Universidad Autónoma Chapingo

Departamento de Fitotecnia

PROPUESTA PARA LA PRODUCCIÓN DE AGUACATE (*Persea americana* Mill.) BAJO MANEJO ORGÁNICO EN LA ZONA NORTE DE VERACRUZ

TESIS PROFESIONAL

QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO AGRÓNOMO ESPECIALISTA EN FITOTECNIA

UNIVERSIDAD AUTONOMA CHAPINGO MEXICO
DIRECCION GENERAL ACADEMIC
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALE

PRESENTA

WILMA AMEYALLI CRUZ LUIS

ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN
FITOTECNIA
SUBDIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN

Chapingo, Texcoco, Edo. de México, junio de 2016.

La presente tesis titulada "**Propuesta para la producción de aguacate (*Persea americana* Mill.) bajo manejo orgánico en la zona norte de Veracruz**" fue realizada por la C. **Wilma Ameyalli Cruz Luis**, bajo la dirección del **Dr. Manuel Ángel Gómez Cruz**; ha sido revisada y aprobada por el Honorable Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO ESPECIALISTA EN FITOTECNIA

JURADO EXAMINADOR

Dr. Manuel Ángel Gómez Cruz

Presidente

Dra. Rita Schwentesius Rindermann

Secretaria

Dr. Eduardo Campos Rojas

Vocal

Ing. Laura Gómez Tovar

Suplente

Dr. Samuel Sánchez Domínguez

Suplente

Agradecimientos

A la Universidad Autónoma Chapingo por estos siete años de oportunidades para mi formación académica además de las facilidades para terminar la especialidad.

Al director de esta tesis, el Doctor Manuel Ángel Gómez Cruz, por todo el apoyo desde el comienzo y hasta el final de este trabajo, por su actitud durante el desarrollo de la fase de campo y su disponibilidad. También por sus consejos.

A la Doctora Rita E. Schwentesius Rindermann, por su actitud durante las salidas a campo y disposición para realizar este trabajo, por sus observaciones y sugerencias.

Al Doctor Eduardo Campos Rojas, por su actitud y su disposición, también por todas sus aportaciones y su participación en mi formación académica.

A la M.C. Laura Gómez Tovar por su disposición y las aportaciones para mejorar este trabajo.

Al Dr. Samuel Sánchez Domínguez por su contribución a este trabajo y su entusiasmo como maestro.

A René, Tavo y Osciel, el equipo CIIDRI, por su orientación durante la realización de las prácticas en campo.

A los productores visitados durante la realización de este trabajo, por su atención, tiempo y las facilidades prestadas.

Al personal de la huerta en San Pablo, en especial al sr. Albino Gaona por su paciencia y su apoyo.

A Doña Lupe y toda su familia por recibirme durante mi estancia en Veracruz.

Gracias

Dedicatoria

A mis papás, Marcelino y Nieves:

Sepan que esto es más el resultado de su esfuerzo que del mío. Ni esta vida ni la siguiente van a alcanzarme para regresarles todo lo que ustedes ya me dieron.

A mis hermanos Lalo, Rodolfo y Néstor:

Por todos los malos y buenos momentos, también por su apoyo, siempre han sido una motivación.

A todos mis amigos:

Por ser esa familia que se puede elegir, por tantos momentos, por apoyarme, por hacerme ver los errores, por no estar de acuerdo. Gracias por tanto. Ha sido un gusto.

A todas las personas que he conocido durante toda mi estancia en Chapingo, por formar parte de alguna manera.

Wilma

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE CUADROS viii

ÍNDICE DE FIGURAS ix

RESUMEN xi

ABSTRACT xii

I. INTRODUCCIÓN 1

1.1. Planteamiento del problema 2

1.2. Justificación 3

1.3. Objetivo general 4

1.4. Hipótesis 5

II. REVISIÓN DE LITERATURA 6

2.1 Aspectos generales del cultivo del aguacate 6

2.1.1. Clasificación botánica 7

2.1.2. Origen del aguacate 8

2.1.3. Propiedades nutricionales del aguacate 10

2.2. Importancia del aguacate y su cultivo orgánico 12

2.2.1. La agricultura orgánica 12

2.2.2. Antecedentes del comercio del aguacate a nivel mundial 14

2.2.3. Antecedentes del comercio del aguacate mexicano 19

2.2.4. Aguacate orgánico a nivel mundial 27

2.2.5. Aguacate orgánico en México 29

2.3.6. El cultivo orgánico en México 30

2.5. Principios agroecológicos 32

2.6. Manejo orgánico del aguacate 33

2.6.1. Inicio de la plantación 33
2.6.2. Huerta en producción 34
2.6.2.1. Manejo de la cobertura del suelo 34
2.6.2.2. Poda 36
2.6.2.3. Manejo de la nutrición 38
2.6.2.4. Principales plagas 41
2.6.2.5. Principales enfermedades 46
2.6.3. Control biológico con hongos entomopatógenos 50
2.7. Aguacate como materia prima para la industria 51
III. MATERIALES Y MÉTODOS 54
3.1. Área de influencia 54
3.2. Metodología de la fase de gabinete 57
3.3. Metodología de la fase de campo 58
3.3.1. Visitas a establecimientos comerciales 58
3.3.2. Colecta de germoplasma 58
3.4. Desarrollo de la propuesta de manejo 59
IV. RESULTADOS 60
4.1. Producción de aguacate en Veracruz 60
4.2. Adaptabilidad del cultivo del aguacate 62
4.2.1. Condiciones ambientales en la zona Norte de Veracruz 62
4.2.2. Requerimientos edafoclimáticos del cultivo de aguacate 62
84.2.3. Determinación de la adaptabilidad del cultivo a la región 63
4.3. Vivero 65
4.3.1. Tratamiento de la semilla 65

4.3.2. Diseño de la estructura a utilizar 67
4.3.3. Determinación y obtención de portainjerto 79
4.3.4. Determinación y obtención de la variedad a injertar 83
4.3.5. Método y tipo de injerto 91
4.4. Manejo del cultivo 95
4.4.1. Plantación 95
4.4.2. Practicas agroecológicas en el manejo de cultivo 100
4.4.2.1. Manejo de la superficie del suelo 100
4.4.2.2. Poda 104
4.4.2.3. Fertilización 107
4.4.2.4. Manejo orgánico de plagas 115
4.4.2.5. Manejo orgánico de enfermedades 125
4.5. Mercadeo 133
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS 136
VI. CONCLUSIONES 140
VII. RECOMENDACIONES 140
VIII. LITERATURA CONSULTADA 141
IX. ANEXOS 154
Anexo A: Recetas fungicidas e insecticidas 154
Pasta bordelesa 154
Caldo sulfocálcico 155
Caldo bordelés 156
Cultivo de microorganismos 157
Anexo B: Recetas de biofertilizantes 159

Caldo ceniza 159
Hidrolizado de pescado..... 160
Súper magro completo..... 161
Bocashi 162
Composta..... 164

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación del subgénero Persea de acuerdo a varios autores..... 8
Cuadro 2. Contenido nutrimental de 100 gr de pulpa de aguacate. 11
Cuadro 3. Estacionalidad de la producción de aguacate en algunos países..... 14
Cuadro 4. Producción mundial (t) y rendimiento (t• ha^{-1}) de aguacate (1990 a 2013)... 17
Cuadro 5. Superficie (ha), rendimiento (t) y producción (t) de aguacate de los principales países productores (2013)..... 19
Cuadro 6. Descripción del clima y fisiografía de diez municipios al norte de Veracruz. 55
Cuadro 7. Características de tres grupos ecológicos de aguacate..... 82
Cuadro 8. Identificación y procedencia de las varetas utilizadas..... 85
Cuadro 9. Características de tres variedades de aguacate presentes en México. 87
Cuadro 10. Distancias entre líneas guías según la pendiente del terreno..... 97
Cuadro 11. Distancias de plantación y densidades de población..... 98
Cuadro 12. Concentración (ppm) de algunos nutrimentos en los suelos de la región. 108
Cuadro 13. Contenido nutrimental del suelo en Papantla, Ver. 111
Cuadro 14. Requerimientos nutricionales en el suelo. 111
Cuadro 15. Hongos fitopatógenos al cultivo de aguacate. 126
Cuadro 16. Enfermedades de tronco y ramas del aguacatero. 129
Cuadro 17. Hongos causantes de enfermedades al fruto de aguacate..... 131

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Geroglífico representando el poblado de "Ahuacatla pueblo" y a la derecha la representación del tributo enviado. 9
Figura 2. USD • t^{-1} de aguacate según su origen (1991-2014). 16
Figura 3. Superficie (ha) sembrada y cosechada con aguacate en México. 20
Figura 4. Producción (t) y rendimiento (t • ha^{-1}) de aguacate en México (1990 a 2014). 21
Figura 5. Volumen (t) de aguacate exportado desde México (2003 a 2015). 22
Figura 6. Volumen (t) de aguacate importado por México (2003 a 2015). 24
Figura 7. Promedio mensual ($• kg^{-1}) de aguacate 'Hass primera' (1998 a 2015) en CEDAs. 25
Figura 8. Superficie (ha) bajo producción orgánica o en transición. 28
Figura 9. Número de productores orgánicos en algunos países (2013). 28
Figura 10. Producción (t) de aguacate 'Hass' y nativo en Veracruz (2014). 60
Figura 11. Producción de aguacate "Sin clasificar" (2000 al 2006). 61
Figura 12. Corte de candado en semillas de aguacate. 66
Figura 13. Semilleros móviles para la germinación de aguacate. 69
Figura 14. Fases lunares y el periodo de corte recomendado. 71
Figura 15. Cimientos que sostienen la estructura. 73
Figura 16. Esquema final de un vivero construido a un agua. 74
Figura 17. Esquema de un vivero diseñado a dos aguas. 75
Figura 18. Varetas de aguacate var. 'Hass' a injertar. 93
Figura 19. Periodo entre las fases lunares y época recomendable de injertación. 93
Figura 20. Trazo de curvas a nivel con el aparato "A". 96
Figura 21. Vista lateral del terreno con curvas de nivel trazadas y zanjas trinchera. 98
Figura 22. Conotrachelus perseae Barber y daños que causa al fruto de aguacate. .. 117
Figura 23. Copturus aguacatae K. y el daño que causa en ramas. 119
Figura 24. Heliothrips haemorroidalis y el daño causado al fruto. 120
Figura 25. Vista de Oligonycus punicae, O. perseae y daños causados. 123
Figura 26. Larvas de lepidópteros defoliadores del aguacatero. 124

Figura 27. Escamas armadas que se establecen en el aguacatero. 125
Figura 28. Aguacates en venta en Centrales de Abasto..... 135

RESUMEN

El estado de Veracruz es conocido por su producción de naranja y limón persa. 43 % de la superficie agrícola del estado está ocupada con estas frutas. Esta fuerte concentración, si bien está trayendo beneficios al estado y a sus productores desde hace muchos años, cada vez más se convierte en una problemática: bajos rendimientos, bajos precios y un fuerte intermediarismo son las expresiones más visibles de esta situación. A pesar de ello, sigue creciendo la superficie sin control, vislumbrándose una caída mayor de los precios en el futuro. Como si fuera poco, está creciendo la amenaza de destruir las plantaciones por la enfermedad del Greening o Huanglongbing.

