p.
- Meyer, B. 1960. Introducción a la fisiología vegetal. Buenos Aires, Eudeba. 570 p.



- Milne, D.L. 1994. Postharvest handling of avocado, mango and lychee for export from South Africa. In: Champ, B.R., Highley, E. and Johnson, G.I. (eds) Postharvest Handling of Tropical Fruits. ACIAR, Canberra, Proceedings No. 50, pp. 73–89.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. 2012. Anuario Estadístico del Sector Agropecuario y Pesquero 2010. Dirección de Política Sectorial - Grupo Sistemas de Información. Disponible en: <http://www.agronet.gov.co/www/htm3b/public/anuario/anuario.pdf>. Consultado el 28 de abril de 2012.
- Monselise, S.P. and Goldschmidt, E.E. 1982. Alternate bearing in fruit trees. Hort. Rev. 4: 128-173.
- Moore-Gordon, C. and Wolstenholme, B.N. 1996. The Hass small fruit problem: role of physiological stress and its amelioration by mulching. South Africa Avocado Grower's Association Yearbook 19:82-86.
- Moore-Gordon, C.; Wolstenholme, B.N. and Levin, J. 1996. Effect of composted pine bark mulching of *Persea americana* Mill. Cv. Hass. Fruit growth and yield in a cold subtropical environment. Journal of South African Society for Horticultural Science. 6, 23-26.
- Moore-Gordon, C.; Cowan, A.K. and Wolstenholme, B.N. 1997. Mulching of avocado orchards to increasing Hass yield and fruit size and boost financial rewards- a three – season summary of research findings. South African Avocado Growers' Association Yearbook 20, 46-49.
- Morton, J.F. 1987. Lauraceae. Avocado. En: Fruits of warm climates. Ed. Media incorporated. Greensboro, Florida (U.S.A.). p. 91-102.
- Mullins, M.G.; Plummer, J.A. and Snowball, A.M. 1989. Flower initiation: new approaches to the study of flowering in perennial fruit plants. En: Manipulation of Flowering. Wright, C.J. (ed.). Butterworths, London. p. 65-77.
- Muñoz, C.D. y Nuñez, L.E. 1983. Partenocarpia en aguacate. Seminario de Frutales. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Sede Palmira. 13 p.
- Nevin, J.N. and Lovatt, C.J. 1989. Changes in starch and ammonia metabolism during low temperature stress-induced flowering in Hass avocado – a preliminary report. South African Avocado Growers' Association Yearbook 12, 21–25.
- Newett, S. 1999. Current status of canopy management in Australia. In: Arpaia, M.L. and Hofshi, R. (eds) Proceedings of Avocado Brainstorming'99. California Avocado Commission and the University of California Riverside, California, pp 56-59.
- Newett, S.; Crane, J.H. and Balerdi, C.F. 2007. Cultivares y portainjertos. En: Whiley AW, Schaffer B, Wolstenholme BN (Eds.). El Palto. Botánica, Producción y Usos. Ediciones Universitarias de Valparaíso. Chile. 155-175.
- Newett, S.; Whiley, A.; Dirou, J.; Hofman, P.; Ireland, G.; Kernot, I.; Ledger, S.; McCarthy, A.; Miller, J.; Pinese, B.; Pegg, K. Searle, C. and Waite, G. 2001. Growing the crop. In: Vock, N. (ed) Avocado Information Kit. Queensland Department of Primary Industries Brisbane 3-54.
- Nieto, A.D.; Acosta R., M. y Téliz O., D. 2007. El manejo pos cosecha en aguacate. En: El aguacate y su manejo integrado. Téliz, D y Mora, A. (eds.) 2ª edición, Mundiprensa, México. pp. 209-219.
- Nirody, B.S. 1922. Investigations in avocado breeding. California Avocado Association Annual Report 1921–1922, 65–68.

- Noel, A.R.A. 1970. The girdled tree. *Botanical Review* 36, 162–195.
- Noguchi, H. 1987. New plant growth regulators and S-3307D. *Japan Pesticide Information* 51, 15–22.
- Ocampo, C.H.; Gallego, G.; Duque, M.C.; Sánchez, I.; Rios-Castaño, D. y Debouck, D.G. 2006. Diversidad genética de la colección colombiana de aguacate (*Persea americana* Mill.) Memorias del Primer Congreso Colombiano de Horticultura, Universidad Jorge Tadeo Lozano, Aula Máxima. Bogotá, D.C., Colombia, 17-22 octubre 2006. pp. 78.
- Papademetriou, M.K. 1976. Some aspects of the flower behavior, pollination and fruit set of avocado (*Persea americana* Mill.) in Trinidad. *California Avocado Society Yearbook* 60: 106-153.
- Patiño, V.M. 2002. Lauráceas. En: Historia y dispersión de los frutales nativos del neotrópico. CIAT. Cali - Colombia. p. 77-88.
- Pegg, K.G. and Whiley, A.W. 1987. Phytophthora control in Australia. *South African Avocado Growers' Association Yearbook* 10, 94-96.
- Pegg, K.G.; Coates, L.M.; Korsten, L. y Harding, R.M. 2007. Enfermedades foliares, del fruto y el suelo. En: Whiley AW, Schaffer B, Wolstenholme BN (Eds.). El Palto. Botánica, Producción y Usos. Ediciones Universitarias de Valparaíso. Chile. 275-309.
- Pennock, W.; Soto, T; Abrans, R.; Gandia, R.; Perez, A. y Jackson, G. 1963. Variedades selectas de aguacates de Puerto Rico. Universidad de Puerto Rico. Estación Experimental Agrícola Río Piedras. Boletín 172. 59 p.
- Peterson, P.A. 1955. Dual cycle of avocado flowers. *California Agriculture* 39, 6-7, 13.
- Peterson, P.A. 1956. Flowering types in avocado with relation to fruit production. *California Avocado Society Yearbook* 40: 174-177.
- Phillips, D.; Weste, G. and Hinch, J.M. 1991. Resistance to *Pytophthora cinnamomi* in callus derived from three avocado cultivars. *Canada Journal of Botany* 69, 2026-2032.
- Piccone, M.F. and Whiley, A.W. 1986. Don't rush into planting Pinkerton. *Queensland and Vegetable News* 57, 26-31.
- Platt, R.G. 1976. Avocado varieties recently registered with the California avocado society. *Extension Subtropical Horticulturist*, U.C. Riverside, California *Avocado Society Yearbook* 59: 41-51.
- Platt, R.G. and Frolich, E.F. 1965. Propagation of avocados. *California Agriculture Experiment Station Extension Service Circular* 351. University of California, 19 pp.
- Platt, R; Goodall, G.; Gustafson, C. and Lee, B. 1975. Thinning avocado orchards. University of California Agriculture Extension Leaflet, AXT-N3, 8 p.
- Pliego-Alfaro, F.; Witjaksono, A.; Barceló-Muñoz, A.; Litz, R.E. y Lavi, U. 2007. Biotecnología. En: Whiley AW, Schaffer B, Wolstenholme BN (Eds.). El Palto. Botánica, Producción y Usos. Ediciones Universitarias de Valparaíso. Chile. 199-213.
- Pliego-Alfaro, F. and Murashige, T. 1987. Possible rejuvenation of adult avocado by graftage onto juvenile rootstock in vitro. *Hort. Science* 22:1321-1324. Propagation 211.
- Popenoe, W. 1935. Origin of the cultivated races of avocado. *California Avocado Society Yearbook* 20:184-194.
- Popenoe, W. 1919. The avocado in Guatemala. *USDA Bulletin* 743.
- Popenoe, W. 1920. *Manual of Tropical and Subtropical Fruits*. Macmillan, London, 524 pp.
- Popenoe, W. 1952. Avocado. *Ceiba* 1, 269-376.



- Popenoe, W. and Williams, L.O. 1947. The expedition to México of October 1947. California Avocado Society Yearbook. 1947:22-28.
- Popenoe, W.; Zentmyer, G.A. and Schieber, E. 1997. The avocado has many names. California Avocado Society Yearbook 81:155-162.
- PROEXANT. 2002. Aguacate (Avocado): proyectos exitosos para el sector agropecuario. PROEXANT, Ecuador. 10. p.
- Ranney, C. 1991. Relationship between physiological maturity and percent dry matter of avocados. California Avocado Society Yearbook 75, 71-85.
- Raviv, M. and Reuveni, O. 1984. Endogenous content of leaf substance(s) associated with rooting ability of avocado cuttings. Journal of the American Society for Horticultural Science 109, 284-287.
- Razeto, B. 2000. El palto: Un árbol magnífico pero de discreta producción. Revista Aconex 68: 5-9.
- Razeto, Bruno; Fichet, Thomas and Longueira, José. 1995. Close planting of avocado. Proceedings of The World Avocado Congress III, 1995 227 - 232
- Razeto, B.; Fichet, T. and Longueira, J. 1995. . Close planting of avocado. Proceedings of The World Avocado Congress III, 1995 227 - 232.
- Reece, P.C. 1942. Differentiation of avocado blossom buds in Florida. Bot. Gaz. 104: 323-328.
- Ríos-Castaño, D.; Román H., C.A. y Serna V., J. 1977. Aguacate. En: Frutales. Tomo I. Segunda Edición. Programa Nacional de Hortalizas y Frutales. Instituto Colombiano Agropecuario. División de Agronomía. Subgerencia de investigación. Bogotá. p.127-154.
- Ríos-Castaño, D. 1982. Características de las variedades de aguacate para los distintos pisos térmicos del trópico. En: Fruticultura Tropical. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Programa de Desarrollo y Diversificación de Zonas Cafeteras. Bogotá, Colombia. p. 207-212.
- Ríos-Castaño, D. y Tafur-Reyes, R. 2003. Variedades de aguacate para el trópico: Caso Colombia. Actas del V Congreso Mundial de Aguacate. Málaga, España. P 143-147.
- Ríos-Castaño, D. y Tafur-Reyes, R. 1990. Variedades de aguacate para Colombia. Cali, Colombia. 27 p.
- Ríos-Castaño, D.; Corrales M., D.M. y Daza G., G.J. 2003. Principios básicos para el manejo de plántulas producidas en viveros. PROFRUTALES-Productora de Plántulas Frutales. Boletín Técnico. Cali, Colombia. 19 p.
- Robinson, T.R. 1931. Some aberrant forms of flower mechanisms in the avocado. California Avocado Society Yearbook 1931, 107-111.
- Robinson, T.R. and Savage, E.M. 1926. Pollination of the avocado. United States of Agriculture Circular 387:1-16.
- Rocha-Arroyo, J.; Salazar-García, S.; Bárcenas-Ortega, A.; González-Durán, I. y Cossio-Vargas, L. 2011. Fenología del aguacate 'Hass' en Michoacán. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 2 (3), 303-316.
- Rodríguez S., F. 1982. El aguacate. A.G.T. Editor, México, 167 p.
- Roe, D.J. and Morudo, T.N. 1999. Performance of new avocado rootstock at Westfalia Estate. South Africa Avocado Growers' Association Yearbook 22, 34.