Ante todo ello, la presente investigación se propone como alternativa de desarrollo la introducción de aguacate orgánico. El aguacate, originario de México, es el cultivo más dinámico del país con muy buenas perspectivas de exportación no solamente a Estados Unidos, sino también a nuevos mercados como Japón y China. Por ello, los precios son elevados en el mercado doméstico, y para los consumidores veracruzanos se tiene que traer la fruta a un costo alto desde Michoacán.

El trabajo de investigación cubrió varios pasos para fundamentar y sustentar la propuesta, a saber:

1. Revisión de la bibliografía sobre el cultivo, sus requerimientos, variedades, sistemas de comercialización y precios. Se complementó el trabajo con entrevistas a informantes clave y expertos en la materia.
2. Visita de establecimientos comerciales en los estados de Michoacán y Veracruz para ampliar el conocimiento obtenido en la primera fase.
3. Selección de variedades posibles y adaptables a la región considerando las condiciones agroecológicas, en particular temperaturas, calidades de suelo, y régimen de lluvias. Se definieron en total 11 variedades posibles.
4. Recolección de semillas nativas para iniciar las plantaciones a partir de patrones de la región y realización de injertos en las 11 variedades diferentes.
5. En forma paralela se desarrolló un paquete tecnológico orgánico para el aguacate que retoma sobre todo la experiencia de productores de Michoacán y de citricultores orgánicos de Veracruz.

Para el futuro, es indispensable que la investigación continúe en estrecha colaboración con productores de la región. Como siguiente paso se propone la selección de un área (o varias) de una hectárea para plantar las 11 variedades seleccionadas. Se recomienda ensayar la propuesta de manejo orgánico de aguacate adoptándola para pequeños productores y utilizando preferentemente recursos locales.

Palabras clave: Agricultura orgánica, alternativas, sostenibilidad.

ABSTRACT

The state of Veracruz is known for its production of orange and lemon persian. 43 % of the agricultural area of the state is occupied with these fruits. This strong concentration, but is bringing benefits to the state and its producers for many years, increasingly becomes a drag: low yields, low prices and a strong intermediarism are the most visible expressions of this situation. However, the area continues to grow unchecked, glimpsing a greater drop in prices in the future. As if that were not enough, there is a growing threat to destroy the plantations Greening disease or Huanglongbing.

In response, the present research is proposed as an alternative development the introduction of organic avocado. Avocado, originally from Mexico, is the most dynamic growing country with very good export prospects not only the United States but also to new markets such as Japan and China. Therefore, prices are high in the domestic market and for consumers veracruzanos need to bring the fruit at high cost from Michoacan.

The research covered several steps to inform and support the proposal, namely:

1. Review of the literature on the cultivation, their requirements, varieties, marketing and pricing systems. Work was supplemented with interviews with key informants and experts in the field.

2. Visit of commercial establishments in the states of Michoacan and Veracruz to extend the knowledge gained in the first phase.

3. Selection of possible varieties and adaptable to the region considering the agro-ecological conditions, including temperatures, soil quality and rainfall. 15 possible varieties were defined in total.

4. Collection of native seeds to start planting patterns from the region and realization of grafts in 15 different varieties.

5. In parallel developed an organic technology package for avocado which takes up especially the experience of producers of organic growers Michoacan and Veracruz.

For the future, it is essential that research continues in close collaboration with producers in the region. As a next step thee selection of an area (or more) of one hectare is proposed to plant the 15 selected varieties. It is recommended to test the proposal of adopting it avocado organic management for small producers and preferably using local resources.

Keywords: Organic agriculture, alternative, sustainability.

I. INTRODUCCIÓN

Veracruz es un estado que se distingue dentro del país por su importante producción citrícola pues tan solo en el 2014 el Sistema de Información Agrícola y Pesquera (SIAP) reportó que en ese estado se destinó el 16.7 % de la superficie agrícola al cultivo de cítricos en dónde se produjo el 47.2 % de la producción total del país. En el Distrito de Desarrollo Rural DDR Martínez de la Torre, que abarca el norte del estado (22 municipios) el 43.19 % de la superficie agrícola se destina a la producción de algún cítrico principalmente limón, toronja y naranja (SIAP, 2014), para este año el mismo DDR aportó el 21 % de la producción citrícola del estado.

Sin embargo, la citricultura en Veracruz se encuentra amenazada por problemas fitosanitarios que en otras regiones han causado grandes pérdidas económicas como es el caso de la enfermedad Huanglongbing 'Dragón amarillo' (HLB) causada por *Candidatus liberibacter* que según reportes del Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria de México (2011) ya se encuentra en Yucatán, Quintana Roo, Jalisco, Nayarit, Campeche, Colima y Sinaloa (SAGARPA, 2010).

El crecimiento continuo de la superficie dedicada a la producción citrícola y el poco aumento en la productividad de estos cultivos incrementa la probabilidad de pérdidas económicas, de ahí la importancia que los productores de la región conozcan y adopten nuevos sistemas de cultivo que les permitan diversificar su producción y por lo tanto, participar en el mercado con otros productos a fin de obtener mayor margen de ganancias y no depender de la venta de un solo tipo de producto.

En el presente trabajo se propone el establecimiento y cultivo del aguacate (*Persea americana* var. *americana* Mill.) como una alternativa a la producción de naranja en la zona Norte de Veracruz ya que la zona es apta para el cultivo; se propone el cultivo bajo manejo orgánico ya que se obtienen precios superiores a los obtenidos por la comercialización de productos producidos de manera convencional además que no se pone en riesgo la salud humana durante su producción y consumo.

La propuesta también está basada en los principios agroecológicos propuestos por Altieri (2000) en donde se establece la diversificación vegetal, el reciclaje de nutrientes y materia orgánica, la provisión de condiciones edáficas óptimas para el desarrollo del cultivo, la minimización de pérdidas de suelo, minimización de pérdidas por insectos, patógenos y malezas y la explotación de sinergias que emergen de las interacciones.

Es importante mencionar que el aguacate (*Persea americana* Mill.) tiene su centro de origen en la parte central de México e incluso se han encontrado evidencias que indican que Guatemala, Colombia, Venezuela y Perú son centro de origen y domesticación de la especie (Campos, 2013). El aguacate prospera en climas desde tropicales a templados, contiene omega 3, 6 y 9, aunque la concentración de cada uno depende del grupo ecológico del que proviene el fruto ya que existen en nuestro país tres razas con características muy diferentes, en general tiene un alto contenido de proteína (3.32 g proteína/ 100 g pulpa), ácidos grasos del 3 % al 30 % del peso total y vitaminas A, B, C, D y E (Téliz *et al.*, 2007).

La presente revisión se ha dividido en tres partes: la primera parte sobre la clasificación e historia del aguacate en México, la segunda parte sobre la importancia del cultivo del aguacate y sus bondades económicas y nutricionales; la tercera parte de la revisión trata sobre el manejo orgánico de una huerta.

1.1. Planteamiento del problema

En el estado de Veracruz el 16.17 % de la superficie agrícola, equivalente a 242,462.41 ha, se encuentra bajo producción de cítricos. En la zona norte de Veracruz se destina el 43 % de la superficie agrícola a la producción citrícola (SIAP, 2014), por lo que resulta preocupante desde el punto de vista técnico y económico la presencia de plagas o enfermedades exóticas, como la presencia de HLB que recientemente ha afectado las zonas citrícolas en el sur del país. Esta enfermedad afecta exclusivamente a ejemplares de la familia *Rutaceae*, es transmitida por el psílido *Diaphorina citri* K. presente en Veracruz y ocasiona grandes pérdidas económicas a los productores debido a la severidad de infección, no hay aún una cura efectiva contra el ataque de esta bacteria.

En la región el sistema que predomina es el monocultivo, por lo que los cítricos representan la única fuente de ingresos para la mayoría de los productores.

Predomina también la producción bajo un sistema convencional aunque no muy tecnificado, es decir, se utilizan insumos de síntesis química durante la producción sin un manejo adecuado ni oportuno al cultivo; algunos de los insumos más utilizados están prohibidos en otros países debido al riesgo comprobado que representan para el medio ambiente y la salud tanto de quienes aplican los agroquímicos en campo como para quienes consumen los productos cultivados bajo ese sistema (Fait *et al.,* 2004). Este sistema también ocasiona la contaminación de los recursos naturales debido a la difícil degradación de las moléculas utilizadas, al contaminar los recursos también se ocasionan enfermedades o fisiopatías a la flora y fauna de la zona además de un desequilibrio en la cadena trófica ocasionando la desaparición de algunos organismos e implicando que la población de otro organismo aumente y se convierta en una nueva plaga (Fait *et al.,* 2004).

1.2. Justificación

En el 2014, el cultivo del aguacate en nuestro país representó el 0.79 % de la superficie cultivada y el 4.96 % del valor de la producción agrícola nacional, en ese año también el precio medio rural (PMR) de una tonelada de aguacate en el país fue de $ 13,622.71, superior al precio de cualquier cítrico, como ejemplo la naranja se comercializó a un PMR de $ 1,483.9 (SIAP, 2014).

Para el mismo año, del total de la producción de aguacate el 86.88 % de la producción se obtuvo entre los estados de Michoacán (80.19 %), México (4.26 %) y Nayarit (2.41 %), el resto de la producción se obtuvo en otros 23 estados de la República Mexicana. Cabe mencionar que la principal variedad producida es ‘Hass’ aunque en Nayarit se cultivan algunos híbridos de la raza antillana x guatemalteca.

La ubicación de los principales productores en México encarece al producto debido a los gastos de transporte y las pérdidas ocasionadas por el mismo por lo que la producción de aguacate en regiones distintas podría abaratar el precio del aguacate al consumidor final principalmente en el sureste de nuestro país; la región Norte de Veracruz, convierte a este cultivo en una buena alternativa para la producción además de contribuir a la diversificación de la producción debido a la amenaza que representa la llegada del HLB a la región.

En el presente trabajo se propone que se implemente un sistema de manejo orgánico y agroecológico ya que además de tener un sobreprecio en el mercado también se evita en gran medida la contaminación al ambiente y a la salud humana, además de hacer uso eficiente de los recursos con que cuenta el productor.

Siguiendo el modelo de producción orgánica obtendremos un producto inofensivo para la salud humana debido a que no contiene partículas de síntesis química pues el cuerpo humano no posee capacidad para degradarlos y se acumulan en los tejidos.

1.3. Objetivo general

Generar una propuesta para producir aguacate (*Persea americana* var. *americana* Mill.) bajo un sistema de cultivo orgánico en la zona Norte de Veracruz a fin de diversificar la producción en la región.

1.3.1. Objetivos particulares

- Determinar la viabilidad técnica de la producción comercial de aguacate en la zona norte de Veracruz mediante la revisión de literatura para posteriormente establecer parcelas demostrativas en la región.
- Proponer el portainjerto y la variedad a utilizar en la zona mediante revisión de literatura para la producción comercial de aguacate.

- Generar un plan de manejo orgánico para el cultivo comercial de aguacate en la zona a través de la revisión de literatura.