- Romero S., M.A. 2011. Comportamiento fisiológico del aguacate (*Persea americana* mill.) variedad Lorena en la zona de Mariquita, Tolima. Tesis de investigación presentada como requisito parcial para optar al título de Magister en Ciencias Agrarias, Área Fisiología de Cultivos Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía, Escuela de Posgrados. Bogotá, Colombia. 134. p.
- Ruehle, G.D. 1963. The Florida avocado industry. University of Florida Agricultural Experimental Station. Bulletin 602.
- Salazar-García, S. 2000. Fisiología reproductiva del aguacate. En: Telíz, D. ed. El aguacate y su manejo integrado. México, Mundi- Prensa. pp.57-83.
- Salazar-García, S. 2007. Floración y fructificación. En: Telíz, D. y Mora, A. ed. El aguacate y su manejo integrado. 2ª. edición. México, Mundi- Prensa. pp. 64-86.
- Salazar-García, S., and Lovatt, C.J. 1998. GA3 application alters flowering phenology of 'Hass' avocado. *J Am Soc Hortic. Sci.* 123:791-797.
- Salazar-García, S.; Lord, E.M. and Lovatt, C.J. 1998. Inflorescence development of the "Hass" avocado (*Persea americana* Mill.) during "on" and "off" crop years. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 72:339-345.
- Salazar-García, S. and Lovatt, C.J. 1999. Winter trunk injections of gibberellic acid altered the fate of 'Hass' avocado buds: effect on inflorescence type, number and rate of development. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 74, 69–73.
- Salazar-García, S., and Lovatt, C.J. 2000. Use of GA3 to manipulate flowering and yield of 'Hass' avocado. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 125:25-30.
- Salazar-García, S.; Cossio-Vargas, L.; González-Durán, I. y Lovatt, C. 2007. Desarrollo floral del aguacate 'Hass' en clima semicálido. Parte I. Influencia de la carga de fruto y edad de los brotes. *Revista Chapingo Serie Horticultura.* 13(1), 87-92.
- Sams, C.E. 1999. Pre-harvest factors affecting post-harvest texture. *Postharvest Biology and Technology.* 15:249-254.
- Sanchez-Colin, S. and Barrientos-Priego, A. 1987. Avocado production and breeding in México. *South African Avocado Growers' Association Yearbook* 10, 24–26.
- Sánchez, P.J. de la L., Alcantar, R.J.J., Coria, A.V.M., Vidales, F.I., Aguilera, M.J.J., Vidales, F.J.A., Tapia, V.L.M., y Hernandez, R.G. 2001. Tecnología para producir aguacate en México. SAGARPA. INIFAP. Campo Experimental Uruapan. Libro técnico No.1. Uruapan, Michoacán, México. 206 p.
- Sánchez, P.J. de la L. 1993. Índices de madurez en aguacate: Muestreo de frutos en campo y determinación de materia seca. SARH. INIFAP. CIRPAC. Folleto para productores No. 20. Uruapan, Michoacán, México. 12 p.
- Schaffer, A. A.; Aloni, B. and Fogelman, E. 1987. Sucrose metabolism and accumulation in developing fruit of *Cucumis*. *Phytochemistry.* 26:1883-1887.
- Schaffer, B. and Andersen, P.C. 1994. Introduction. In: Schaffer, B. and Andersen, P.C. (eds) *Handbook of Environmental Physiology of Fruit Crops, Vol. 2, Subtropical and Tropical Crops.* CRC Press, Boca Raton, Florida, pp. 165–197.
- Schaffer, B. y Whitley, A.W. 2007. Fisiología ambiental. En: Whinley AW, Schaffer B, Wolstenholme BN (Eds.) *El Palto. Botánica, Producción y Usos.* Ediciones Universitarias de Valparaíso. Chile. pp. 133-154.



- Schaffer, B.; Whiley, A.W. and Crane, J.H. 1994. Mango. In: Schaffer, B. and Andersen, P.C. (eds) Handbook of Environmental Physiology of Fruit Crops, Vol. 2, Subtropical and Tropical Crops. CRC Press, Boca Raton, Florida, pp. 165–197.
- Schaffer, B.; Whiley, A.W. and Searle, C. 1999. Atmospheric CO₂ enrichment, root restriction, photosynthesis, and dry-matter partitioning in subtropical and tropical crops. *HortScience* 34, 1033–1037.
- Schieber, B. and Zentmyer, G. 1977. Collecting *Persea schiedeana* in Guatemala. *California Avocado Society Yearbook*. 61: 91-94.
- Schieber, E. and Bergh, B. 1987. *Persea zentmyerii*: a new species from Guatemala. *California Avocado Society Yearbook* 71, 199-203.
- Scholefield, P.B.; Sedgley, M.; Alexander, D.Mc.E. 1985. Carbohydrate cycling in relation to shoot growth, floral initiation, and development and yield in the avocado. *Scientia Hort.* 275:425-434.
- Scholefield, P.B.; Walcott, J.J.; Kriedemann, P.E. and Ramadasan, A. 1980. Some environmental effects on photosynthesis and water relations of avocado leaves. *California Avocado Society Yearbook* 64, 93–105.
- Schroeder, C. 1944. The avocado inflorescence. *California Avocado Society Yearbook* 1944: 39-40.
- Schroeder, C. 1974. *Persea schiedeana*, the coyo, a possible rootstock for avocado in South Africa. *California Avocado Society Yearbook*. 57:18-23.
- Scora, R.W. and Bergh, B. 1990. The origins and taxonomy of avocado (*Persea americana* Mill.) Lauraceae. *Acta Horticulturae* 275, 387-394.
- Scora, R.W. and Bergh, B. 1992. Origin and taxonomy relationships within the genus *Persea*. In: Lovatt, C., Holthe, P.A. and Arpaia, M.L. (eds) Proceedings of the Second World Avocado Congress, Vol 2. University of California Riverside, California, pp. 505-574.
- Scora, R.W.; Wolstenholme, B.N. y Lavi, U. 2007. Taxonomía y Botánica. En: Whinley AW, Schaffer B, Wolstenholme BN (Eds.) El Palto. Botánica, Producción y Usos. Ediciones Universitarias de Valparaíso. Chile. pp. 25-46.
- Scott, F.M.; Bistrom, B.G. and Bowler, E. 1963. *Persea americana*, mesocarp cell structure, light and electron microscope study. *Botanical Gazette* 124:423-428.
- Sedgley, M. 1977. The effect of temperature on floral behaviour, pollen tube growth, and fruit-set in the avocado. *Journal of Horticultural Science* 52, 135–141.
- Sedgley, M. and Alexander, D.M. 1983. Avocado breeding research in Australia. *Calif. Avocado Soc. Yrbk.* 67:129-135.
- Sedgley, M. and Grant, W.J.R. 1983. Effect of low temperature during flowering on floral cycle and pollen tube growth in nine avocado cultivars. *Scientia Horticulturae* 18:207-213.
- Sedgley, M. 1987. Flowering, pollination and fruit-set of avocado. *South African Avocado Growers' Association Yearbook* 10, 42–43.
- Serpa, D. 1968. Avocado culture in Venezuela. *Calif. Avocado Soc. Yrbk.* 52:153-168.
- Smith, C.E. Jr. 1966. Archeological evidence for selection in avocado. *Economic Botany* 20: 169-175.
- Smith, C.E. Jr. 1969. Additional notes on pre-conquest avocados in México. *Economic Botany* 23: 135-140.

- Snijder, B. and Stassen, P. J.C. 1998. Manipulation of avocado trees to control tree size a four year progress report avocado high density planting – A progress report. South African Avocado Growers' Association Yearbook 21: 58-62.
- Stassen, P.J.C. 1995. Training young Hass avocado trees into a central leader for accommodation in higher density orchards. Proceeding of The World Avocado Congress III. 251-254.
- Stassen, P.J.C. 1999. Results with spacing, tree training and orchard maintenance in young avocado orchards. Revista Chapingo Serie Horticultura 5: 159-164.
- Stassen, P.J.C.; Davie, S.J. and Snijder, B. 1995. Principles involving in the tree management of higher density avocado orchards. South African Avocado Growers' Association Yearbook 18, 47-50.
- Stassen, P.J.C.; Davie, S.J. and Snijder, B. 1998. Training young 'Hass' avocado trees into a central leader for accommodation in higher density orchards. In: Proceedings of World Avocado Congress III. Tel Aviv, Israel, 351-354.
- Storey, W.B.; Bergh, B. and Zentmyer, G.A. 1986. The origin in the genus range and dissemination of the avocado. California Avocado Society Yearbook 70: 127-133.
- Stout, A.B. 1923. A study in cross-pollination of avocado in Southern California. California Avocado Association Report 1922-1923, 29-45
- Stout, A.B. 1924. The flower mechanism of avocado with reference to pollination and production of fruit. Journal of New York Botanical Gardens 25, 1-9.
- Stout, A.B. 1927. The flowering behavior of avocado. Memoirs of the New York Botanical Gardens 7:145-203.
- Swarts, D.H. 1978. The no-nonsense determination of oil content for avocados. Citrus and Subtropical Fruit Research Institute Information Bulletin 42, 4.
- Tapia V., L.M.; Larios G., A y Vidales F., I. 2011. Caracterización hidrológica del aguacate en Michoacán. INIFAP, APEAM, SAGARPA. Ponencia en el VII Congreso Mundial de Aguacate. Cairns, Australia, sept. 2011. Consultado en: <http://www.congresomundialdelaguacate2011.com/?PageID=15>.
- Taylor, A.O. and Rowley, J.A. 1971. Plants under climatic stress. I. Low temperature, high light effects on photosynthesis. Plant Physiology 47, 713-718.
- Téliz, D. 2000. El aguacate y su manejo integrado. Ed. Mundiprensa. México. 219 p.
- Teliz, D. y Mora, A. 2007. El aguacate y su manejo integrado. 2ª. Edición. Ediciones Mundiprensa. México. 308 p.
- Thorp, T.G. 1992. A study of modular growth in avocado (*Persea americana* Mill.) Ph.D. Dissertation. The University of Adelaide, South Australia.
- Thorp, T.G. and Sedgley, M. 1992. Shoot growth and tree architecture in range of avocado cultivars. In: Proceedings of Second World Avocado Congress. California 1992. pp. 237-240.
- Thorp, T.G., Aspinall, D. and Sedgley, M. 1993. Influence of shoot age on floral development and early fruit set in avocado (*Persea americana* Mill.) cv. 'Hass'. J.Hort. Sci.68:645-651.
- Thorp, T.G. and Sedgley, M. 1993. Architectural analysis of tree form in a range of avocado cultivars. Scientia Horticulturae 53, 85-98.
- Traub, H.T.; Pomeroy, C.S.; Robinson, R. and Aldrich, W.W. 1941. Avocado production in the United States. United States Department of Agriculture Circular, 620 pp.



- Ticho, R.J. 1971. Girdling a means to increase avocado fruit production. *Cakif.Avocado Soc. Yrbk.* 54: 90-94.
- Toerien, J.C. 1999. Integrated management of avocados. In: Arpaia, M.L. and Hofshi, R. (eds) *Proceedings of Avocado Brainstorming '99.* California Avocado Commission and the University of California Riverside, California, pp 68-69.
- Tomer, E. and Gottreich, M. 1978. Abnormalities in avocado (*Persea americana* Mill.) ovule development. *Botanical Gazette* 139:81-86.
- Turner, B. L. II, and Miksiek, C.H. 1984. Economic plant species associated with prehistoric agriculture in the Maya lowlands. *Economic Botany* 38(2): 179-173.
- Van Schaik, C.P.; Terborgh, J.W. and Wright, S.J. 1993. The phenology of tropical forest: adaptative, significance and consequences for primary consumers. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*
- Van den Bulk, R.W. 1991. Application of cell and tissue culture and in vitro selection for disease resistance breeding – a review. *Euphytica* 56, 269-285.
- Vargas, W.G. 2002. Lauráceas. En: *Guía ilustrada de las plantas de las montañas del Quindío y los Andes Centrales.* Ed. Universidad de Caldas. Colección de Ciencias Agropecuarias, Manizales. p. 329-358.
- Vega, J.Y. 2012. El aguacate en Colombia: Estudio de caso de los Montes de María, en el Caribe colombiano. Serie Documentos de Trabajo Sobre Economía Regional. Publicación del Banco de la República – Sucursal Cartagena. Agosto de 2012. 45 p.
- Waissbluth, R. y Valenzuela, J. 2007. Determinación del porcentaje mínimo de materia seca para autorizar la cosecha de paltas cv. Hass para ser exportadas. En: *Proceedings VI World Avocado Congress (Actas VI Congreso Mundial del Aguacate) 2007.* Viña Del Mar, Chile. 12 – 16 Nov. 2007. ISBN No 978-956-17-0413-8.
- Waite, G.K. y Martínez-Barrera, R. 2007. Insectos y Ácaros plagas. En: *Whiley AW, Schaffer B, Wolstenholme BN (Eds.). El Palto. Botánica, Producción y Usos.* Ediciones Universitarias de Valparaíso. Chile. 311-330.
- Wallace, A. and North, C.P. 1957. The Scott avocado. *California Avocado Society Yearbook* 41: 82-84.
- Williams, L.O. 1977a. The botany of the avocado and its relatives. *Proc. 1st international Tropical fruit Short Course, The Avocado.* University of Florida, Gainesville, Florida. USA. pp.9-15.
- Williams, L.O. 1977b. The avocados, a synopsis of the genus *Persea*, subg. *Persea*. *Economic Botany* 31: 315-320.
- Whiley, A.W. 1990. CO₂ assimilation of developing fruiting shoots of cv. Hass avocado (*Persea americana* Mill.). A preliminary report. *S. Afr. Avocado Grow Assoc. Yrbk.* 13:28-30.
- Whiley, A.W. 1992. Avocado varieties and rootstocks – a review. In: *Proceedings of the Avocado Research Workshop.* Queensland Department of Primary Industries, Brisbane, pp. 15-20.
- Whiley, A.W. 1994. Ecophysiological studies and tree manipulation for maximization of yield potential in avocado (*Persea americana* Mill.). PhD thesis, Department of Horticultural Science, University of Natal Pietermaritzburg, South Africa.
- Whiley, A.W. 2007. Manejo del cultivo. En: *Whiley AW, Schaffer B, Wolstenholme BN (Eds.). El Palto. Botánica, Producción y Usos.* Ediciones Universitarias de Valparaíso. Chile. 215-240.



- Wolstenholme, B.N. and Whiley, A.W. 1999. Ecophysiology of the avocado (*Persea americana* Mill.) tree as a basis for the preharvest management. *Revista Chapingo Serie Horticultura* Núm. Especial V, 77-88.
- Wolstenholme, B.N., Whiley, A.W. and Saranah, J.B. 1990. Manipulating vegetative:reproductive growth in avocado (*Persea americana* Mill.) with paclobutrazol foliar sprays. *Scientia Horticulturae* 41, 317-327.
- Wolstenholme, B.N.; Moore-Gordon, C. and Ansermino, S.D. 1996. Some pros and cons of mulching avocado orchards. *South Africa Avocado Grower's Association Yearbook* 19:87-91.
- Wolstenholme, B.N.; Moore-Gordon, C. and Cowan, A.K. 1998. Mulching of avocado orchards: Quo vadis? *South Africa Avocado Growers' Association Yearbook* 21, 26-28.
- Yahia, E. M. 2001. Manejo postcosecha del aguacate, En: *Memorias del 1er congreso Mexicano y Latinoamericano del aguacate*. Uruapan. Michoacán, México pp 2095-304
- Zilkah, S.; Klein, I.; Feigenbaum, S. and Wepaum, S.A. 1987. Translocation of foliar-applied urea 15n to reproductive and vegetative sinks of avocado and its effects on fruit set. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 112:1061-1065.
- Zentmyer, G.A., Paulus, A.O., Gustafson, C.D., Wallace, J.M. and Burns, R.M. 1965. Avocado diseases. *California Agricultural Experiment Station, Extension Service Circular* 534.
- Zentmyer, G. A.; Paulus, A.O. and Burns, R.M. 1967. Avocado root rot. *California Agricultural Experiment Station. Extension Service Circ.* 511 Revised 16 pp.
- Zentmyer, G.A. and Ohr, H.D. 1978. Avocado root rot. *Division of Agricultural Sciences. University of California. Leaflet* 2440.
- <http://genalecologico.ning.com/forum/topics/arbustos-y-pequenos-frutales-en-nuestro-disenos?commentId=5931665%3AComment%3A19099>. Consultado: Enero 20 de 2013.
- http://www.slowfoodusa.org/index.php/slow_food/blog_post/californias_avocados_hit_hard/. Consultado: Enero 20 de 2013.

II. BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS (BPA)

- GLOBALGAP. 2010. Aseguramiento integrado de fincas Versión 4. Disponible en: http://www1.globalgap.org/cms/front_content.php?idart=2081. Con acceso 15 mayo, 2013; 3:30 pm.
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), 2004. Resolución 375. Por la cual se dictan disposiciones sobre Registro y Control de los Bioinsumos y Extractos Vegetales de uso agrícola en Colombia
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). 2005. Norma Técnica Colombiana NTC 5400 BPA Buenas Prácticas Agrícolas.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR)-Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)-Corporación Colombia Internacional (CCI). Manual temático del facilitador en Buenas Prácticas Agrícolas. Disponible en: <http://www.ica.gov.co/Areas/Agricola/Servicios/Inocuidad-Agricola/Capacitacion/anexoManual.aspx>. Con acceso 20 mayo, 2013; 8:30 am.



- INPOFOS. 1979. Potasa: Su necesidad y uso en agricultura moderna. Instituto de la Potasa y el Fósforo del Canadá, 60 p.
- Jaramillo, J.D. 1995. Andisoles del Oriente antioqueño. Caracterización química y fertilidad. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, 35 p.
- Kolmans, E. y Vásquez, D. 1996. Manual de agricultura ecológica. Una introducción a los principios básicos y su aplicación. Editorial Enlace. p.222.
- Lacceuilhe ,Y.; Martin-Prevel, P. et Charpenter, J. 1968. Culture sur milieu artificed fruits. 23 (1): 31-44.
- Lahav, E. and Kadman, A. 1980. Avocado Fertilization, International Potash. Institute, bulletin N°6 p. 23.
- Lazcano-Ferrat, I. y Espinoza, J. 1998. Manejo de la nutrición del aguacate. En: informaciones Agronómicas. INPOFOS. No 31 p. 3-6.
- Lynch, S.J.; Goldweber, S. and Rich, C.E. 1954. Some effects of nitrogen, phosphorus and potassium on the yield, tree growth, and leaf analysis of avocados. Proceedings of the Florida State Horticultural Society 67, 220–224.
- Marín, G. 1986. Fertilidad de suelos con énfasis en Colombia. ICA. Manual de Asistencia Técnica N° 39. 193 p.
- Marschner, H. 1997. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, London.
- Montoya, B. and Osorio, N.W. 2009. Mycorrhizal dependency of avocado at different levels of soil solution phosphorus. Suelos Ecuatoriales 39(1): 100-106.
- Muñoz, R. 1998. Fertilización de la papa en Antioquia. En: Fertilización de cultivos de clima frío, Ricardo Guerrero Riascos (ed.) Monómeros. p. 43-61.
- Osorio, N.W. 1997. Evolución de las características químicas de Andisoles cultivados con crisantemo en el Oriente de Antioquia, Universidad Nacional de Colombia, Medellín.
- Osorio, N.W. 2011. Effectiveness of Phosphate Solubilizing Microorganisms in Increasing Plant Phosphate Uptake and Growth in Tropical Soils, 65-80 pp. In: Maheshwari DK (ed). Bacteria in Agrobiolgy: Plant Nutrient Management (Volume III). Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 345 p.
- Osorio, N.W. 2012. Manejo de Nutrientes en Suelos del Trópico. Libros online. Categoría: Ciencia del suelo (Edafología). ISBN: 978-958-44-9746-8. Consultado Nov. 1 de 2012 en: <http://www.libreroonline.com/libros/167948/osorio-vega-nelson-walter/manejo-de-nutrientes-en-suelos-del-tropico.html>
- Osorio, N.W., Serna, S. and Montoya, B. 2012. Use of Soil microorganisms as a biotechnological strategy to enhance avocado-plant phosphate uptake and growth. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín, 65 (2). 6645-6657.
- Salazar-García, S. and Lazcano-Ferrat, N. 2001. Identifying fruit removal differences in four avocado cultivars. Better Crops International 15 (1): 28-31.
- Salazar-García, S. 2002. Nutrición del Aguacate. Principios y Aplicaciones. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en asociación con el Instituto de la Potasa y el Fósforo (INPOFOS). Querétaro, México. 165 p.
- Salazar-García, S.; Lazcano-Ferrat y González-Durán, I.J.L. 2006. Remoción de nutrimentos por la cosecha de varios cultivares de aguacate en Nayarit. INIFAP, CIRPAC, Campo Experimental Santiago Ixcuintla. Folleto técnico Núm. 1 Nayarit, México. 21 p.

- Salazar-García, S.; Cossio-Vargas, L.E. y González-Durán, I.J.L. 2007. Reciclamiento de nutrimentos por las hojas de aguacate 'Hass' Proceedings VI World Avocado Congress (Actas VI Congreso Mundial del Aguacate) 2007. Viña Del Mar, Chile. 12 – 16 Nov. 2007. ISBN No 978-956-17-0413-8.
- Salisbury, F.B. and Ross, C.W. 1994. Fisiología vegetal. Grupo Editorial Iberoamérica, México.
- Sergent, E. 1979. Efecto de algunos macronutrientes sobre el aguacate (*Persea americana* Mill). Maracay. Tesis Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela, 76 p.
- Serna, S., Montoya, B. y Osorio N.W. 2012. Monitoreo del pH y fósforo soluble en la rizósfera de árboles de aguacate en el Norte y Oriente antioqueño. Suelos Ecuatoriales 42(2): 93-97.
- Shiels, A.B. 2006. Leaf litter decomposition and substrate chemistry of early successional species on landslides in Puerto Rico. Biotropica 38: 348–353.
- Shoji, S.; Nanzyo, M. and Dahlgren, R.A. 1993. Volcanic Ash Soils-Genesis, Properties, and Utilization. Elsevier Publishing, Amsterdam.
- Silva, A.; Malavolta, E. y Montenegro, H. 1982. Deficiencias de macro e micronutrientes em abacateiro (*Persea americana* Mill). Cultivado en solución nutritiva. Proceedings American Society for Horticultural Science Region Tropical. 25: 1-5.
- Tamayo, A.; Hincapié, M.; Bernal, J. y Londoño, M. 1998. Abonamiento orgánico y químico en clon de lulo La Selva (*Solanum quitoense* Lam) a plena exposición solar en un andisol del Oriente antioqueño. En: Memorias Segundo Seminario Frutales de Clima Frío Moderado. Manizales 12 al 14 de agosto 1998, p.161-165.
- Tamayo, V.A. y Muñoz A., R. 1997. Abonamiento orgánico y químico del frijol (*Phaseolus vulgaris*) en suelos aluviales de clima medio suelos ecuatoriales. Vol.27 : 96-99.
- Thompson, M. and Vitousek, P. 1997. Asymbiotic nitrogen fixation and litter decomposition on a long soil-age gradient in Hawaiian Montane Rain Forest. Biotropica 29: 134-144.
- Uchida, R. and Hue, N.V. 2000. Soil acidity and liming. 101-111 p. In J.A. Silva and R. Uchida (eds.) Plant nutrient management in Hawaiian soils, approaches for tropical and subtropical agriculture. University of Hawaii, Honolulu.
- Vitousek, P.; Turner, D.; Parton, W. and Sanford, R. 1994. Litter decomposition on the Mauna Loa environmental matrix, Hawaii I: patterns, mechanisms and models. Ecology 75: 418-429.
- Wolstenholme, B.N. 1986. Energy costs of fruiting as a yield-limiting factor, with special reference to avocado. Acta Horticulturae 175, 121–126.
- Wolstenholme, B.N. and Whiley, A.W. 1999. Ecophysiology of the avocado (*Persea americana* Mill.) tree as a basis for pre-harvest management. Revista Chapingo Serie Horticultura 5:77-88.
- Zapata, R. y Osorio, N.W. 2010. La Material Orgánica del Suelo, 357-396 pp. In: Burbano H, Silva F (ed) Ciencia del Suelo: principios básicos, Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, Bogotá, 594 p.

IV. ARVENSES

- Akobundu, I. 1997. Weed science in the tropics. Principles and practices. Ed. Jhon Wiley and Sons. Great Britain. 522 p.



- Arderi, P.; Díaz, J.A.; Rodríguez, T. 1996. Fruticultura Tropical. ICFES. Santafé de Bogotá. Colombia. 208 p.
- Bazan, C. 1994. Manejo mejorado de malezas. CONCYTEC. Perú. 320 p. Camacho, E.; De La Cruz, R.; Reyes, R. 1981. Principios de control de malezas en Colombia. Instituto Colombiano Agropecuario. Bogotá. Manual de Asistencia Técnica No. 23. 173 p.
- Berardocco G., H. 2013. Acolchado plástico. Departamento Técnico. Inplex Venados SA. e-mail: hgb@inplexvenados.com. www.inplexvenados.com. Consultado el 15 de marzo de 2013. Disponible en: <http://www.centa.gob.sv/sidia/pdf/produccion/Acolchado%20Plastico.pdf>
- Bhowmik, P. 1997. Weed biology: importance to weed management. Symposium: Importance of weed biology to weed management Weed Science Society of America, Norfolk, Virginia, 1996 Weed Science, 45:349-356.
- Córdoba O.; Casas, H. 2003. Principales arvenses asociadas al cultivo de frijol en la Región Andina. Corpoica, Regional 4. Estación Experimental El Nus. San Roque. Boletín Técnico 20. 40 p.
- Coria A., V. M. 2008. Manejo de malas hierbas. En: Tecnología para la producción de aguacate en México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional Pacífico Centro. pp. 155 – 166.
- Gelmini, A.; Trani, E.; Sales, L.; Victoria Filho, R. 1994. Manejo integrado de plantas daninhas. Instituto Agronomico Campinas, Sao Paulo. Documento IAC. Nº 37. 23 p.
- Horowitz, M.; Regev, Y.; Herzlinger, G. 1983. Solarization for Weed Control. En: Weed Science. Volume 31:170-179 .
- Jordán, S. 1990. Vegetation management in avocado. In: Summary of Avocado Research. Avocado Research Advisory Committee. University of California. Riverside, California. USA. p. 46-47.
- Jordán, I. S.; Jordán, C.M. 1987. Herbicide use for weed control in avocado culture. University of California. California. USA. 50 p.
- Kissmann, K. G.; Groth, D. 1997. Plantas infestantes e nocivas. Sao Paulo: BASF. Tomo I: 825 p., Tomo II: 977 p.; Tomo III: 726 p.
- Larios, Z, C. 1996. Ecología y control de la flora arvense. En: II Congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica. Pamplona - Iruña, septiembre de 1996. p. 52 - 63.
- López J, G. 1988. Malezas comunes; nombres científicos y vulgares. Temas de Orientación Agropecuaria (TOA). Bogotá. 132 p.
- Malo, E. S. 1976. Weed control in avocado orchards. En: First International Tropical Fruit Short Course; The Avocado. Institute of Food and Agricultural Sciences. University of Florida. p. 73-75.
- Mossler, M. A.; Nesheim, O.N. 2001. Florida Crop / Pest management Profile: Avocado. University of Florida. Extension Service. Institute of Food and Agricultural Science. 12 p. Pinilla G, C.H.; García C., J.M. 2001. Manejo integrado de malezas en plantaciones de banano. Uniban. 281 p.
- Pitty, A.; Muñoz, R. 1993. Guía práctica para el manejo de malezas. El Zamorano, Honduras: Escuela Agrícola Panamericana. 223 p.
- Reyes A., J. C.; Alarcón, A.; Ferrero-Cerrato, R. 1997. Uso de coberturas en el cultivo de aguacate (*Persea americana* Mill); efectos en nutrición y fitosanidad. p. 59-67. Villa L, J A. 1996. Cítricos. Politécnico Jaime Isaza Cadavid. Medellín, 270 p.