1.4. Hipótesis

El cultivo de aguacate bajo manejo orgánico de manera comercial en un clima tropical, como es el caso de la región Norte de Veracruz, es viable desde el punto de vista técnico cuando se cultiva utilizando un portainjerto proveniente de semilla nativa y una variedad injertada que pertenezca a la raza antillana o bien un híbrido de raza guatemalteca x antillana.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Aspectos generales del cultivo del aguacate

Árbol: Regularmente, el árbol de aguacate puede alcanzar una altura de hasta 20 m, sin embargo, cuando se cultiva no se deja crecer más de 5 m, para facilitar las prácticas de control fitosanitario, cosecha, poda y fertilización foliar (Maldonado, 2011).

Inflorescencias: Las flores están dispuestas en panícula, la cual está formada por racimos terminales o axiales y se ubican principalmente en la periferia de la estructura por lo que se desarrolla lejos del tronco (Salvo y Martínez, 2008). El aguacate presenta dos tipos de inflorescencias de acuerdo al hábito de crecimiento que presentan, estas pueden ser determinadas o indeterminadas. Las de tipo determinadas son aquellas en las que el eje primario forma una flor terminal y las indeterminadas son aquellas en las que se forma una inflorescencia en el ápice del eje y luego un crecimiento vegetativo (Salvo y Martínez, 2008).

Brotes: Los brotes silépticos tienen posibilidad de transportar una mayor cantidad de savia y agua debido a la gran cantidad de estructuras internas mientras que los brotes de tipo proléptico tienen estructuras de un diámetro menor (Salvo y Martínez, 2008).

A diferencia de otros árboles frutales, los brotes maduros y lignificados presentan gran flexibilidad lo que permite su movimiento por el viento y una mayor exposición al sol y a su vez una producción eficiente durante la fotosíntesis. Una desventaja es que esto ocasiona también poca resistencia en los puntos de inserción (Salvo y Martínez, 2008).

Suelo: Para sembrar el aguacate, el suelo más recomendado es de textura ligera y profundos, bien drenados con un pH neutro o ligeramente ácido de 5.5 a 7. También, se pueden cultivar en suelos arcillosos o franco arcillosos, siempre que exista un buen drenaje. Además el terreno destinado al cultivo debe contar con protección natural contra el viento, porque este puede producir daños como: rotura de ramas, raíz y caída del fruto, especialmente cuando están pequeños, además, el viento reduce la humedad, las flores se deshidratan e interfiere con la polinización (Maldonado, 2011).

2.1.1. Clasificación botánica

De acuerdo a la clasificación botánica propuesta por Miller, 1978:

Orden: Ranales

Suborden: Magnolineas

Familia: Lauraceae

Género: *Persea*

Especie: *P. americana* Mill.

La familia Lauraceae comprende aproximadamente 2,200 especies, las que en su mayoría son tropicales y subtropicales. Miembros sobresalientes de esta familia son el laurel (*Laurus nobilis* L.), la canela (*Cinnamomum zeylanicum* L.) y el alcanfor (*Cinnamomum camphora* (L.) J. Presl.) (Campos *et al.,* 2008).

El género *Persea* se clasifica en dos subgéneros: *Eriodaphne* y *Persea.* El subgénero *Eriodaphne* contiene más de un centenar de especies y algunas de ellas resistentes a *Phytophthora cinnamomi*. El género *Persea* contiene las especies comerciales de aguacate, ambos subgéneros son incompatibles (Bergh y Ellstrand, 1996).

El aguacate comercial *Persea americana* se clasifica en tres subespecies o variedades botánicas: *americana*, *guatemalensis* y *drymifolia* que durante varias décadas se han conocido como raza antillana, raza guatemalteca y raza mexicana (Bergh, 1992). También existen otras clasificaciones reconocidas como válidas para el subgénero *Persea* que solo con fines de divulgación se incluyen en el cuadro 1.

Cuadro 1. Clasificación del subgénero *Persea* de acuerdo a varios autores.

Koop (1966)	Williams (1977)	Bergh y Ellstrand (1987)	Van der Werff (2002)
Persea americana var. *americana* var. *drymifolia* var. *nubigena* *Persea schiedeana* *Persea floccosa* *Persea steyermarkii* *Persea gigantea*	*Persea americana* var. *americana* var. *drymifolia* var. *nubigena* *Persea nubigena* var. *nubigena* var. *guatemalensis* *Persea schiedeana* *Persea floccosa* *Persea steyermarkii* *Persea primatogena* *Persea parviflora*	*Persea americana* var. *americana* var. *drymifolia* var. *guatemalensis* *Persea nubigena* var. *nubigena* *Persea schiedeana* *Persea floccosa* *Persea steyermarkii* *Persea zentmyerii* *Persea tolimanensis* *Persea primatogena*	*Persea americana* *Persea americana*

Fuente: Campos, *et al.*, 2008.

2.1.2. Origen del aguacate

El aguacate se originó en Mesoamérica, en la zona que comprende la parte alta del centro de México y Guatemala. Se encontraron restos fósiles de aguacate en el Valle de Tehuacán (cueva de Coxcatlán) en el estado de Puebla que tienen una antigüedad de 8,000 años (Téliz *et al.*, 2007).

Las razas de aguacate Mexicana y Guatemalteca se originaron en México y Guatemala. La raza Antillana probablemente se originó en el sur de México (Yucatán) y en Centroamérica (El Salvador, Nicaragua) (Téliz *et al.*, 2007).

La primera mención del aguacate aparece en el Códice Mendocino, de entre los 14 pueblos que deben pagar tributo al Imperio Azteca se menciona “Ahuacatla pueblo” que es representado por un árbol con dientes a un costado (Fig. 1). Según el diccionario de aztequismos *ahuacatl* significa aguacate (testículo) o árbol del aguacate (de los testículos) (Téliz *et al.*, 2007).

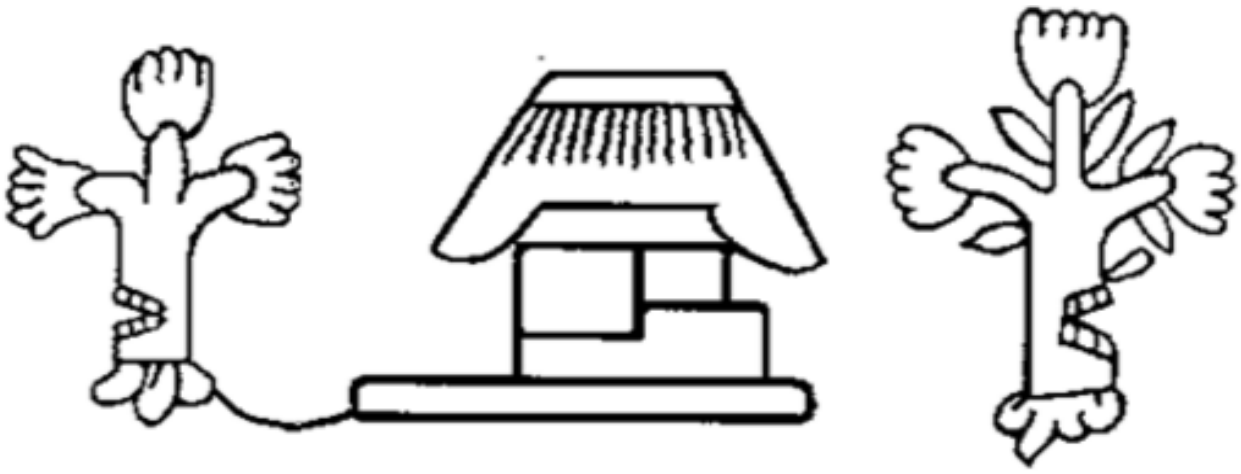


Figura 1. Geroglífico representando el poblado de "Ahuacatla pueblo" y a la derecha la representación del tributo enviado.

En la *Historia del nuevo mundo* escrita en 1653 por fray Bernabé Cobo se hace mención de tres clases diferentes de aguacate, distingue las variedades de la provincia de Yucatán en la Nueva España por tener una cáscara delgada, más suave y flexible que la de un limón: verde en el exterior, y cuando el fruto está maduro se pela fácilmente (Téliz *et al.*, 2007).

El cultivo del aguacate en Estados Unidos comenzó en 1833 en Florida, después en California. El aguacate 'Fuerte' proveniente de Atlixco, Puebla se plantó junto con otras colecciones en California; solo este árbol sobrevivió a una fuerte helada en 1913 y por eso se le dio ese nombre; este cultivar creó la industria del aguacate de California.

En la década de 1920's 'Hass' se seleccionó por casualidad de entre un grupo de plántulas para injertar y establecer una plantación por el Sr. Rudolph Hass. Uno de los portainjertos atrajo la atención por su calidad y producción y la patentó en 1935. Este cultivar produce todo el año y tiene excelente calidad de pulpa y la cáscara gruesa lo hace resistente al transporte. Estos cultivares, 'Fuerte' y 'Hass' representantes de los híbridos de las razas mexicana x guatemalteca y guatemalteca x antillana respectivamente son las bases fundamentales de la industria del aguacate en el mundo (Téliz *et al.*, 2007).

2.1.3. Propiedades nutricionales del aguacate

El aceite de aguacate se extrae por técnicas de presión en frio que hacen posible su consumo directo. Por su contenido de α- tocoferol (12- 15 mg/g de aceite) reduce las enfermedades cardiovasculares, el β- sistosterol (4.5 mg/g de aceite) inhibe la absorción intestinal de colesterol disminuyendo los niveles totales de este y de Lipoproteínas de Baja Densidad (LDL). Los ácidos grasos monoinsaturados (ácido oleico y palmitoleico) lo hacen recomendable en la dieta de personas que sufren debido a daños en el sistema vascular.

El aguacate contiene cerca de 60 % de ácidos grasos monoinsaturados, 20 % poliinsaturados y los demás son de tipo saturados, de hecho cuando el aguacate madura disminuye su contenido de ácido palmítico, que es saturado, y aumenta el contenido de ácido oleico (monoinsaturado) (Pérez *et al.,* 2005).

Una dieta enriquecida con aguacate ayuda a mejorar el perfil de lípidos en pacientes con hipercolesterolemia además de mantener un adecuado control glucémico. Sin embargo, para obtener estos efectos benéficos es necesario disminuir las cantidades que se ingieren de carbohidratos y ácidos grasos poliinsaturados; se observa también que un consumo de entre medio y un aguacate y medio disminuye significativamente el colesterol del plasma en un 8.2 % (Pérez *et al.,* 2005).

Este fruto también contiene un carotenoide llamado luteína que absorbe los rayos ultravioletas del sol evitando así que estos le hagan daño a la retina por lo que protege los ojos contra la degeneración y la aparición de cataratas (Pérez *et al.,* 2005).

El contenido de vitamina E en el aguacate ayuda a generar anticuerpos que ayudan a protegerse contra cualquier enfermedad además también ayuda a revitalizar la piel haciéndola suave y flexible gracias a sus propiedades antioxidantes (Pérez *et al.,* 2005).

El aguacate ha destacado también por sus usos medicinales: utilizando hojas, cáscaras, semillas y corteza; industriales: extracción de aceites, como materia prima en la fabricación de champú y cosméticos como cremas, aceites, líquidos protectores y limpiadores de la piel (Pérez *et al.,* 2005).

Cuadro 2. Contenido nutrimental de 100 gr de pulpa de aguacate.