Zimdahl, R. L. 2007. Fundamentals of weed science. Ed. Elsevier. Burlington, USA. 666 p.

V. INSECTOS Y ÁCAROS

- Acevedo, D.P. 2005. Identificación de adultos fototácticos de la familia Melolonthidae (Scarabaeidae: Pleurosticti) en siete localidades del departamento de Antioquia. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Tesis de Grado Maestría en Ciencias-Entomología. 146 P.
- Aguirre-Paleo S, Cuiris-Perez H., Ruiz-Flores R., Serna-Mata E., Negrete-Nolasco R., Gomez-Chaves J y Lara-Chavez M. 2011. Control biológico del barrenador de ramas del aguacate *Copturus aguacatae* Kissinger. Proceedings VII World Avocado Congress Cairns, Australia.
- Anónimo, 2007. Scales. Integrated Pest Management for Home Gardeners and Landscape Professionals. UC ANR Publication 7408. Consultado en la dirección electrónica: <http://www.ipm.ucdavis.edu/PMG/PEST-NOTES/pn7408.html>
- Anónimo. 2003. Greenhouse thrips. How to Manage Pests: UC Pest Management Guidelines. <http://axp.ipm.ucdavis.edu/PMG/rl07301811.html> (18 August 2004).
- Ansari, M.A., et al. 2007. Control of western flower thrips (*Frankliniella occidentalis*) pupae with *Metarhizium anisopliae* in peat and peat alternative growing media. *Biological Control* 40:3, 293-297.
- Arango A., A.E. y Arroyave H.D.. 1991. Ciclo de vida y Hábitos de la chinche del aguacate *Monalonion velezangeli* (Carvalho y Costa) (Hemiptera: Miridae) en Antioquia. Tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Colombia. Seccional Medellín, Facultad de Ciencias Agropecuarias. 53 p.
- Armbrecht, I. 1998. Las arrieras atacan de nuevo. Ciencia al día. AUPEC. Universidad del Valle. Tomado de: <http://aupec.univalle.edu.co/informes/marzo98/arrieras.html>. con acceso 30 de Marzo del 2013. 12:35 pm.
- Astridge, D. and Fay, H. 2005. Red-banded thrips in rare fruit. Department of Primary Industries and Fisheries, Queensland. (<http://www2.dpi.qld.gov.au/horticulture/5064.html>) (8 Septiembre, 2008). *Avocado Growers' Assoc. Yrbk.* 10: 75-79.
- Barragán, E.; Carabalí, A.; Vanegas, M.; Ramírez, L.; Monje, B.; Varón, E.; Barrios, L.; Bernal, N. y Naranjo, LT. 2010. Informe final proyecto "Opciones biológicas y no convencionales como estrategias para el manejo de trips (Thysanoptera: Thripidae), en aguacate (*Persea americana* Mill), en los departamentos del Valle del Cauca y Tolima. Corpoica. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. 86 p.
- Bender, G. 1998. Avocado thrips in San Diego Country. *Subtropical Fruit News.* 6(2):14.
- Ben-Dov, Y.; Miller, D.R. and Gibson, G.A.P. 2008. ScaleNet: a database of the scale insects of the world. Consultado en la dirección electrónica: <http://www.sel.barc.usda.gov/scalenet/scalenet.htm>
- Bran, A.M. 2005. Aspectos básicos de los estados inmaduros del complejo chiza (Coleoptera:Melolonthidae) asociados a cultivos de papa en tres municipios de Antioquia, Colombia. Universidad de Antioquia. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Instituto de Biología. Tesis de Grado para optar al título en Biología. 49 p.



- Bustillo, A. y Sánchez, G. 1977. Los áfidos en Colombia, plagas que afectan los cultivos agrícolas de importancia económica. Bogotá: ICA – COLCIENCIAS. 6 p.
- Caicedo V., A.M. 2012. Comentarios plagas en aguacate. Comunicación personal. Marzo del 2012. Citado por ICA, 2012.
- CABI (2005). 'Crop protection compendium.' (CAB International: Wallingford, UK) Available online at: <http://www.cabicompendium.org/CABI/start.asp>
- Caicedo, L.S., Varón, E.H., Bacca, R. T. y Carabalí, A. 2010. Daños ocasionados por el perforador del aguacate *Heilipus lauri* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) en Tolima (Colombia). *Revista Corpoica - Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 11(2): 129 -136.
- Cano, D.M; Bustillo, A; Cárdenas R y Orozco L. 2002. Biología y enemigos nativos del picudo de los cítricos *Compsus n. sp* (Coleoptera: Curculionidae). *Revista Colombiana de Entomología* 28 (1): 43 –52.
- Cano, L. D. M. 2000. Biología, comportamiento y enemigos nativos del picudo de los cítricos *Compsus sp.* Coleoptera: Curculionidae, en la zona central cafetera. En memorias del seminario nacional sobre el picudo de los cítricos *Compsus sp.* (Coleoptera Curculionidae). Pereira. Mayo 11 del 2000. p.1 – 16.
- Carabalí M., A. 2011. Informe Técnico Final Proyecto “Generación de tecnología para el manejo sostenible de insectos perforadores de frutos de aguacate en Colombia”. Informe final proyecto de investigación financiado por MADR. Corpoica, C.I. Palmira. 176 pp.
- Carvalho, J.C. M. y Costa, L. A. A. 1988. Mirideos Neotropicales; CCXCVII. *Duas novas espécies do genero Monalonia Herrich – Schaeffer* (Hemiptera). *Rev.Brasil. Biol.* 48(4): 893 – 896.
- Castañeda, A. 2008. Bioecología del barrenador grande de la semilla del aguacate *Heilipus lauri* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) en la región central de México. Tesis de grado. Colegio de posgraduados. Instituto de fitosanidad. Entomología y acarología. 95 p.
- Castañeda-Vildózola, A. Equihua, A., Valdés, J., Barrientos, A., Ish-Am, G. y Gazit, S. 1999. Insectos polinizadores del aguacatero en los estados de México y Michoacán, México. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 5 Número Especial: 129-136.
- Castañeda-Vildózola, A., Valdez-Carrasco, J., Equihua-Martínez, A., González-Hernández, H., Romero-Nápoles, J., Solís-Aguilar, J.F. and Ramírez-Alarcón, S. 2007. Genitalia of three species of *Heilipus* Germar (Coleoptera: Curculionidae) that damage avocado fruits (*Persea americana* Mill.) in Mexico and Costa Rica. *Neotropical Entomology* 36(6):914-918
- Cervantes P, L.; Lyal, C.H.C. and Brown, V.K 1999. The Stenomatine moth, *Stenoma catenifer* Walsingham: a pre-dispersal seed predator Greenheart (*Chlorocardium rodiei* (Schomb.) Rohwer, Richter y van der Weff), in Guyana. *J. Nat. Hist.* 33(4), 531-542.
- Childers, C.C. 1997. Feeding and oviposition injures to plants, pp. 505-537. In T. Lewis [ed.], *Thrips as Crop Pests*. CAB International, New York.
- Childers, C.C.; Beshear, R.J.; Frantz, G.; Nelms, M. 2005. A review of thrips species biting man including records in Florida and Georgia between 1986-1997. *Florida Entomologist* 88 (4): 447-451.
- Chin, D. and Brown, H. 2008. Red-banded thrips on fruit Trees. *Agnote*. Consultado Enero 26, 2009. Consultado en la dirección electrónica: [http:// www.nt.gov.au/d/Content/File/p/Plant_Pest/719.pdf](http://www.nt.gov.au/d/Content/File/p/Plant_Pest/719.pdf).
- Convenio SENA-ANDI. 2004. Uso adecuado y eficaz de productos para la protección de cultivos. (Memorias). Bogotá, Colombia. 233 p.

- Coria A., V. M. 1993. Principales plagas del aguacate en Michoacán. Folleto para productores. Núm. 19. SAGAR. INIFAP. 20 p.
- Coria-Avalos, V.M.; Lara-Chávez, M.B.N.; Muñoz-Flores, H.J.; Ávila-Val T.C. y Guerrero-Tejeda, J.A. 2001. El "Gusano canasta" *Oiketicus kirbyi* Guiling (Lepidoptera: Psychidae) en huertos de aguacate de Michoacán, México. Congreso Mundial de Aguacate. Disponible en: <http://www.worldavocadocongress2011.com/userfiles/file/Jes%C3%BAAs%20Alejandro%20Guerrero%20Tejeda2.pdf>. Con acceso 29 de Marzo del 2013. 4:02 pm
- Davidson, J.A. and Miller, D.R. 1990. Ornamental Plants. In: Rosen, D. (Ed.), *Armored Scale Insects, Their Biology, Natural Enemies and Control* [Series title: World Crop Pests, Vol. 4B]. 603-632. Elsevier, Amsterdam, the Netherlands. 688 p.
- De Villiers, E.A. and M. A. van der Berg. . *Avocado insects of South Africa*. S. Afr. Avocado Growers' Assoc. Yearb. 10: 75–79.
- Denmark, H.A. 2008. Greenhouse thrips. Publication Number: EENY-75. Florida Department of Agriculture and Consumer Services, Division of Plant Industry; and T.R. Fasulo, University of Florida. Consultado Enero 23, 2009. Consultado en la dirección electrónica: http://creatures.ifas.ufl.edu/orn/thrips/greenhouse_thrips.htm.
- Denmark, H.A. and Wolfenbarger, D.O. 2008. Florida Department of Agriculture and Consumer Services, Division of Plant Industry; and T.R. Fasulo, University of Florida. Consultado Enero 23, 2009. Consultado en la dirección electrónica: http://creatures.ifas.ufl.edu/orn/thrips/redban-ded_thrips.htm#management.
- Ebeling, W. 1950. *Subtropical Entomology*. Lithotype process Co. San Francisco.
- Ebeling, W. 1959. *Subtropical Fruit Pest*. Part three: Biology and control of pest affecting non citrus fruits. University of California, Division of Agricultural Sciences, Los Angeles, 436 p.
- Echeverri, F.; Loaiza, C. y Cano, M. 2004. Reconocimiento e identificación de trips fitófagos (Thysanoptera: Thripidae) y depredadores (Thysanoptera: Thlaeothripidae) asociados a cultivos comerciales de aguacate *Persea* spp. en los departamentos de Caldas y Risaralda (Colombia). *Revista Facultad Nacional de Agronomía*. Medellín. 57(1):
- Echeverri-Flórez, F y Loaiza-Marin, CE. 1998. Identificación y caracterización de trips (Insecta: Thysanoptera) asociados a tres cultivos comerciales de aguacate (*Persea* spp.) en los Departamentos de Caldas y Risaralda. *Manizales, Universidad de Caldas. Facultad de Ciencias Agropecuarias*. 81 p.
- EPPO. 2012. PQR-EPPO database on quarantine pests. En línea: <http://www.eppo.org/DATABASES/pqr/pqr.htm>. Fecha de consulta: 21 de diciembre de 2012.
- Finca Ayala, 2011. Blog: Cómo combatir las hormigas de los árboles. Tomado de: <http://www.fincaayala.com/blog.html>. Con acceso 29 de marzo de 2012. 11:34 pm.
- Fisher, J.B. 1989. Structure and development of surface deformations on avocado fruits. *HortScience*. 24(5): 841-844.
- Foldi, I. and Watson, G.W. 2001. A new pest scale insect on avocado trees in Colombia, *Laurencella colombiana*, sp. n. (Hemiptera: Coccoidea: Margarodidae). *Annales de la Société Entomologique de France* 37(3): 367-374.
- Franco, G. y M.J. Giraldo. 1999. El cultivo de la mora. *Corpoica, Comité de Cafeteros del Risaralda, Postobón-Hit*. P 58. ISBN 958 96720-0-0.



- Frantz, G. and Mellinger, H.C. 1990. Flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) collected from vegetables, ornamentals and associated weeds in south Florida. *Proceeding of Florida State Horticultural Society*. 103: 134-137.
- Funderburk, J.; J. Stavisky and S. M. Olson. 2000. Predation of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) in field peppers by *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae). *Environmental Entomology* 29: 376-382.
- Gagné, R.J., Posada, F. and Gil, Z.N. 2004. A new species of *Bruggmanniella* (Diptera, Cecidomyiidae) aborting young fruit avocado, *Persea americana* (Lauraceae), in Colombia and Costa Rica. *Proc. Entomol. Soc. Wash.* 106(3): 547-553.
- Garbanzo S., M. 2011. Manual de Aguacate. Buenas Prácticas de Cultivo. Variedad Hass. Ministerio de Agricultura y Ganadería Región Central Oriental ASA Frailes, Costa Rica. 89 p.
- Giraldo J., M.; Galindo L., L.A. y Benavides M., P. 2011. La arañita roja del café. *Biología y Hábitos. Avances Técnicos Cenicafe No. 403*. Chinchiná, Caldas, Colombia. 8 p. ISSN - 0120 - 0178.
- González-Hernández, H.R.; Johansen-Naime, L.; Gasca-Corona, A.; Equihua-Martínez, A.; Salinas-Castro, E.; Estrada-Venegas, F.; Durán de Anda y A.R. Valle-De la Paz. 2000. Plagas del aguacate. En: *El aguacate y su manejo integrado*. Ed. Daniel Téliz. Ediciones Mundi-Prensa, México, D.F.: 117-136 + lám.
- Guarín, J. 2003. Trips Palmi Karny en el Oriente antioqueño. *Corpoica*. C.I. La Selva, Rionegro, Antioquia. p. 4-13.
- Gullan, P.J. and Martin, J.H. 2003. Sternorrhyncha (jumping plant-lice, whiteflies, aphids and scale insects). pp. 1079-1089. In: V.H. Resh & R.T. Cardé (Eds), *Encyclopedia of Insects*. Academic Press, Amsterdam.
- Hamon, A.B. and Williams, M.L. 1984. The soft scale insects of Florida (Homoptera: Coccoidea: Coccidae). In: *Arthropods of Florida and Neighboring Land Areas*. Fla. Dept. of Agric. & Consumer Serv. Div. Plant Ind., Gainesville. 194 pp.
- Hidalgo, D.F. 2013. Mora y aguacate tienen sus plagas en invierno. *La Patria, Manizales*. Tomado de: <http://www.lapatria.com/campo/mora-y-aguacate-tienen-sus-plagas-en-invierno-4606>. Con acceso 29 de Marzo de 2013. 6:39 pm.
- Hoddle, M.S. 2008. Trioza species (Hemiptera: Psylloidea: Triozidae) attacking Avocado Leaves. Tomado de <http://www.biocontrol.ucr.edu/hoddle/trioza/trioza.html>. Con acceso el 28 de Marzo del 2013.
- Hoddle, M.; Golfrey, J.; Adam, P.; Archury, B. and Mayer, K. 2002. Avocado thrips: New challenge for growers. En: *Pest and plant disease, Avocado thrips California Agriculture*. Vol. 56. p. 103-107.
- Hoddle, M.S.; Millar, J.G.; Hoddle, C.D.; Zou, Y.; McElfresh, J.S. and Lesch S.M. 2011. Field optimization of the sex pheromone of *Stenoma catenifer* (Lepidoptera: Elachistidae): evaluation of lure types, trap height, male flight distances, and number of traps needed per avocado orchard for detection. *Bull Entomol Res.* 101(2):145-52.
- Hollis, D. and J.H. Martin. 1997. Jumping plantlice (Hemiptera: Psylloidea) attacking avocado pear trees, *Persea americana*, in the New World, with a review of Lauraceae-feeding among psylloids. *Bulletin of Entomological Research* 87: 471-480. doi:10.1017/S000748530004133X.

- Hoyos, L.F. y Giraldo, J. 1984. Reconocimiento de los insectos barrenadores del fruto en el aguacate (*Persea americana* Mill.) y evaluación económica de su daño, en tres huertos de los departamentos de Caldas y Risaralda, Universidad de Caldas. Facultad de Agronomía, 98 p.
- <http://www.bayercropscience.com.pe/web/index.aspx?articulo=308>. Platynota sp. Con acceso 29 de Marzo del 2013. 12:54 pm.
- <http://www.bricopage.com/horticultura/plagas/pulgones.htm>
- http://www.infoagro.com/frutas/frutas_tropicales/aguacate.htm. 2002.
- ICA-Instituto Colombiano Agropecuario. 2010. Manual técnico de manejo de los viveros para la producción y distribución de aguacate (*Persea americana* Miller) en Colombia. Subgerencia de Protección Vegetal. Dirección Técnica de Epidemiología y Vigilancia Fitosanitaria. 7 p.
- ICA-Instituto Colombiano Agropecuario. 2012. Manejo Fitosanitario del Cultivo del Aguacate Hass (*Persea americana* Mill). Medidas para la temporada invernal. 75pp.
- Jiménez V., J. 2013. Manejo integrado de la hormiga arriera. Productos biológicos Perkins Ltda. Tomado de: <http://es.wikipedia.org/wiki/Atta>. Con acceso 29 de Marzo del 2013. 8:24 pm. 35 p.
- Kerns, D.; Wright, G. and Loghry, J. s/a. Omnivorous Leafroller (Platynota tultana). Citrus Arthropods Pest Management in Arizona. The University of rizona, College of Agriculture, Tucson Arizona.85721 Cooperative xtension.IPM Series.
- Kirk, D.J. and Terry, I.L. 2003. The spread of the western flower thrips *Frankliniella occidentalis* (Pergande). *Agricultural and Forest Entomology* 5: 301 – 310.
- Kondo, T. 2001. Las cochinillas de Colombia (Hemiptera: Coccidae). *Biota Colombiana* 2(1) 31-48.
- Kondo, T. 2008. *Ceroplastes rubens* Maskell (Hemiptera: Coccidae), a new coccid record for Colombia. *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle* 9(1): 66-68.
- Kondo, T. 2010. Description of a new coccid (Hemiptera, Coccidae) on avocado (*Persea americana* Mill.) from Colombia, South America. *ZooKeys* 42: 37-45. doi: 10.3897/zookeys.42.377
- Kondo, T. and Williams, M.L. 2004. A new species of myrmecophilous soft scale insect from Colombia in the genus *Akermes* Cockerell (Hemiptera: Coccoidea: Coccidae). *Revista Colombiana de Entomología* 30(2): 137-141.
- Kondo, T., P.J. Gullan and D.J. Williams. 2008. Coccidology. The study of scale insects (Hemiptera: Sternorrhyncha: Coccoidea). *Revista Corpoica – Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 9(2): 55-61.
- Kondo, T. y Muñoz V., J.A. 2009. Nuevos registros de *Aulacaspis tubercularis* Newstead (Hemiptera: Diaspididae) en Colombia y experimentos de transferencia de hospederos. *Revista Asiava*. 84: 18-20.
- Kondo, T.; Muñoz, J.; López, R.; Reyes, J.; Monsalve, J. y Mesa, N. 2011. Insectos Escama y Ácaros comunes del aguacate en el Eje Cafetero y el Valle del Cauca, Colombia. *Corpoica*. C.I. Palmira. Produmedios, Bogotá. 20p. ISBN: 978-958-740-061-8.



- Lemus, Y.A.; Rodríguez, G.M.; Cuervo R.A.; Durán V., J.A.; Zuluaga, C.L. y Rodríguez, G. 2008. Determinación de la factibilidad del hongo *Metarhizium anisopliae* para ser usado como control biológico de la hormiga arriera *Atta cephalotes*. Revista Científica Guillermo Ockham. Universidad de San Buenaventura, Cali, Colombia. Vol 6, No. 1. Enero-junio 2008. P 91-98. ISSN: 1794-192X.
- León, O. 2003. Estudio de los parámetros de vida de *Oligonychus yothersi* McGregor (Acarina: Tetranychidae) en dos cultivares de palta (*Persea americana* Mill.), Hass y Fuerte. Trabajo de grado. Licenciatura en Agronomía. Universidad Austral de Chile. 90 p.
- Londoño, M.E. 2008a. Las chizas Coleoptera: Melolonthidae en los altiplanos de Antioquia (Colombia). Biología, ecología y manejo. En: Memorias XXXIV Congreso de Entomología. Sociedad Colombiana de Entomología. Cartagena. P 156-164.
- Londoño, M.E. 2008b. Insectos, Capítulo IV en Tecnología para el cultivo del aguacate. Corpoica, Centro de investigación La Selva, Rionegro, Antioquia, Colombia. 119-154.
- Londoño Z. M.E. 2012. Informe Técnico Final Proyecto "Desarrollo de estrategias para la prevención y manejo de *Monalonia velezangeli* Carvalho & Costa". Corpoica. C.I. La Selva. Rionegro, Antioquia. 125 p.
- Londoño Z., M.E.; Pulido F., J.I.; García R., F.; Zenner de P., I. y León M., G. 1999. Manejo integrado de plagas. En: El cultivo del plátano en el trópico. Instituto Colombiano Agropecuario, ICA, División Producción Cultivos (Sección Frutícolas - Plátano y Banano) Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, Comité Departamental para el Mejoramiento del Banano y el Plátano INIBAP – LAC. Editor Silvio Belalcázar Carvajal. Produmedios, Bogotá. P. 300-326.
- Londoño, M.E.; Giraldo, R.; Arango, J.; Ríos, A. y Giraldo, G. 2001. Produzca en su finca, la enfermedad lechosa que controla el "Morrongo". Cartilla Ilustrada 1. Corpoica, Centro de Investigación La Selva, Rionegro, Antioquia, Colombia. Impresos Begón. 22 p.
- Londoño, M.E.; Arias, J.H.; Giraldo, R.A. y Ríos, A.M. 2002. Conozca las chizas del Oriente antioqueño y su distribución. Boletín Técnico 3. Corpoica, Centro de Investigación La Selva. Rionegro Antioquia, Colombia. Editorial Piloto. 28 p.
- Londoño Z., M. y Meneses, E. 2005. Informe final Proyecto Manejo Integrado de Plagas subterráneas en Sur América-departamento de Antioquia. Convenio Corpoica-CIAT-GTZ. Centro de Investigación La Selva, Rionegro, Antioquia. 89 p.
- Londoño Z., M.E. y Vargas M., H.H. 2010. *Monalonia velezangeli* Carvalho y Costa (Hemiptera: Miridae). Porqué es una plaga de importancia en cultivos de aguacate?. En: VII Seminario Internacional de Frutas Tropicales. Agroindustria e Innovación, Medellín, Colombia. Julio 22 al 23 de 2010. Memorias. Medellín, (Colombia), 2010. P. 74.
- Lucero, M.L.; Peña, L.A.; Cultid, L. y Bolaños, M.A. 2006. Manejo integrado de chizas en fincas de minifundio del departamento de Nariño (Colombia). Revista Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria. 7(1):70-72.
- Manrique, M.B.; Carabalí, A.; Kondo, T.; Bacca, T. y Montenegro, M. 2010. Biología del pasador del fruto del aguacate *Stenoma catenifer* Walsingham (Lepidoptera: Elachistidae) y búsqueda de sus posibles enemigos naturales. Artículo Tesis de grado para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Colombia.
- Mariño, M.E. 1947. El *Copturomimus perseae* Hustache: Nueva especie entomológica grave del aguacate en Colombia. Tesis Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía de Medellín. Universidad Nacional de Colombia.