Categoría	**Cantidad**
Calorías	160
Ác. grasos (g)	Ác. grasos totales 15.4
	Colesterol 0 mg
	Saturados 6 a 22 %
	Monoinsaturados 66 a 72 %
	Poliinsaturados 8 a 11 %
Minerales (mg)	Calcio 10
	Fósforo 40
	Hierro 1.06
	Magnesio 41
	Manganeso 2.3
	Sodio 4.0
	Potasio 463
Vitaminas (mg)	A 85.0
	B1 0.11
	B2 0.2
	B6 0.45
	C 14.0
	D 10.0
	E 3.0
	K 8.0
	Niacina 1.60
	Biotina 10.0
	Ác. pantoténico 1.00
	Ác. fólico 32.0
Proteína (g)	1.7
Hidratos de carbono (g)	5.9
Fibra (g)	1.6

Fuente: Ortega-Tovar, 2003.

2.2. Importancia del aguacate y su cultivo orgánico

El aguacate es uno de los productos con más altos precios en el mercado mexicano debido a que la producción que se genera en nuestro país es enviada al extranjero. Nuestro país es el principal productor a nivel mundial de aguacate aunque no se obtienen los más altos rendimientos; México ha llegado a aportar más del 80 % del aguacate que se vende en Estados Unidos (SIAVI, 2014).

2.2.1. La agricultura orgánica

La agricultura orgánica es un sistema de producción que mantiene y mejora la salud de los suelos, los ecosistemas y las personas. Se basa fundamentalmente en los procesos ecológicos, la biodiversidad y los ciclos adaptados a las condiciones locales, sin usar insumos que tengan efectos adversos. La agricultura orgánica combina tradición, innovación y ciencia para favorecer el medio ambiente que compartimos y promover relaciones justas y una buena calidad de vida para todos los que participan en ella (IFOAM, 2014).

La agricultura ecológica, los sistemas de pastoreo y de recolección silvestre debe encajar los ciclos y equilibrios ecológicos de la naturaleza. Estos ciclos son universales pero su funcionamiento es específico del sitio. El manejo orgánico debe adaptarse a las condiciones locales, la ecología, la cultura y la escala (IFOAM, 2014).

La agricultura orgánica hace hincapié en la buena nutrición de las plantas, lo que es clave para la prevención de enfermedades. Los agricultores orgánicos utilizan cultivos de cobertera además de la rotación de cultivos para mejorar las relaciones ecológicas en el campo. Las arvenses se controlan a través de la rotación de cultivos, el acolchado, cultivos de cobertera, deshierbe manual y métodos mecánicos. Los agricultores orgánicos también se basan en diversas poblaciones de los organismos del suelo, insectos benéficos y aves para mantener las plagas bajo control (IFOAM, 2014).

Además el cultivo de estos productos bajo este sistema reduce el impacto sobre el medio ambiente aunado a que representa un paso más en el desarrollo de las áreas rurales productivas que han desarrollado alternativas incluso de turismo en el mundo.

El mercado más grande para la comercialización de productos agrícolas orgánicos se ubica en Europa ya que la demanda de los consumidores europeos se centra en garantizar la seguridad alimentaria, la práctica de marketing responsable en la comunidad y la creciente tendencia a consumir la agricultura local (IFOAM, 2014).

Un punto importante es el pago de sobreprecios a los productos orgánicos que están certificados por alguna entidad gubernamental o de carácter privado (IFOAM, 2014), esto se debe a:

- Que el suministro de alimentos orgánicos es limitado en comparación con la demanda de los mismos.
- Los costos de producción de los alimentos orgánicos son típicamente más altos a causa del empleo de una mayor cantidad de insumos de trabajo por unidad de producción.
- El manejo poscosecha tiene un mayor costo a causa de las cantidades relativamente pequeñas de alimentos orgánicos.
- La cadena de distribución y la mercadotecnia de los productos orgánicos es relativamente ineficiente además que los costos son más altos debido a los volúmenes relativamente pequeños.

Los principios de la agricultura orgánica se han creado para inspirar el movimiento orgánico en toda su diversidad (IFOAM, 2014):

1. Principio de la salud: la salud de los individuos y las comunidades no se puede separar de la salud de los ecosistemas.
2. Principio de ecología: los sistemas y ciclos ecológicos deben ser emulados y ayudar a sostenerlos; la producción se basará en los procesos ecológicos y el reciclaje.

3. Principio de imparcialidad: las personas involucradas en la agricultura orgánica deben conducir relaciones humanas que garanticen equidad.
4. Principio de cuidado: la agricultura orgánica debe ser gestionada de una manera responsable con precaución para proteger la salud y el bienestar de las generaciones futuras y el medio ambiente.

2.2.2. Antecedentes del comercio del aguacate a nivel mundial

Tomando en cuenta la importancia económica que genera el aguacate a nivel nacional e internacional, es importante conocer la oportunidad de mercado del país ante otros países productores, sobre todo porque México se posiciona como el primer exportador a nivel mundial de aguacates, siendo así, el desarrollo de la producción nacional de aguacate en términos generales se sustenta en el comercio internacional.

La época de comercialización de aguacate en California abarca todo el año, en Florida se comercializa del 20 de junio al 28 de febrero mientras la producción de Hawaii se obtiene durante todo el año con el máximo de cosecha durante marzo y abril (Téliz *et al.,* 2007).

En el Cuadro 3 puede observarse la estacionalidad de la producción de aguacate de algunos países, durante todo el año existe disponibilidad de aguacates en el mundo.

Cuadro 3. Estacionalidad de la producción de aguacate en algunos países.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
Estados Unidos												
Kenya												
México												
Nueva Zelanda												
Perú												

Fuente: Elaboración propia con datos de FAOSTAT y USDA (2015).

La producción de aguacates en Kenya tiene un incremento en los meses de abril a septiembre mientras en Nueva Zelanda se tiene una buena producción durante los meses de septiembre a febrero.

A partir de 1994 y hasta el 2014 se puede observar que el aguacate estadounidense obtiene los más altos precios en el mercado seguido del aguacate mexicano aunque se reportan precios superiores del aguacate colombiano del año 2000 a 2013. En el año 2014 los precios promedio en USD • t^{-1} de aguacate fueron de 1 962, 1 025.6 y 306.3 para el estadounidense, mexicano y dominicano respectivamente (FAOSTAT, 2016). En 2013 el aguacate estadounidense se comercializó por 2 172 USD • t^{-1} mientras el aguacate colombiano por 1 477.2 USD • t^{-1} y el aguacate mexicano por 963.8 USD • t^{-1} (FAOSTAT, 2016).

Históricamente el precio del aguacate estadounidense se ha mantenido superior al precio del mismo producto en países como Colombia, Indonesia y México. Como podemos observar en la Fig. 2 el precio más alto de comercialización de aguacate se registró durante el ciclo agrícola 2010 cuando el aguacate estadounidense alcanzó 3 031 USD • t^{-1} mientras que para ese año el aguacate mexicano se comercializó en 1 013.06 USD • t^{-1} (FAOSTAT, 2016).

Los precios más bajos registrados son los obtenidos por la República Dominicana ya que históricamente se han mantenido por debajo del resto, en 2003 el aguacate dominicano se comercializó en 158 USD • t^{-1} mientras que para ese año el aguacate mexicano se comercializó en promedio en 550 USD • t^{-1} y en 1863 USD • t^{-1} el producido en Estados Unidos (FAOSTAT, 2016).

Desde 1991, primer año en que se publican datos de precios de comercialización de aguacate por FAOSTAT, los precios del aguacate en el mercado mundial no presentan un incremento continuo sino hasta el año 2014 se registra un aumento.

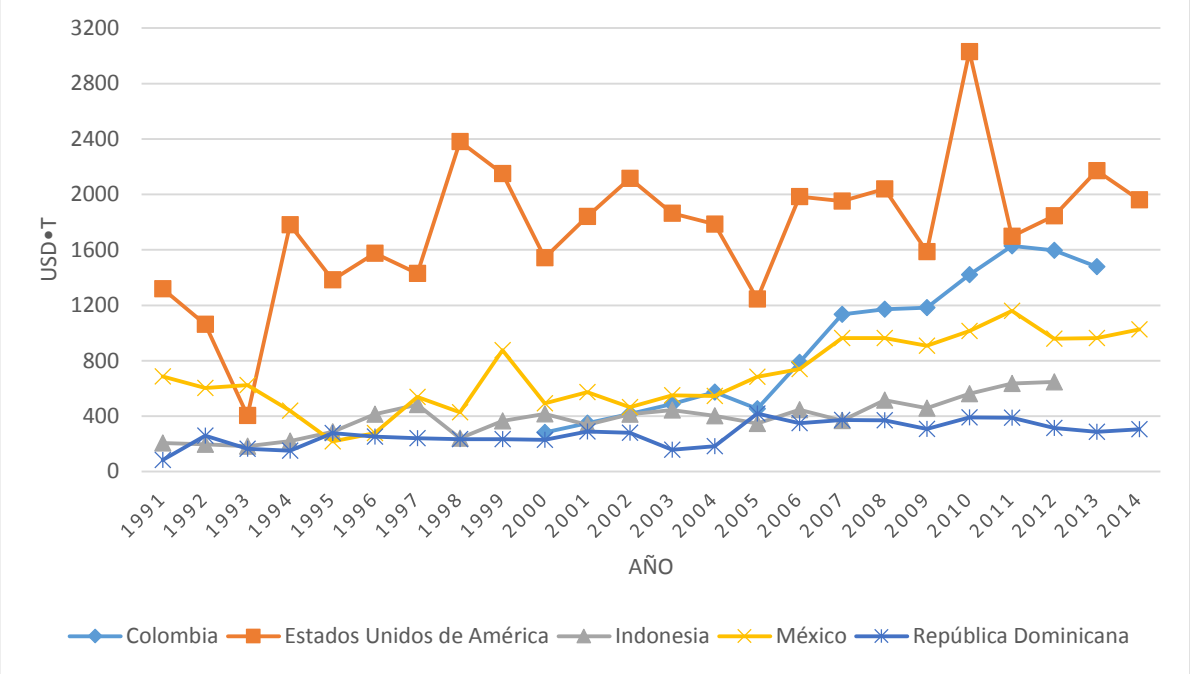


Figura 2. USD • t^{-1} de aguacate según su origen (1991-2014).

Fuente: Elaboración propia con datos de FAOSTAT 2016.

La producción mundial de aguacates ha estado en constante incremento, en contraste con los precios que no registran un incremento continuo. En los últimos 20 años la producción se ha duplicado debido al constante incremento del porcentaje de la población mundial que cambia hacia el consumo prioritario de frutas y verduras además del incremento del poder de compra en países desarrollados.

Como se observa en el Cuadro 4 durante el año 2013 se estima que a nivel mundial se produjeron 4,717,102 t de aguacate (FAOSTAT, 2016) lo que representa 2.5 veces más que en 1990 pues ese año se registró una producción de 1,849,931 t; es importante notar que en el mismo periodo de tiempo se incrementó en un 181 % la superficie cosechada (ha) y en un 140 % el rendimiento promedio (t • ha^{-1}) aunque desde 1990 se estima que productores de países como Samoa y Kenya obtenían 26.6 t • ha^{-1} y 14.7 t • ha^{-1} respectivamente (FAOSTAT, 2016).

En 2013, México produjo 686, 301 t de aguacate lo cual representó el 37 % de la producción mundial mientras que en todo el continente americano se produjo el 75.7 % del producción mundial (FAOSTAT, 2016).