- Martínez, B.R. 1994. Manual de profesionista aprobado en el manejo fitosanitario del aguacate. Facultad de Agrobiología Presidente Juárez. SARH-UMSNH, Michoacán, México. s.p.
- Mc Murtry, J.A.; Johnson, H.G. and Newberger, S.J. 1991. Imported parasite of greenhouse thrips established on California avocado. *California Agriculture* 45 (6): 31-32.
- Medina-Quiroz, F. 2005. Incidencia del barrenador grande del hueso del aguacate *Heilipus lauri* Boheman (Coleoptera:Curculionidae) en Tepoztlán, Morelos. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, México, 39p.
- Méndez R., A.; González H., H.; González R., M.c y Valle P., A.R. 1999. Trips en tres huertos comerciales de aguacate en Michoacán. Memorias XXXIV Congreso Nacional de Entomología. Sociedad Mexicana de Entomología A.C. pp. 368-371.
- Metcalf, C.L. y W.P. Flint. 1981. Insectos destructivos e insectos útiles, sus costumbres y su control. Edit. CECSA, México. P. 298.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica. 1991. Aguacate. En: Aspectos técnicos sobre cuarenta y cinco cultivos agrícolas de Costa Rica. Dirección General de Investigación y Extensión Agrícola. Tomado de: http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/tec_aguacat.pdf.
- Montilla P., J. 2012. Evaluación de insecticidas para el manejo de la chinche del aguacate, *Monalonia velezangeli* Carvalho & Costa (Hemiptera: Miridae). Tesis Maestría en Ciencias-Entomología. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias. 84 p.
- Mound, L. and Kibby, G. 1998. Thysanoptera: An identification guide. Oxon and New York, CAB International, 70p.
- Mound, L. and Marullo, R. 1996. The Thrips of Central and South America: An introduction (Insecta: Thysanoptera). Gainesville, 487 p.
- Muñiz-Vélez, R. y Ordóñez-Reséndiz, M.M. 2010. Una especie nueva de *Macrocopturus* Heller (Coleoptera: Curculionidae: Conoderinae) de Guerrero, México y descripción de sus estados inmaduros. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.) 26(2): 249-258.
- Nakahara, S. 1997. Annotated list of the *Frankliniella* species of the world (Thysanoptera:Thripidae).Contributions on Entomology, International. Associated Publishers. Beltsville, Maryland. 2(4): 353–389 pp.
- Natural History Museum. 1902. *Jocara subcurvaris* . Tomado de <http://en.wikipedia.org/wiki/Jocara>. Con acceso 1 de Abril del 2013. 1:44 pm.
- Nava, D.E.; Fortes, P.; De Oliveira, D.G.; Vieira, F.T.; Ibelli, T.M.; Guedes, J.V. and Parra, J.R. 2006. *Platynota rostrana* (Walker) (Tortricidae) and *Phidotricha erigens* Raganot (Pyralidae): artificial diet effects on biological cycle. *Braz. J. Biol. Nov.* 66(4):1037-1043.
- Orjuela, O. 2011. Evaluación del impacto de los insectos perforadores del fruto del aguacate (*Persea americana*) cv. Hass en el Eje Cafetero. Tesis de pregrado Biología. Universidad del Quindío. 80 pp.
- Orozco P., S.C. 2011. Susceptibilidad de *Compsus* n.sp. a *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill y *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin. Tesis de Maestría en Ciencias-Entomología. Universidad Nacional de Colombia. 93 p.
- Orozco H., J.; Duque E., M. y Mesa C., N.C. 1990. Efecto de la temperatura sobre la tabla de vida de *Oligonychus yothersi* en *Coffea arabica*. *Cenicafé* 41(1): 5-18.



- Palacio V., M.M. 2010. Determinación de las especies de *Astaena* (Coleoptera:Melolonthidae) asociadas a cultivos en dos altiplanos colombianos. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Tesis de Grado Maestría en Ciencias-Entomología. 74 p.
- Peñaloza C., M.C. y Díaz, R.G. 2004. Así se maneja y controla el picudo de los cítricos. Instituto Colombiano Agropecuario, ICA. Seccional Cundinamarca. Compilación, actualización y edición. Produmedios, Bogotá. 30 p. ISBN: 958-8214-29-7.
- Pérez-Balam, J.; Quezada-Euán, J.J.G.; Alfaro-Bates, R.; Medina, S.; McKendrick, L.; Soro, A. and Paxton, R.J. 2012. The contribution of honey bees, flies and wasp to avocado (*Persea americana*) pollination in southern Mexico. *Journal of Pollination Ecology* 8 (6): 42- 47.
- Pineda R., M. y Venegas T., K.A. 2006. Ciclo Biológico del Psilido *Heteropsylla cubana* Crawford en guaje blanco bajo condiciones de invernadero. Tesis como requisito parcial para obtener el título de Ingeniero Forestal. Universidad Autónoma Chapingo. División de Ciencias Forestales. Ingeniería Forestal. Chapingo, México. 63 p.
- Posada O., L.; Z. de Polanía, I.; De Arévalo, I.; Saldarriaga V., A.; GarcíaR., F. y Cárdenas M., R. 1989. Lista de insectos dañinos y otras plagas en plagas en Colombia. ICA, Boletín Técnico No. 43. 484 p.
- Puentes, E. y Moreno, F. 1992. Ciclo de vida y hábitos de *Stenoma catenifer* Walsingham, Lepidóptera: Stenomidae, pasador del fruto del aguacate y observaciones sobre otras plagas del fruto en Palmira, Valle. Tesis de grado Ingeniero Agrónomo. Palmira, Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. 96 pp.
- Ramírez-Cortez, H.J.; Gil-Palacio, Z.N.; Benavides-Machado, P. y Bustillo-Pardey, A.E. 2008. *Monalonion velezangeli* La chinche de la chamusquina del café. CENICAFE, Avances Técnicos 367. Gerencia Técnica. Programa de Investigación Científica. 8P. ISSN - 0120 - 0178.
- Ramírez-Morales, R. 2007. Preferencia del tipo de flor por *Frankliniella bagnalliana*. *Métodos en Ecología y Sistemática* 2(3): 27-32.
- Reyes-Bello, J.C.; Mesa-Cobo, N.C. y Kondo, T. 2011. Biología de *Oligonychus yotheri* (McGregor) (Acari: Tetranychidae) sobre Aguacate *Persea americana* Mill. Cv. Lorena (Lauraceae). *Caldasia* 33(1):211-220.
- Roa M., M.; Sánchez G., G.; Montoya M., C.A., Gómez M., C.E.; Vargas C., J.E.; Guerrero, C.E. y Zambrano R., G. 2005. Manejo del picudo de los cítricos *Compsus* sp. Instituto Colombiano Agropecuario, ICA. División de Sanidad Vegetal. Boletín 33. Produmedios, Bogotá. 27 p.
- Rubio, J.D.; Posada, F.J.; Osorio, O.I.; Vallejo, L.F. y López, J.C. 2009. Primer registro de *Heilipus elegans* Guérin-Ménéville (Coleoptera: Curculionidae) atacando el tallo de árboles de aguacate en Colombia. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica* 12 (1): 59-68.
- Ruiz, N. y Pumalpa, N. 1987. Conozca las chizas y su control. Instituto Colombiano Agropecuario. Boletín informativo. 3p.
- Salas, J. 1984. Parasitismo natural de huevos de *Antiteuchus tripterus* (Hemiptera: Pentatomidae) por *Phanuropsis semiflaviventris* (Hymenoptera: Scelionidae) con observaciones etiológicas del parásito y del huésped. *Agronomía Tropical*. 34:7-13.
- Saldarriaga, A. s/a. Plagas del aguacate y su control. Instituto Colombiano Agropecuario. Programa de Entomología, Regional 4, E.E. Tulio Ospina, Medellín. 26 p.

- Saldarriaga, A.; de Polanía, I.Z.; Cárdenas, R.; Posada, O.L. y García, F. 1981. Guía para el control de plagas, Ministerio de agricultura, Instituto Colombiano Agropecuario, ICA. Subgerencia de Investigación, División de Agronomía, Programa de Entomología. 401 p.
- Sánchez G., G. 2000a. Los trips; identificación y manejo. ICA. Asohfrucol, Fondo Nacional de Fomento Hortofrutícola. Boletín de Sanidad Vegetal 35. Produmedios ediciones 15 p.
- Sánchez, G. G. 2000b. Manejo del picudo de los cítricos *Compsus* sp. Coleoptera: Curculionidae). En memorias del seminario nacional sobre el picudo de los cítricos *Compsus* sp. (Coleoptera: Curculionidae). Pereira. Mayo 11 de 2000. p. 23-26.
- Sánchez, S.M. 2001. Potencial de *Heterorhabditis indica* (Rhabditida: heterorhabditidae) como estrategia de manejo de *Copturus aguacatae* (Col: Curculionidae) y *Phyllophaga* spp. (Col: Melolonthidae). Tesis M.Sc. Ciencias en producción agrícola sustentable. Intituto Politécnico Nacional, Michoacán, México. 117 p.
- Senasa. 2006. Manual de procedimientos para la prospección de *Stenomoma catenifer* Walsingham. Perú. 18 pp.
- Senasica. 2012. Barrenador grande la semilla de aguacate *Heilipus lauri* Boheman. Ficha técnica. Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Estado de México. <http://www.senasica.gob.mx/includes>. Fecha de consulta: 21 de diciembre de 2012.
- Solís, M.A. 2013. Las hormigas zompopas. Instituto Nacional de Biodiversidad. Calendario de Biodiversidad. Tomado el 29 de Marzo de 2013 en http://www.inbio.ac.cr/es/calend/calend_mayo_zompopas.htm. 8:05 pm.
- Suárez P., R.; Hernández A., J.; Serrano R., E. y De Armas A., G. 1992. Plagas, enfermedades y su control Ciudad de La Habana. Editorial Pueblo y Educación. Sin paginar. Con acceso desde http://www.ecured.cu/index.php/Platynota_sp. 29 de Marzo del 2013, 12:34 pm.
- Téliz, D. y Mora, A. 2007. El aguacate y su manejo integrado. Editorial Mundiprensa, México. Sda Edición. P 219-321.
- Torres J., L.F.; Correa L., G.A.; Cartagena V., J.R.; Monsalve G., D.A y Londoño Z., M.E. 2012. Relationship of *Monalonia velezangeli* Carvalho & Costa (Hemiptera: Miridae) with the Phenology of Avocado (*Persea americana* Mill., cv. Hass) / Relación de *Monalonia velezangeli* Carvalho & Costa (Hemiptera: Miridae) con la Fenología del Aguacate (*Persea* Rev.Fac.Nal.Agr. Medellín 65(2): 6659-6665. Disponible en: <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/36498>. Con acceso 20 Marzo, 2013; 7:21 pm.
- Tsai, J.H.; Yue, B.S.; Funderburk, J.E. and Webb, S.E., 1996. Effect of plant pollen growth and reproduction of *Frankliniella bispinosa*. Acta Horticulturae, Vol. 431 535-541.
- Umaña, E.M. y Carballo, M.V. 1995. Biología de *Antiteuchus tripterus* L. (Hemiptera: Pentatomidae) y su parasitoide *Trissolcus radix* (Johnson) (Hymenoptera: Scelionidae) en macadamia. Costa Rica: Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) No. 38, p 16-19.
- Vallejo, L.F.; Morón, M.A. y Orduz, S. 2007. Biología de *Phyllophaga obsoleta* Blanchard (Coleoptera:Melolonthidae) especie rizófaga del complejo "chiza" de Colombia. En: Diplomado de Biología, ecología y taxonomía de Scarabaeoidea. Universidad del Cauca-GEA, Universidad del Valle-GIE. Popayán. P 92-106.
- Vargas, H.H. y Londoño Z., M.E. 2009. Descripción del daño ocasionado por *Monalonia velezangeli* Carvalho y Costa (Hemiptera: Miridae) sobre *Persea americana* Miller. Resúmenes XXXVI Congreso de Socolen. Medellín, Colombia. 246 p.



- Vargas, J.M. y Palacio, E.E. 2011. Método Analítico: Determinación mediante caracteres morfológicos de *Bruggmanniella perseae* Gagné (Diptera: Cecidomyiidae) en Colombia.
- Vásquez G., L.A.; Ríos G., G.; Londoño Z., M.E. y Torres C., M. 2011. Caracterización biofísica y socioeconómica del sistema de producción de aguacate cv. Hass en los departamentos de Antioquia, Caldas, Risaralda y Quindío. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica, Centro de Investigación La Selva, Rionegro, Antioquia, Colombia. Boletín divulgativo. 97 p.
- Vergara, R. 1999. Los trips: plagas de importancia económica de agroecosistemas hortícolas. En: Memorias Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología, SOCOLEN. p. 208-227.
- Villegas, N.P.; Gaigl, A. y Vallejo, L.F. 2008. El complejo chiza (Coleoptera: Melolonthidae) Asociado a cebolla y pasto en Risaralda, Colombia. Revista Colombiana de Entomología. 34(1):83-89.
- Wheat, G.C. 1981. El mundo de las hormigas. Cómo viven, trabajan y se comunican las unas con las otras en la colonia. Editorial Novaro, México. 54 p.
- Williams, D.J. and Granara de Willink, M.C. 1992. Mealybugs of Central and South America. CAB International, London, England. 635 p.
- Yepes, B. 1994. Aspectos biológicos y manejo de chizas. En: Curso de Actualización Técnica del cultivo del trigo. Corpoica. Ipiales, Nariño. Pp. 189-206.
- Yepes, F.C. 2011. Algunas anotaciones sobre las chizas (Coleoptera: Melolonthidae) colectadas en municipios del departamento de Antioquia, Colombia
- Zambrano G. *et al.* 2000. Reconocimiento y manejo del picudo de los cítricos. ICA. Bogotá. P. 13.