Aunque se muestra un gran aumento en la superficie cosechada y en el rendimiento, si consideramos la Tasa Media de Crecimiento Anual TMCA, el rendimiento de 1990 a 1998 crecía a una TMCA superior a la de producción y del área cosechada lo que nos indica que durante estos años se comenzó con la innovación y adopción de técnicas y prácticas que permitieron aumentar los rendimientos de manera significativa, en el Cuadro 4 se muestran los datos a detalle. A partir de 1999 el rendimiento obtenido siguió creciendo aunque no con las tasas anteriores a ese año (FAOSTAT, 2016).

La TMCA del área cosechada creció en promedio 2.61 % por año mientras la TMCA del rendimiento creció 4.15 % por lo que en resumen podemos decir que de 1990 al año 2013 aumentó el rendimiento de manera sostenida y no así el área que se destinaba al cultivo de aguacate.

Cuadro 4. Producción mundial (t) y rendimiento (t• ha^{-1}) de aguacate (1990 a 2013).

Año	**Área cosechada (Ha)**	**TMCA del área cosechada (%)**	**Producción (t)**	**TMCA de la producción (%)**	**Rendimiento (t/ha)**	**TMCA del rendimiento (%)**
1990	285,674		1,849,931		6.5	
1991	294,930	**3.24**	2,042,738	**10.42**	6.9	**6.15**
1992	302,290	**2.50**	2,134,636	**4.50**	7.1	**2.90**
1993	286,922	**-5.08**	1,966,899	**-7.86**	6.9	**-2.82**
1994	295,686	**3.05**	2,056,339	**4.55**	7	**1.45**
1995	302,209	**2.21**	2,136,187	**3.88**	7.1	**1.43**
1996	304,527	**0.77**	2,235,474	**4.65**	7.3	**2.82**
1997	283,304	**-6.97**	2,201,047	**-1.54**	7.8	**6.85**
1998	304,487	**7.48**	2,331,473	**5.93**	7.7	**-1.28**
1999	316,437	**3.92**	2,494,407	**6.99**	7.9	**2.60**
2000	339,495	**7.29**	2,706,817	**8.52**	8	**1.27**
2001	330,221	**-2.73**	2,785,890	**2.92**	8.4	**5.00**
2002	341,671	**3.47**	2,949,638	**5.88**	8.6	**2.38**

Continuación del cuadro 4 ...						
Año	**Área cosechada (Ha)**	**TMCA del área cosechada (%)**	**Producción (t)**	**TMCA de la producción (%)**	**Rendimiento (t/ha)**	**TMCA del rendimiento (%)**
2004	367,429	**3.23**	3,215,543	**1.30**	8.8	**-1.12**
2005	379,891	**3.39**	3,420,354	**6.37**	9	**2.27**
2006	394,795	**3.92**	3,658,391	**6.96**	9.3	**3.33**
2007	413,118	**4.64**	3,613,378	**-1.23**	8.7	**-6.45**
2008	428,216	**3.65**	3,444,318	**-4.68**	8	**-8.05**
2009	442,475	**3.33**	3,963,179	**15.06**	9	**12.50**
2010	460,632	**4.10**	3,916,700	**-1.17**	8.5	**-5.56**
2011	472,731	**2.63**	4,266,672	**8.94**	9	**5.88**
2012	488,190	**3.27**	4,470,000	**4.77**	9.2	**2.22**
2013	516,485	**5.80**	4,717,102	**5.53**	9.1	**-1.09**
TCM por año		**2.61**		**4.15**		**1.47**

Fuente: Elaboración propia con datos de FAOSTAT.

El Cuadro 5 muestra datos del año 2013, la producción de aguacates a nivel mundial y el porcentaje que representan los principales países productores en cuanto a la superficie cosechada y la producción respecto del total; podemos observar que México fue, y ha sido históricamente, el país con una mayor superficie dedicada a la producción de aguacate pues destinaron 144, 244 ha representando el 27.93 % de la superficie mundial destinada a este cultivo.

En 2013, tan solo ocho países aportaron el 68.2 % de la producción mundial en apenas el 59.5 % de la superficie mundial destinada al cultivo del aguacate. Destaca México con el 31.12 % de la producción mundial y República Dominicana que aportó el 8.22 % de la producción mundial.

Cuadro 5. Superficie (ha), rendimiento (t) y producción (t) de aguacate de los principales países productores (2013).

País	Superficie cosechada (ha)	Superficie (% del total)	Rendimiento (ton/ ha)	Rendimiento (% del total)	Producción (ton)	Producción (% del total)
México	144,244.00	27.93	10.17	111.35	1,467,837.00	31.12
Estados Unidos	26,138.00	5.06	6.70	73.36	175,226.00	3.71
Indonesia	20,000.00	3.87	13.81	151.21	276,311.00	5.86
República Dominicana	12,922.00	2.50	29.90	327.38	387,546.00	8.22
Colombia	32,064.00	6.21	9.46	103.58	303,340.00	6.43
Chile	36,355.00	7.04	4.53	49.60	164,750.00	3.49
Brasil	9,664.00	1.87	16.20	177.38	157,482.00	3.34
Perú	25,753.00	4.99	11.19	122.52	288,387.00	6.11
Resto del mundo	209,345.00	40.53	12.36	135.37	1,496,223.00	31.72
Total	516,485.00	100.00	9.31	100.00	4,717,102.00	100.00

Fuente: Elaboración propia con datos de FAOSTAT 2015.

2.2.3. Antecedentes del comercio del aguacate mexicano

En México los principales estados productores de aguacate son Michoacán, Puebla, Morelos, Nayarit, México y Guerrero. En el país existen 279 empacadoras y comercializadoras, 14 plantas procesadoras de aguacate, pulpa y mitades, congelados, bebidas refrescantes y aceite no refinado (Téliz *et al.*, 2007).

Respecto a la mano de obra, se generan directamente 47,000 empleos, 70,000 empleos estacionales, equivalente a 10.5 millones de jornales anuales y 187,000 empleos indirectos permanentes (Téliz *et al.*, 2007).

México se encuentra entre los principales países productores y exportadores de aguacate del mundo. En la Fig. 3 se muestran algunos datos referentes a la superficie aguacatera plantada y cosechada, que como se puede observar se ha mantenido en crecimiento constante desde el año 1990 aunque la superficie que se cosecha no ha mantenido el mismo ritmo de crecimiento debido a que en el año en que se realiza la plantación de una huerta de aguacate no se obtiene cosecha (SIAP, 2016).

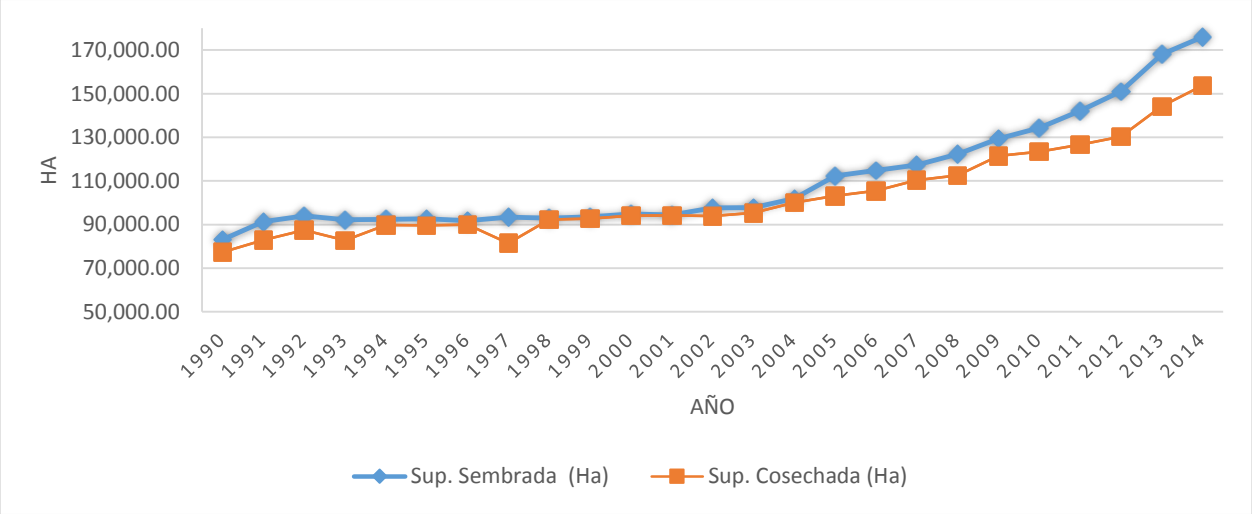


Figura 3. Superficie (ha) sembrada y cosechada con aguacate en México.
Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP, 2016.

La Fig. 4 muestra el volumen de producción de aguacate en México, podemos observar que se ha mantenido a la alza, esto debido al incremento en la superficie plantada, aunque para el año 2010 se tuvo una baja en la producción, esto debido a diversas causas entre las que se encuentran las condiciones climáticas adversas que ocasionaron una baja en el rendimiento promedio de ese año.

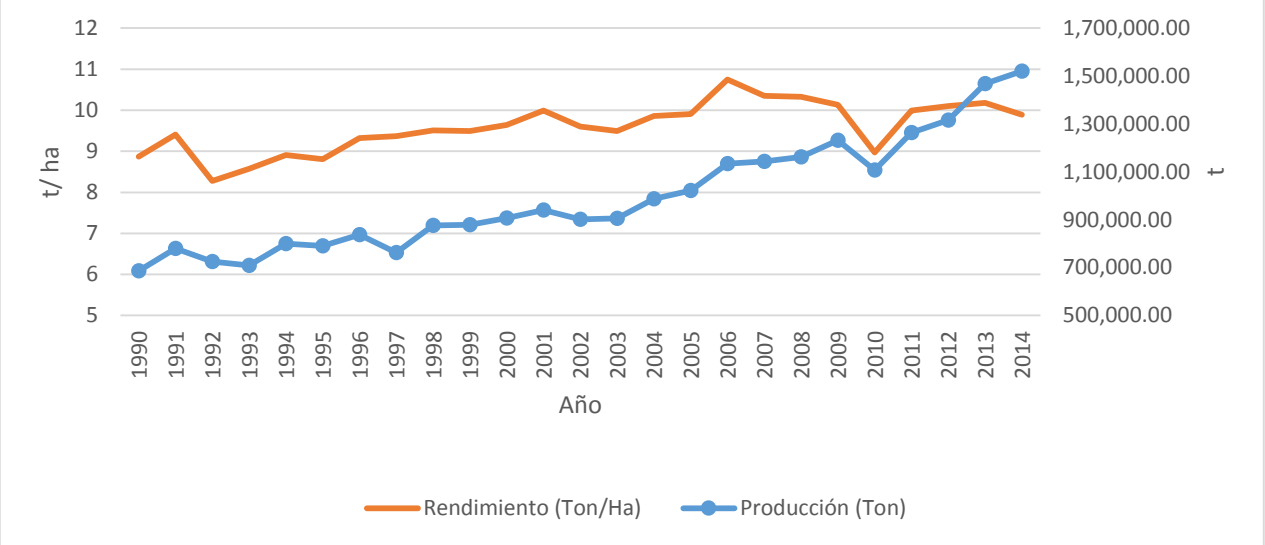


Figura 4. Producción (t) y rendimiento (t • ha^{-1}) de aguacate en México (1990 a 2014).
Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de SIAP 2016.

En los últimos años el rendimiento promedio nacional no ha aumentado comparado con años anteriores debido a que dentro del promedio también se consideran los rendimientos de las nuevas plantaciones.

Según datos reportados por el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), la producción de aguacate para el año 2013 fue de 1, 467, 837.35 t, de las cuales se produjeron 1,193,751.21 t en el estado de Michoacán, 87,367.78 t en Jalisco, 56,672.94 t en el Edo. De México, 34,345.10 t en Nayarit, por mencionar solo los más importantes. Para el año 2014 el 80.17 %, equivalente a 1, 219,553.58 t, de la producción de aguacate se produjo en el estado de Michoacán, el 6.6 % que equivale a 100,250.33 t se produjeron en Jalisco y el 13.1% restante se produjo en los 24 estados restantes en donde se reporta producción de aguacate (SIAP, 2015).

La mayor parte de la comercialización del aguacate se realiza en centros de acopio y empacadoras de inversión privada. Los centros de acopio más importantes por su mayor capacidad instalada se encuentran en Uruapan, Peribán y Tacámbaro, puesto que suman el 75 % de la producción total del estado de Michoacán (SAGARPA, 2013).

Es importante saber que aunque Michoacán es el principal productor y exportador de aguacate, los productores no obtienen el mejor precio por tonelada pues para el año 2005

obtuvieron \$7,779.87 • t^{-1} mientras los aguacateros de Durango obtenían el mejor precio: en promedio \$12,000 • t^{-1} y los aguacateros Nayaritas obtenían \$1,693.66 • t^{-1}, el precio más bajo de ese año.

Para el año 2013, el precio más alto obtenido por los aguacateros se obtuvo en Veracruz, puesto que en promedio obtuvieron \$13, 376.56 • t^{-1}; el precio más bajo se obtuvo en Yucatán y fue de \$3, 455.13 • t^{-1} mientras que en el estado de Michoacán se obtuvieron en promedio \$12,992.29 • t^{-1} en el mismo año, apenas por debajo de Veracruz y Durango.

Las Fig. 5 y 6 muestran a detalle el volumen en toneladas de la exportación e importación de aguacate mexicano a lo largo de los últimos 25 años de datos que reporta el SIAVI hasta 2016; de enero a noviembre del 2015 México exportó 892,213.34 t de aguacate siendo Estados Unidos el principal destino, en el año 2014 se exportaron 746,966.9 t de aguacate de las cuales el 81.9 % tenía como destino los Estados Unidos e históricamente el principal socio comercial aguacatero para México ha sido Estados Unidos (SIAVI, 2016).

Figura 5. Volumen (t) de aguacate exportado desde México (2003 a 2015).

Fuente: Elaboración propia con datos de SIAVI 2016.

Del año 1911 hasta el año 1997 se prohibió la entrada de aguacate mexicano a Estados Unidos argumentando este último medidas fitosanitarias de protección debido a la identificación como plaga de importancia cuarentenaria del barrenador del hueso del aguacate (*Heilipus lauri* B.) por parte del U.S.D.A.

En 1993 se autoriza la entrada de aguacate mexicano a Alaska y el 5 de febrero de 1997 se publicó la norma que permitió que el aguacate producido en los municipios michoacanos de Uruapan, Peribán, Salvador Escalante y Tancítaro se exportara durante los meses de noviembre hasta febrero a 19 estados ubicados en las zonas no aguacateras del norte de Estados Unidos. A partir del año 2001 se permite la exportación de aguacate mexicano a 31 estados de E.U. y durante el periodo de octubre a abril (JLSVSE, 2013).

En el caso México-Canadá, para ambos mercados se permite el acceso libre del aguacate procedente del otro país, México es el principal proveedor de aguacate de Canadá.

El Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), para el caso México-Estados Unidos, determina que el aguacate mexicano tiene acceso al mercado de Estados Unidos con un arancel de 0.132 USD • t^{-1}, con un periodo de desgravación de 10 años a partir de la entrada en vigor del TLC, por lo que actualmente está totalmente desgravado (SE, 2015).

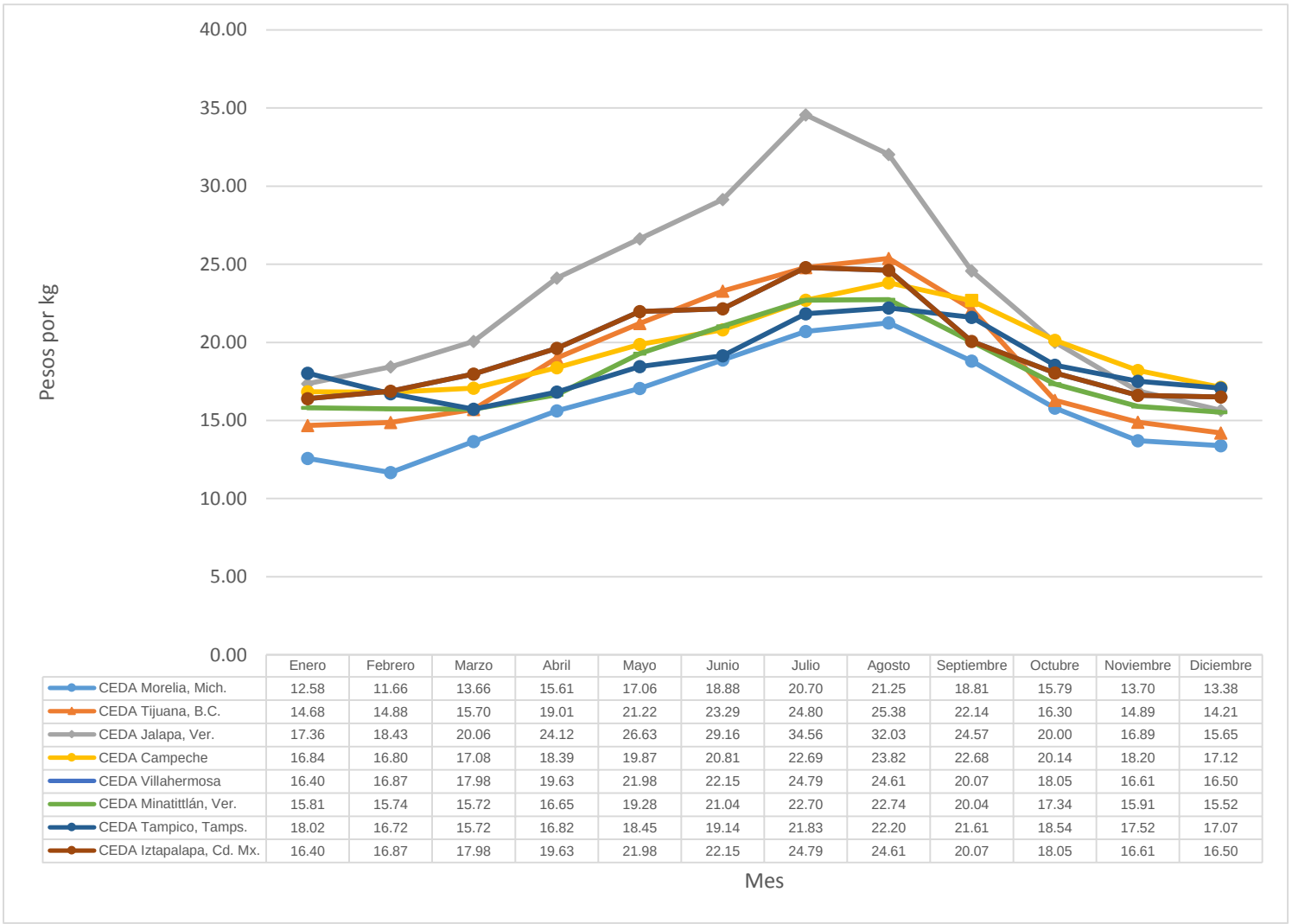
En cuanto a las importaciones de aguacate procedentes de Estados Unidos, México tuvo un arancel de 20 % con un plazo de desgravación de 10 años, así que desde el 2004 el aguacate estadounidense entra con cero aranceles; este arancel de 20 % se mantiene para los países con los que México no tiene un acuerdo de comercio.

Figura 6. Volumen (t) de aguacate importado por México (2003 a 2015).
Fuente: Elaboración propia con datos de SIAVI, 2016.

En cuanto a importaciones, la información disponible en el SIAVI va del año 2003 a noviembre de 2015. En los años 2003, 2005 y 2009 México no realizó importaciones de aguacate; en los años 2006, 2010 y 2013 se realizaron las mayores importaciones destacando el año 2010 cuando se importaron 6, 597.7 t de aguacate proveniente únicamente de Estados Unidos (SIAVI, 2016).

2.2.3.1. Comercialización en Centrales de Abasto

En México existen 64 Centrales de Abasto (CEDA) en las cuales ingresan en promedio 2, 430 vehículos y 3, 685 personas en temporada baja mientras que a cada central en temporada alta ingresan 3, 803 vehículos y 7, 526 personas además que en estos centros se comercializa el 29.6% de las frutas y hortalizas (CONACCA, 2016) por lo que es importante conocer en estos el comportamiento de los precios del aguacate.



	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
CEDA Morelia, Mich.	12.58	11.66	13.66	15.61	17.06	18.88	20.70	21.25	18.81	15.79	13.70	13.38
CEDA Tijuana, B.C.	14.68	14.88	15.70	19.01	21.22	23.29	24.80	25.38	22.14	16.30	14.89	14.21
CEDA Jalapa, Ver.	17.36	18.43	20.06	24.12	26.63	29.16	34.56	32.03	24.57	20.00	16.89	15.65
CEDA Campeche	16.84	16.80	17.08	18.39	19.87	20.81	22.69	23.82	22.68	20.14	18.20	17.12
CEDA Villahermosa	16.40	16.87	17.98	19.63	21.98	22.15	24.79	24.61	20.07	18.05	16.61	16.50
CEDA Minatitlán, Ver.	15.81	15.74	15.72	16.65	19.28	21.04	22.70	22.74	20.04	17.34	15.91	15.52
CEDA Tampico, Tamps.	18.02	16.72	15.72	16.82	18.45	19.14	21.83	22.20	21.61	18.54	17.52	17.07
CEDA Iztapalapa, Cd. Mx.	16.40	16.87	17.98	19.63	21.98	22.15	24.79	24.61	20.07	18.05	16.61	16.50

Figura 7. Promedio mensual ($• kg^{-1}) de aguacate 'Hass primera' (1998 a 2015) en CEDAs.

Fuente: Elaboración propia con datos reportados por SNIIM 2016.

En la Central de Abasto de Xalapa, en Veracruz, el precio del aguacate se mantiene históricamente más alto debido a que el reporte publicado por el Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados SNIIM indica que ese aguacate comercializado proviene casi exclusivamente de Michoacán y una pequeña parte de Puebla así que el precio se eleva debido al gasto en transporte que implica mover el producto desde su lugar de producción.

También en Veracruz, en la CEDA de Minatitlán los precios más altos respecto a la venta de aguacate se alcanzan en promedio entre los meses de julio y agosto mientras que los meses en que el aguacate se comercializa a un menor precio son diciembre, febrero y marzo ya que en promedio un kg de aguacate en esos meses se vende en $ 15.52, $ 15.74 y $ 15.72 respectivamente.