VI. ENFERMEDADES Y DESÓRDENES ABIÓTICOS

- Besoain, X. y E. Piontelli. 1999. Pudrición negra en raicillas de palto (*Persea americana* Mill.) por *Cylindrocarpon destructans*: patogenicidad y aspectos epidemiológicos. Boletín Micológico 14(1-2): 41-47.
- Binyamini, N. and Schiffmann-Nadel, M. 1972. Latent infection in avocado fruit due to *Colletotrichum gloeosporioides*. Phytopathology 62: 592-594.
- Buriticá, P. 1995. Índice de los patógenos causantes de enfermedades de las plantas en Colombia con referencia a su hospedante. Boletín Técnico. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, No. 4. 11-49.
- Buriticá, P. 1999. Directorio de patógenos y enfermedades de las plantas de importancia económica en Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Instituto Colombiano Agropecuario. ICA. Santafé de Bogotá. 329 p.
- Castaño, J.J. 1978. Trayectoria de la Fitopatología en Colombia (1571*1974). Editorial Letras. Medellín. 164 p.
- Coffey, M.D. 1987. Phytophthora root rot of avocado. An integrated approach to control in California. Plant Disease 71: 1046-1052.
- Coffey, M.D.; Ohr, H.D.; Campbell, S.D. and Guillemet, F.B. 1984. Chemical control of *Phytophthora cinnamomi* on avocado rootstocks. Plant Disease 68: 956-958.
- Cordova, G. y Barriga, R. 1968. Una enfermedad radicular del aguacate (*Persea gratissima* Mill.) en Colombia. Asociación Latinoamericana de Fitotecnia. Revista Fitopatología 3(1-2): 16.

- Corrales-Medina, D.M.; Lozano, J.C. y Ríos-Castaño -Castaño, D. 2000. Tratamiento de la semilla de aguacate *Persea americana* con Hipoclorito de calcio. p. 12-13. En: Resúmenes XXI Congreso de la Asociación Colombiana de Fitopatología y Ciencias Afines. ASCOLFI. CIAT, Palmira, Agosto 30 a Septiembre 1 de 2000. 64 p.
- Dann, E.; Forsberg, L.; Kooke, A.; Pegg, K.; Shivas, R. and Y. Tan. 2011. The 'Cylindro' complex of avocado root pathogens. En: Memorias del VII Congreso Mundial del Aguacate. 2011; 1-12 pág. Cairns Australia. Libro resumen.
- Darvas, J.M. 1978. Control of post-harvest diseases on avocados. South African Avocado Growers Association Research Report for 1978. 2: 51.
- Darvas, J.M. and Kotze, J.M. 1987. Avocado fruit diseases and their control in South Africa. South African Avocado Growers Association Yearbook 10: 117-119.
- Darvas, J.M.; Toerien, J.C. and Milne, D.L. 1984. Control of avocado root rot by trunk injection with Phosethyl-Al. Plant Disease 68: 691-693
- Eckert, J.W. and Ogawa, J.M. 1985. The chemical control of postharvest diseases: Subtropical and tropical fruits. Annual Review of Phytopathology 23: 421-454
- Erwin, D.C. and Ribeiro, O.K. 1996. Phytophthora. Diseases Worldwide. The American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota. 562 p.
- Erwin, D.C.; Bartinicki-García, S. and Tsao, P.H. 1983. Phytophthora Its Biology, Taxonomy, Ecology, and Pathology. The American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota. 392 p.
- Garcés, C. 1944. New or heretofore unreported species of higher ascomycetes from Colombia and Venezuela. Mycologia 36: 429-458
- García, G.P. y Cotes, A.M. 2001. Búsqueda de alternativas de control biológico de *Rhizopus stolonifer* en la post-cosecha de tomate. Fitopatología Colombiana 25(1): 39-47
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). 1978. Índice de enfermedades de plantas cultivadas en Colombia. Divisiones de Sanidad Vegetal e Investigación. Bogotá. 189 p. (mimeógrafo).
- Korsten, L.; De Villiers, E.E.; Duvenhage, J.A. and Kotzé, J.M. 1994. Control of avocado preharvest diseases with *Bacillus subtilis* and fungicides sprays. South African Avocado Growers Association Yearbook 17: 32-34
- Korsten, L.; De Villiers, E.E.; Wehner, F.C. and Kotzé, J.M. 1997. Field sprays of *Bacillus subtilis* and fungicides for control of preharvest fruit diseases of avocado in South Africa. Plant Disease 81: 455-459
- Lonsdale, J.H. 1992. Evaluation of systemic fungicides as pre-harvest treatments of avocados. South African Growers Association Yearbook 15: 35-38
- López-Herrera, C.J.; Pérez-Jiménez, R.M.; Zea-Bonilla, T.; Vasallote-Ureba, M.J. and Melero-Vara, J.M. 1998. Soil solarization in established avocado trees for control of *Dematophora necatrix*. Plant Disease 82: 1088-1092
- Lund, J.A. 1977. *Rhizopus stolonifer*. Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria No. 524. CMI. Kew, Surrey, England.
- Mejía, E. 1999. Agronomía del cultivo del aguacate en Colombia. p. 231-249. En: Memorias Curso Nacional de Frutas Tropicales. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Sede Palmira. Septiembre 27 – Octubre 2 de 1999. 421 p.



- Montoya, C.A.; Victoria, E.V. y Villegas, L.C. 2004. Evaluación de bacterias con potencial de biocontrol sobre *Colletotrichum gloeosporioides*, agente causal de la antracnosis en frutos de aguacate (*Persea americana*). Revista ASIAVA 64: 13-18
- Navarro, R. 1987. Enfermedades del aguacate (*Persea americana* Mill). Revista Sociedad de Ingenieros Agrónomos de Antioquia. 1(1): 23-28
- Neergaard, P. 1977. Seed Pathology. Vols. 1 and 2. Macmillan, London. 1187 p.
- Orjuela, J. 1965. Índice de enfermedades de plantas cultivadas en Colombia. ICA. Boletín Técnico 11. 66 p.
- Oudemans, P. and Coffey MD. 1987. *Phytophthora citricola* Advances in our understanding of the disease. California Avocado Society Yearbook, 71, 139- 145.
- Pardo-Cardona, V.M. 1986. Índice de hospedantes de *Cephaleuros* spp. en Colombia. Gallescencia 5: 71
- Pardo-Cardona, V.M. 1988. *Cephaleuros* Kunze, en el departamento de Antioquia. Revista ICNE 1(1): 55
- Pardo-Cardona, V.M. 1990. Índice de hongos fitopatógenos de las plantas cultivadas en Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias, Medellín. 42 p.
- Pérez, R.M. 2008. Significant Avocado Diseases Caused by Fungi and Oomycetes. The European Journal of Plant Science and Biotechnology, 2(1):1-24.
- Plöetz, R.C.; Zentmyer, G.A.; Nishijima, W.T.; Rohrbach, K.G. and Ohr, O.D. 1994. Compendium of Tropical Fruit Diseases. The American Phytopathological Society Press. St. Paul, Minnesota, USA. 88 p.
- Ramírez, J.G. 2013. Incidencia, diagnóstico, comportamiento y alternativas de manejo de la marchitez del aguacate con énfasis en *Phytophthora cinnamomi* Rands. Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de Magister en Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. 190 p.
- Ramírez, J.G. y J.G. Morales. 2013. Primer informe de *Cylindrocarpon destructans* (Zinss) Scholten afectando plántulas de aguacate (*Persea americana* Mill) en Colombia. Rev. Protección Veg. Vol. 28 No. 1.
- Ríos-Castaño -Castaño, D.; Román, C.A. y Serna, J. 1976. El Aguacate. p. 125-154. En: Frutales. Tomo I. Torres, R.; Ríos-Castaño -Castaño, D. 1976. ICA. Manual de Asistencia Técnica No. 4 Segunda Edición. 220 p.
- Salazar, H. y Toro, H. 1993. Principales enfermedades en diferentes cultivos de importancia económica diagnosticadas en reconocimientos sistemáticos y del Servicio de Sanidad Vegetal de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Caldas. Universidad de Caldas, Facultad de Agronomía. 20 p. (Documento Inédito).
- Saltarén, L.F. y Varón de Agudelo, F. 1997. *Cylindrocladium* sp. asociado con muerte de plántulas de aguacate (*Persea americana* Mill.) en viveros del Valle y Risaralda. ASCOLFI Informa 23(4): 40-42
- Saltarén, L.F.; Varón de Agudelo, F.; Marmolejo, F. 1998a. Patógenos radicales en material de propagación de aguacate (*Persea americana* Mill.). Fitopatología Colombiana 22(2): 52-58
- Saltarén, L.F.; Varón de Agudelo, F. y Marmolejo, F. 1998b. Nematofauna asociada al cultivo de aguacate (*Persea americana* Mill.). Fitopatología Colombiana 22(2): 68-73
- Tamayo, P.J. 1994. Integración de Métodos de Control de las Enfermedades de las Plantas: Guía Ilustrada. Boletín de Divulgación. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Corpoica, Regional 4, Rionegro, Antioquia, Colombia. 38 p.

- Tamayo, P.J. 2004. Enfermedades poscosecha del aguacate y la curuba. ASCOLFI Informa 30 (Sometido a Publicación)
- Tamayo, P.J. 2005. Reconocimiento de enfermedades del aguacate en Colombia. Revista Facultad Nacional de Agronomía - Sede Medellín. (Sometido a Publicación)
- Vitale, A.; Aiello, D.; Guarnaccia, V.; Perrone, G.; Stea, G. and G. Polizzi. 2012. First Report of Root Rot Caused by *Ilyonectria* (=Neonectria) macrodidyma on Avocado (*Persea americana*) in Italy. *J. Phytopathol.*; 160:156–159.
- Zentmyer, G.A. 1980. *Phytophthora cinnamomi* and the diseases it causes. The American Phytopathological Society. St. Paul, Minnesota. Monograph No. 10. 96 p.
- Zentmyer G.A. and L. Jefferson. 1973. Another species of *Phytophthora* on avocado in California. *California Avocado Society Yearbook*, 56, 125-129.
- Zentmyer, G.A.; Klure, L.J. and E. Neal. 1976. Trunk canker of avocado caused by *Phytophthora heveae*. *California Avocado Society Yearbook*, 60, 169-170.
- Zilberstein, M.; Noy, M.; Levy, E.; Elkind, G.; Zeidan, M.; Teverovski, E. and I. Ben Ze'ev. 2007. Wilting disease of young avocado trees caused by *Neonectria radicola* in Israel. In '6th World Avocado Congress'. Vina Del Mar, Chile. Libro resumen.

VII. COSECHA, MANEJO POSCOSECHA Y AGROINDUSTRIA

- Agudelo, C.A. 1994. Manual para el aprovechamiento del aguacate. Universidad La Gran Colombia, Facultad de Ingeniería Agronómica, Seccional Armenia. 14 p.
- Aristizabal G., E.; Gómez, C.; Pineda, A.E.; Chaparro, M.C.; Rojas, J.M.; López, A.; Díaz, L.B. y Rivera, M.A. 1998. Calidad en frutas y hortalizas Ciclo I. SENA, Cenicafé, ASOHOFRUCOL. Armenia. 55 p.
- Aliakbarian, B.; De Faveri, D.; Converti, A. and Perego, P. 2008. Optimization of Olive Oil extraction by means of enzyme processing aids using response surface methodology. *Biochemical Engineering Journal*. Elsevier. Vol. 42. 34-40.
- Arpaia, M.L.; van Rooyen, Z.; Hofman, P.J. y Wolf, A.B. 2004. Las prácticas culturales influyen sobre la calidad de la fruta en postcosecha. 2° seminario internacional de paltos. Quillota, Chile. 1-10.
- Asohofrucol – MADR. 2006. Plan Frutícola Nacional. Desarrollo de la Fruticultura en Tolima. Cali. 78 p.
- Avilán, L.; Leal, F. y Bautista, D. 1992. Lauraceae. En: Manual de Fruticultura, Principios y Manejo de la Producción. 2da ED, Chacaito (Venezuela), Ed. América, (1): p. 757 - 765.
- Avilán, L.; M. Rodríguez; R. Carreño e I. Dorantes. 1994. Selección de variedades de aguacate. *Agronomía Tropical* 44(4), 593-618.
- Bravo, O.M. 1997. Efecto de la época de cosecha y la temperatura de almacenaje en la calidad de frutos de palto (*Persea americana* Mill.) cv. Gwen. Trabajo de grado. Universidad de Chile, Santiago. 69 p.
- Brown, B.I. 1984. Market maturity indices and sensory properties of avocados grown in Queensland. *Food Technology in Australia* 37, 474–476.
- Calderón, E. 1998. Fruticultura General; el esfuerzo del hombre. 3ª. Edición. Editorial Limusa S.A. México. p. 173-195.