En el caso de los precios de venta de aguacate en la CEDA de Tijuana se mantienen sobre los precios obtenidos en CEDA del centro del país debido a la lejanía entre estos y los precios no son tan altos comparados con la CEDA de Xalapa debido a la diversidad de procedencia del aguacate ya que en Tijuana se comercializa aguacate proveniente de Michoacán, Nayarit, Jalisco y Durango.

Los precios obtenidos por la comercialización de un kg de aguacate en la CEDA de Campeche alcanzan un promedio de $ 22.69, $ 23.82 y $ 22.68 durante los meses de julio, agosto y septiembre respectivamente. Los meses en los que se registra un precio menor son enero y febrero.

En la CEDA Villahermosa los precios más altos se alcanzan durante los meses de julio y agosto con hasta $ 24.79 por kg de aguacate y el precio más bajo es el obtenido en enero pues un kg se vende en promedio a $ 16.4. El aguacate que se comercializa en esta central de abastos proviene casi exclusivamente de Michoacán aunque una pequeña parte proviene de la Ciudad de México.

En la CEDA de Tampico, en Tamaulipas, el aguacate tiene sus mayores precios en los meses de julio y agosto mientras que los precios más bajos en promedio se registran en los meses de febrero y marzo.

Hablando en precios corrientes en la CEDA de Iztapalapa en 1998 se podía comprar un kg de aguacate 'Hass primera' con $ 6 en promedio, para el año 2004 en promedio se vendía a $ 10.55 el kg del mismo y para el 2015 el mismo producto tuvo un costo promedio de $ 20.46.

De manera general, en las Centrales de Abasto del país en promedio se registran los precios promedios más altos de aguacate en los meses de julio y agosto comenzando a disminuir en el mes de septiembre llegando a los precios más bajos en los primeros meses del año y a partir de abril comienzan nuevamente a aumentar los precios.

2.2.4. Aguacate orgánico a nivel mundial

Los resultados de la última encuesta sobre la certificación de la agricultura orgánica en todo el mundo arrojó que aproximadamente 43.1 millones de ha de tierras agrícolas son manejadas orgánicamente por alrededor de dos millones de productores (FiLB- IFOAM, 2015).

Las regiones con las mayores extensiones destinadas a la agricultura orgánica son Oceanía con 17.3 millones de ha (equivalente al 40 % del cultivo orgánico mundial), Europa con 11.5 millones de ha (equivalente al 27 % de las tierras de cultivo orgánico mundial) y América Latina con 6.6 millones de ha equivalentes al 18 % de la superficie orgánica mundial (FiLB- IFOAM, 2015). En la Fig. 8 se observa la superficie orgánica para el caso de los países con mayor superficie.

A nivel mundial, el área bajo cultivo orgánico aumentó un 6 %, casi 6 millones de ha, en comparación con el área de 2012 principalmente debido a un importante aumento de la superficie orgánica en Australia. En la actualidad, los países con mayor superficie bajo cultivo orgánico son Australia con 17.1 millones de ha, Argentina con 3.2 millones de ha y Estados Unidos con 2.2 millones de ha (FiLB- IFOAM, 2015).

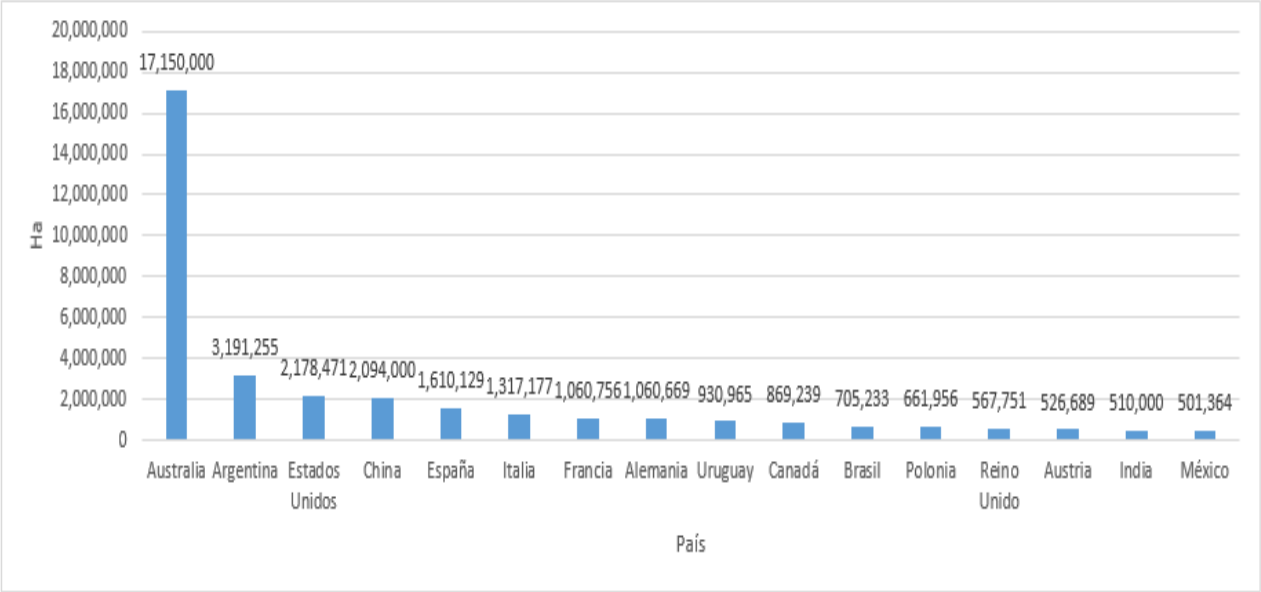


Figura 8. Superficie (ha) bajo producción orgánica o en transición.

Fuente: Elaboración propia con datos de FiLB- IFOAM.

Como se observa en la Fig. 9 los países con el mayor número de productores orgánicos son India, Uganda y México.

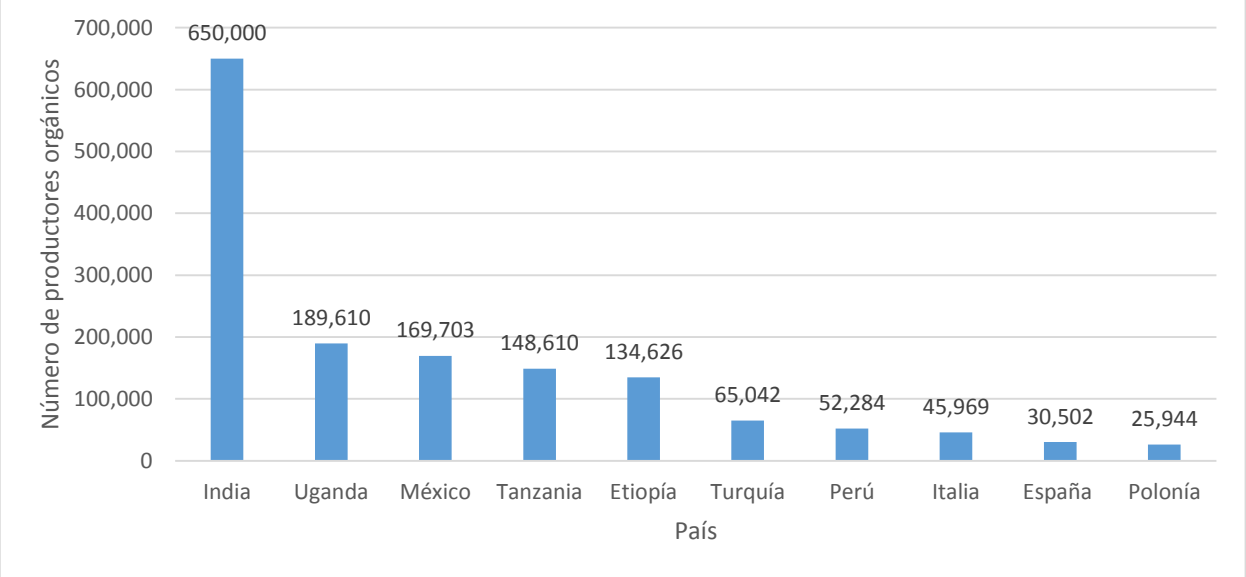


Figura 9. Número de productores orgánicos en algunos países (2013).

Fuente: Elaboración propia con datos de FiLB.

Para el caso específico de la producción orgánica de frutas tropicales y subtropicales en el mundo se destinan 209,000 ha; los cinco países productores de frutas tropicales más importantes del mundo son India, China, Uganda, Brasil y Filipinas pues todos ellos cultivan más de un millón de hectáreas bajo esta modalidad para producir frutas tropicales y subtropicales. (FiLB- IFOAM, 2015).

De 2004 a 2013 el área para producción orgánica de frutas tropicales se ha quintuplicado; sin embargo una gran parte del incremento de las cifras de producción en los últimos años debe atribuirse a una mayor disponibilidad de datos por parte de los gobiernos (FiLB- IFOAM, 2015).

Según la clasificación de FiBL- IFOAM en el caso del aguacate orgánico para el 2013 se tenía un área cultivada de 44,862 ha, lo que para ese año representó el 22 % de las frutas tropicales y subtropicales orgánicas (FiLB- IFOAM, 2015).

2.2.5. Aguacate orgánico en México

México en uno de los gigantes orgánicos de América Latina. Su marco legal integral orgánico, construido en un proceso participativo y el gobierno apoyan a fortalecer el sector orgánico en varios estados de México (FiLB- IFOAM, 2015).

Los productores orgánicos más grandes para los cuales los datos de la superficie orgánica estaba disponible (México, República Dominicana, Filipinas y Turquía) tienen más de 20,000 ha. México, República Dominicana y Turquía también tienen una alta producción de frutas tropicales (FiLB- IFOAM, 2015). En el caso de México, esto se debe principalmente a la alta producción de mangos y aguacates.

En México se cultivan 57,266 ha para la producción orgánica de cultivos tropicales y subtropicales que pueden ser aguacate (*Persea americana*), plátano *(Musa paradisiaca)*, algarrobo (*Ceratonia siliqua*), anacardo (*Anacardium occidentale*), higo (*Ficus carica*), guayaba (*Psidium guajava*), litchi (*Litchi chinensis*), mango (*Magnifera indica)*, persimonio (*Dyospiros kaki*), piña (*Ananas comosus*), papaya (*Carica papaya*), pitahaya (*Hylocereus* spp.) y granada roja (*Punica granatum*) (FiLB- IFOAM, 2015).

El sobreprecio promedio del aguacate orgánico a lo largo de la cadena de comercialización alcanza el 90 %, con un mínimo de un 64 % a nivel del productor y un máximo de 140 % a nivel de mayorista (Fundación Produce Michoacán, s.f.). La diferencia se hace mayor conforme aumenta la cercanía al consumidor. Mayoristas y minoristas presentan los mayores sobreprecios y márgenes de ganancia de toda la cadena de comercialización con porcentajes superiores al 100 % (Fundación Produce Michoacán, s.f.).

2.3.6. El cultivo orgánico en México

A finales de 1980 los países desarrollados comenzaron a demandar productos tropicales y de invierno producidos de manera orgánica estimulando de esta manera la práctica de la agricultura orgánica en México. El cultivo orgánico comenzó en zonas donde no se aplicaban productos de síntesis química, principalmente en terrenos donde cultivaban pequeños productores de origen indígena y que se encontraban organizados (Gómez *et al.,* 2006*)*.