- Carvajal, J.G. 1996. Manual práctico para el cultivo del aguacate. Servicio Nacional de Aprendizaje, SENA. Subdirección sector primario extractivo y desarrollo social. Centro Multisectorial de Oriente. Rionegro, Antioquia, Colombia. 24 p.
- Cerdas A., M. 2006. Manual de Manejo Pre y Poscosecha de Aguacate (*Persea americana*.) San José, C.R.: MAG, 95 p.
- CRFG. 2005. Fruit Facts. Avocado. (En línea). Disponible en <http://www.crfg.org/pubs/ff/avocado.html>
- Díaz, L.B. y Franco, J.C. 1997. Cosecha y poscosecha de frutas y hortalizas. Publicación SENA - Cenicafé. Impresión Fudesco. Armenia, Quindío. 27 p.
- Dettmann, E.B.; Caperon, J.; Leon, L.E.; English, J.N. and Walsh, M. 1987. New avocado maturity standards Subtropical Fruit Grower October 1987, 13–16. Eggers, E.R. and Halma, F.F. 1937. Rooting avocado cuttings. California Avocado Society Yearbook 1937, 121-125.
- Estrada L.; Gutiérrez, M. y Morales, J. 1999. El cultivo de aguacate en Michoacán, 25 años de investigación del M.C. Ramón Martínez B, U.M.S.N.H. México.
- FAO. 1993. Valor nutritivo y usos en la alimentación humana de algunos cultivos autóctonos subexplotados de Mesoamérica. Santiago de Chile. FAO. p. 19.
- Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. 1986. 1986. El cultivo del aguacate. Proyecto Hortalizas, Frutales y Flores. Tercera Edición. Litocenco Ltda. Cali. Colombia. p. 17-19.
- Feng, X.; A. Apelbaum; E.C. Sisler y R. Goren, 2000. Control of ethylene responses in avocado fruit with 1- methylcyclopropene. Postharvest Biol. Technol. 20, 143-150.
- FSIS-USDA. 2002. Regulations and directives development current Good Manufacturing Practices (GMP's). 21 CFR 110. Food and Drug Administration (FDA) Regulations. (en línea). Washington, D.C. United States Department of Agriculture. Food Safety and Inspection Service. Office of Policy and Programa Development. Disponible en http://www.fsis.usda.gov/oppde/rdad/frpubs/00-014r/fda-gmp-regulations_21cfr110.
- Galán, V. 1990. Aguacate. En: Los frutales tropicales en los subtrópicos. Aguacate, mango, litchi y longan. Ediciones Mundiprensa. Madrid, España. p. 50- 53.
- Gallo, F. 1996. Manual de fisiología, patología postcosecha y control de calidad de frutas y hortalizas. Convenio SENA-Reino Unido. Armenia. 262 p.
- Gallo, P.; Beltrán, T. y Vargas, R. 1999. Frutas y hortalizas calidad en mercados mayoristas. Corporación Colombia Internacional. Edición y producción Vargas Comunicaciones Ltda. Bogotá D. C. 43 p.
- Girard, E. 1977. El cultivo del aguacate. En: Curso de Frutales, Compendio N° 20 ICA, Regional 4, Medellín. p. 29-31.
- González, M. 2008. Diseño de una planta para extracción y procesamiento de aceite de aguacate en la zona Norte del Tolima. Tesis de grado para optar al título de Ingeniera Agroindustrial. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Agroindustrial, Universidad del Tolima, Ibagué – Tolima, 162 p.
- González, H.; Johansen, R.; Gasca, L.; Euihua, A.; Salinas, A.; Estrada, E.; Durande Anda, F. y Valledela Paz, A. 2000. Plagas del aguacate. En: Téliz Daniel. 2000. El aguacate y su manejo integrado. Ediciones Mundi Prensa, México. p 117-136 .

- Hofman, P.; Ledger, S.; Stubbings, B.; Adkins, M.; Cook, J.; Barker, J. 2001. Avocado quality on the retail shelf: we all have a role to play. (en línea). Queensland Horticulture Institute, Department of Primary Industries. Consultado (11/2004). Disponible en www.avocadosource.com/AUNSNZ_2001/1063p006.html
- INDEX FRESH. 2004. Index Fresh Avocado. Good Agricultural Practices Manual. (En línea). Disponible en <http://www.indexfresh.com/documents/GAPManual.pdf>
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación 1994. Productos agrícolas. Aguacate. ICONTEC, Bogotá. 6 p.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. 1996. Frutas frescas. Aguacate. Almacenamiento y transporte. ICONTEC, Bogotá. 10 p.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. 2003. Frutas frescas. Aguacate. Variedades mejoradas. Especificaciones. ICONTEC, Bogotá. 24 p.
- IPGRI. 1997. International Plant Genetic Resource Institute I.P.G.R.I., folleto informativo descriptores para aguacate Roma, Italia. pp.25, 46. Jeong, J.; D.J. Huber and S.A. Sargent. 2003. Delay of avocado (*Persea americana*) fruit ripening by 1-methylcyclopropene and wax treatments. *Postharvest Biol. Technol.* 28, 247-257.
- Kader, A. and Arpaia, M. 2004. Aguacate (Palta): recomendaciones para mantener la calidad postcosecha. University of California. Tomado de la dirección electrónica: <http://rics.ucdavis.edu/postharvest2/Produce/ProduceFacts/Espanol/Aguacate.shtml> (consultada, abril 22 de 2010).
- Knight, R. 2002. History, Distribution and Uses. In: *The Avocado: Botany, Production and Uses*. Ed by Whiley, A., Schaffer, B.; Wolstenholme, B. CABI Publishing. UK p 1-14 .
- Kruger, F.J. and Abercrombie, R. 2000. Timely nitrogen fertilizing recommendations for Pinkerton growers. Advisory leaflet, Institute for Tropical and Subtropical Crops. Nelspruit, South Africa.
- Lahav, E. and Lavi, U. 2002. Genetics and Classical Breeding. In: *The Avocado: Botany, Production and Uses*. Ed by Whiley, A., Schaffer, B.; Wolstenholme, B. CABI Publishing. UK 416 p.
- Leal, F. y Gracia, M.A. 1986. Manual práctico de fruticultura. San José, (Costa Rica): IICA , 1986, 266 p. ISBN: 9290390743
- Lee, S.K.; Young, R.E.; Schiffman, P.M. and Coggins, C.W. 1983. Maturity studies of avocado fruit based on picking dates and dry weight. *Journal of the American Society of Horticultural Science* 108, 390-394.
- Lemmer, D.; J. Bezuidenhout; S. Sekhune; P. Ramokone y L. Letsoalo. 2003. Semi-commercial evaluation of Smart Fresh with South African export avocados in static containers at a packinghouse during 2002. *Memorias V congreso internacional del aguacate*. pp. 617-622.
- Milne, D.L. 1994. Postharvest handling of avocado, mango and lychee for export from South Africa. In: Champ, B.R., Highley, E. and Johnson, G.I. (eds) *Postharvest Handling of Tropical Fruits*. ACIAR, Canberra, Proceedings No. 50, pp. 73-89.
- Ranney, C. 1991. Relationship between physiological maturity and percent dry matter of avocados. *California Avocado Society Yearbook* 75, 71-85.



- Renner, S. 1999. Circumscription and phylogeny of Laurales: evidence from molecular and morphological data. *Am J Bot*, 86: 1301–1315.
- Rhodes, A. M., S. E. Malo, C. W. Campbell, and S. G. Carmer. 1971. A numerical taxonomic study of the avocado (*Persea americana* Mill.). *Journal of the American Society for Horticultural Science* 96: 391-395.
- Ríos-Castaño D. 1003. Variedades de aguacate para el trópico: caso Colombia. *Proceedings V World Avocado Congress (Actas V Congreso Mundial del Aguacate)* 2003. pp. 143-147.
- Rohwer, J.G. 1993. Lauraceae. En: Kubitzki K, Rohwer J G, Bettrich V. *The families and genera of vascular plants .vol II*. Springer, USA, pp. 366–379.
- Rojas, J.M.; A.E. Peñuela; C. Rocio; G.E. Aristizabal y M.C. Chaparro. 2004. Caracterización de los productos hortofrutícolas colombianos y establecimiento de las normas técnicas de calidad. *Cenicafé, Chinchiná*. pp. 163-178.
- Samson. J.A. 1991. *Fruticultura Tropical*. México. Editorial Limusa. 1991, 396 p. ISBN: 9681840097
- Sánchez, P.J. de la L. 1993. Índices de madurez en aguacate: Muestreo de frutos en campo y determinación de materia seca. SARH. INIFAP. CIRPAC. Folleto para productores No. 20. Uruapan, Michoacán, Mexico. 12 p.
- Scora, R. W., and B. O. Bergh. 1990. The origin and taxonomy of avocado (*Persea americana* Mill.). *Lauraceae. Acta Horticulturae* 275: 387-394.
- Téliz, D. 2000. El aguacate y su manejo integrado. Ediciones Mundiprensa. México D. F. p. 171-173.
- Thompson, A.K. 1998. *Tecnología postcosecha de frutas y hortalizas*. Convenio Servicio Nacional de Aprendizaje SENA-Reino Unido. Editorial Kinesis. Armenia, Quindío, Colombia. 262 p.
- Villamizar, F. 1980. Manejo integrado de precosecha, cosecha y poscosecha como factores de calidad de frutas y hortalizas. Universidad Nacional de Colombia. Departamento de Ingeniería Agrícola. Bogotá. 11 p.
- Villamizar, F. y Ospina, J.E. 1995. *Frutas y hortalizas, manejo tecnológico postcosecha*. Divulgación Tecnológica, Convenio SENA - Universidad Nacional de Colombia. Sección publicaciones SENA. Santafé de Bogota. 84 p.
- Waissbluth, R. y Valenzuela, J. 2007. Determinación del porcentaje mínimo de materia seca para autorizar la cosecha de paltas cv. Hass para ser exportadas. En: *Proceedings VI World Avocado Congress (Actas VI Congreso Mundial del Aguacate)* 2007. Viña Del Mar, Chile. 12 – 16 Nov. 2007. ISBN No 978-956-17-0413-8.
- Williams, L.O. 1977. The botany of the avocado and its relatives. *Proc. 1st International Tropical fruit Short Course, The Avocado*. University of Florida, Gainesville, Florida. USA. pp.9-15.
- Wolf, A.; J. Bowena.; S. Ball; S. Durand; W.G. Laidlawb and I.B. Ferguson. 2004. A delay between a 38°C pretreatment and damaging high and low temperature treatments influences pretreatment efficacy in 'Hass' avocados. *Postharvest Biol. Technol.* 34, 143-153.
- Wolf, A.B.; A. Wexler; D. Prusky; E. Kobilier and S. Lurie. 2000. Direct sunlight influences post-harvest temperature responses and ripening of five avocado cultivars. *J. Amer. SocHort. Sci.* 125(3), 370-376.
- Yahia, E. 2003. Manejo postcosecha del aguacate, 2ª. Parte. Boletín informativo de APROAM El Aguacatero, Año 6, Número 32, Mayo de 2003.

- Yahia, E. y G. Gonzalez. 1998. Use of Passive and semiactive atmospheres to prolong the postharvest life of avocado fruit. *Lebensm. Wiss. Technol.* 31, 602-606.
- Yahia, E.; Higuera, I. 1992. Fisiología y tecnología postcosecha de productos hortícolas. Editorial Limusa. México D. F. 303.
- Zhong, H. Bedgood, D. Bishop, Pl. and Robards, K. 2007. Endogenous biophenol, fatty acid and volatile profiles of selected oils. *Food Chemistry* Vol. 100, n° 4, 1544-1551.

VIII. ESTRUCTURA DE COSTOS DE PRODUCCIÓN

- García T., J. 2004. Costos de producción de frutas. Conceptos básicos sobre costos agrícolas. En: Guía económica de frutas. Fondo Nacional de Fomento Hortofrutícola. Asociación Hortofrutícola de Colombia. Bogotá, Colombia. No. 3 Marzo-Junio. 24 p.







MinAgricultura
Ministerio de Agricultura
y Desarrollo Rural

**PROSPERIDAD
PARA TODOS**



BAC

BIBLIOTECA AGROPECUARIA DE COLOMBIA

Correo: bac@corpoica.org.co
Teléfono: (57 1) 4 227300 ext. 1257 o 1274
Skype: biblioteca.agropecuaria

**DISTRIBUCIÓN GRATUITA
PROHIBIDA SU VENTA**

www.corpoica.org.co

ISBN 978-958-746-167-7



9 789587 401677