Aunque la agricultura orgánica es vista como una de las mejores opciones para mitigar los impactos negativos atribuidos a la agricultura convencional, los hallazgos dan cuenta de la presencia de un conjunto de problemas; en el aspecto técnico se detectaron claramente las limitaciones que frenan el desarrollo del sector orgánico de México; según la percepción de los principales involucrados, el problema son la baja investigación, generación de información técnica y de insumos además de formación de profesionales en sistemas de manejo orgánico. Las consideraciones de tipo económico son para la mayoría de los productores el factor más importante en el proceso de decisión para incorporarse a la producción orgánica (Gómez *et al.,* 2010).

México es uno de los 20 principales productores de alimentos orgánicos en el mundo con 520,000 ha de terreno dedicadas a la agricultura orgánica; es el productor y exportador de café orgánico y el tercer productor de miel orgánica. Otros cultivos orgánicos producidos en México son maíz, cacao, aguacates, semillas de ajonjolí, nopal verdura,

vainilla y productos lácteos (Salcido, 2011). En la última década se han abierto decenas de tianguis y mercados de agricultores para productos orgánicos en diferentes estados como Oaxaca, Veracruz y Chiapas, donde se concentran más de 500 pequeños productores para vender sus productos (Salcido, 2011).

La agricultura orgánica se vincula mayormente a pequeños agricultores caracterizados por su estado de pobreza y de marginación, a los grupos indígenas y productores de escasos recursos pues de los 128,862 productores orgánicos ubicados, 99.95 % son pequeños agricultores, 82.77 % pertenece a algún grupo indígena y el 34.6 % son mujeres (Gómez *et al.,* 2010). La actividad dominante dentro de la producción orgánica se refiere a la producción agrícola orgánica, puesto que en ésta se concentra el 91.6 % de las unidades y 97.2 % de los productores (Gómez *et al.,* 2010).

Uno de los grandes mitos de la producción orgánica, no solamente en México sino en todo el mundo, es el supuesto de que al dejar de utilizar insumos de síntesis química se reducen los rendimientos. La experiencia mexicana indica que eso no necesariamente es cierto y que es posible obtener rendimientos mayores que en la producción convencional cuando se logran concretizar esfuerzos colectivos para cubrir las necesidades de formación y capacitación en escuelas propias de las organizaciones de productores, y se rescatan y aplican los conocimientos ancestrales de tecnologías de producción (Gómez *et al.,* 2010).

La producción orgánica de México se destina en 85 % al mercado de exportación. Como en el caso de los productos convencionales, se exportan productos que no producen los países importadores, que generalmente son países desarrollados.

Entre los productos más exportados están el café, las frutas, las hortalizas (en invierno), y otros que ocupan mucha mano de obra, como el ajonjolí. Los países a los que principalmente se exportan los productos orgánicos mexicanos son Estados Unidos, Alemania, Holanda, Japón, Inglaterra y Suiza, entre otros (Gómez y Gómez, 2004).

La importancia de la agricultura orgánica para México radica en que se encuentra vinculada a los sectores más pobres del ámbito rural, a la recuperación y conservación ecológica de los recursos naturales, al mejoramiento de los ingresos y la calidad de vida de los productores, y, en general, con un desarrollo rural más incluyente (Gómez y Gómez, 2004).

2.5. Principios agroecológicos

Además de la sustitución de insumos de síntesis química es adecuado seguir los principios agroecológicos que se enlistan por Altieri (2009):

1. Diversificación vegetal y/o animal a nivel de especies o genética en tiempo y en espacio.
2. Reciclaje de nutrientes y materia orgánica, optimización de la disponibilidad y balances del flujo de nutrientes.
3. Provisión de condiciones edáficas óptimas para crecimiento de cultivos manejando materia orgánica y estimulando biología del suelo.
4. Minimización de pérdidas de suelo y agua manteniendo cobertura del suelo, controlando la erosión y manejando el microclima.
5. Minimización de pérdidas por insectos, patógenos y malezas mediante medidas preventivas y estímulo de fauna benéfica, antagonistas, alelopatía, etc.
6. Explotación de sinergias que emergen de interacciones planta-planta, plantas animales y animales-animales.

Dichos principios pueden tomar diversas formas tecnológicas de acuerdo a las condiciones ambientales y socioeconómicas que se encuentran en lugar donde se plantea el diseño. Al final, el objetivo es integrar todos los componentes del ecosistema de manera que se logre aumentar la eficiencia biológica general, optimizar los procesos ecológicos, además de mantener la capacidad productiva y autosuficiente del agroecosistema (Altieri, 2009).

Entre los procesos más importantes que deben optimizarse en el agroecosistema, Altieri (2009) menciona:

- Fortalecer la inmunidad del sistema (funcionamiento apropiado del sistema natural de control de plagas)
- Optimizar la función metabólica (descomposición de la materia orgánica y ciclaje de nutrientes)
- Aumentar y sostener la productividad en el largo plazo.

2.6. Manejo orgánico del aguacate

2.6.1. Inicio de la plantación

Los suelos recomendados para el establecimiento de un huerto de aguacate son los de textura ligera, profundos, de buen drenaje y con un pH entre 5.5 a 7.0 debido a que este cultivo es muy sensible a la salinidad, aunque también puede cultivarse en suelos arcillosos o franco arcilloso siempre que exista un buen drenaje con alto contenido de materia orgánica (3.5 a 4 %) y buena fertilidad (Sánchez *et al.*, s.f.).

La producción de planta de aguacate en México está basada en el uso de portainjertos originados por semilla, sin embargo, la variabilidad presente en huertos de un cultivar puede ser ocasionada por el uso de portainjertos de semilla y puede manifestarse como una mayor susceptibilidad a enfermedades, plagas, sequía, salinidad, desórdenes nutrimentales, alternancia productiva, etc. (Salazar *et al.*, 2004).

El uso y desarrollo de portainjertos tiene la finalidad de poder cultivar árboles bajo condiciones adversas del suelo o para conferir a la variedad alguna cualidad de interés agronómico. En aguacate se emplean principalmente portainjertos resistentes a la pudrición radical causada por *Phytophthora cinnamomi* Rands, a suelos con problemas de salinidad y reducir el porte de los árboles (Muñoz y Rogel, 1997).

Para lograr la uniformidad genética de un portainjerto seleccionado de aguacate es necesario recurrir a su propagación clonal lo cual puede contribuir a obtener cosechas redituables en condiciones de cultivo en donde los portainjertos comerciales comunes no prosperan (Salazar *et al.*, 2004).

En México, el método más común y recomendable para la obtención de portainjertos es la producción en vivero de plantas a partir de semillas de árboles nativos.

2.6.2. Huerta en producción

2.6.2.1. Manejo de la cobertura del suelo

En la mayoría de los países en desarrollo, el pequeño agricultor y su familia suelen consumir más de un 40 % de su tiempo en faenas de deshierbes manuales para combatir las malezas, lo cual limita la productividad agrícola y la mejora del nivel cultural del agricultor y su familia. También se ha comprobado que los deshierbes manuales no siempre brindan el mejor beneficio al agricultor, ya que con mucha frecuencia se ejecutan fuera del denominado período crítico de malezas, o sea cuando gran parte del daño de las plantas indeseables está ya realizado (FAO, s.f.).

El mantenimiento de una cobertura viva en todo el suelo del huerto o entre hileras de los árboles es una práctica común de manejo de malezas en huertos, especialmente aquellos ubicados en laderas o en áreas donde haya peligro de erosión del suelo. La cobertura puede competir con los árboles por nutrientes y humedad del suelo cuando estos recursos son limitados por lo tanto es necesario “chapotear” o cortar de forma mecánica de modo que las malezas estén controladas para que la competencia de la cubierta con los árboles no sea demasiado severa (Terry, s.f.)

Cuanto menos cubierto esté el suelo con vegetación, mantillo o residuos de cultivos, más expuesto estará al impacto de las gotas de lluvia. Cuando una gota de lluvia golpea el suelo descubierto, la energía cinética del impacto de la velocidad final desprende

partículas individuales de los terrones del suelo. Estas partículas pueden cerrar los poros de la superficie y formar en la superficie capas finas impermeables de sedimentos, denominadas costras superficiales (FAO, s.f.).

Las coberturas de suelo pueden ser diferenciadas de acuerdo a su manejo: mantillos o cobertura muerta (vegetales y no vegetales), residuos de cultivos, cultivos de cobertura y vegetación natural. El mantillo o cobertura muerta es material vegetativo es usualmente recogido en un área y aplicado en otra área que es la que va a ser usada para la producción, principal desventaja de aplicar mantillo es el costo de la mano de obra para recogerlo, transportarlo y aplicar la cobertura. Los residuos de cultivos dejados sobre el suelo conducen a una alta agregación del suelo, porosidad más alta y mayor número de macroporos y, por ende, facilitan la infiltración del agua de lluvia. Su descomposición depende de la actividad de los microorganismos por lo que mientras se mantienen sobre el suelo disminuyendo de la escorrentía y permitiendo más tiempo para la infiltración (FAO, S.F.a).

Los cultivos de cobertura son sembrados para producir una densa cobertura, la cual es usualmente eliminada y dejada sobre la superficie para proteger al suelo. Los cultivos de cobertura pueden crecer en asociación con cultivos perennes o con cultivos anuales intercalados (FAO, s.f.a).

Las plantas de cobertura se pueden usar para inhibir el crecimiento de malezas y han sido ampliamente recomendadas, entre las más recomendables están: *Crotalaria juncea* L., C*rotolaria striata* D., C. *usaramoensis*, *Indigofera endecaphylla* Jacq., *Phaseolus trinervius* W., *Vigna radiata* L. y *Vigna sinensis* L. (Terry, s.f.).

Los procesos biológicos que mejoran la estructura del suelo son principalmente aquellos que tienen por objetivo un incremento de la materia orgánica del suelo. El material orgánico adicionado al suelo incrementará la actividad biológica. Los microorganismos usan la materia orgánica como alimento. Los productos de deshechos producidos por los microorganismos se convierten en materia orgánica (FAO, s.f.a).

2.6.2.2. Poda

Es importante considerar que posterior a la plantación los arboles comienzan a crecer de tal modo que de manera natural se reducirá el espacio entre ellos y por lo tanto se obstruirá la penetración de luz solar en los estratos inferiores del árbol por lo que comenzarán a reducirse los rendimientos y aumentar la presencia de plagas y enfermedades debido a la creación de microclimas favorables para estos. Se han descrito al menos siete tipos de brotes en el aguacatero, sin embargo, los brotes silépticos y prolépticos afectan el rendimiento potencial que se puede obtener. Ambos brotes crecen en forma lateral, los brotes prolépticos nacen desde una yema lateral que tuvo un receso vegetativo y se puede distinguir con reconocer el anillo de yemas que se forma en la base de este brote mientras que en un brote siléptico no se encuentra dicho anillo debido a que nace desde otro brote principal en crecimiento simultáneo (Salvo y Martínez, 2008).

El brote proléptico es normalmente un brote corto que desarrolla un grupo de hojas, cuando vuelve a crecer origina un nuevo brote proléptico desde la yema apical, pierde sus hojas y sólo se ven las hojas del brote nuevo. Consecuencia de esto las hojas, flores y frutos se ubican en el último crecimiento de la rama proléptica. Estos brotes se estimulan mediante podas ligeras siempre por encima de la inserción de ramas laterales para evitar que broten las yemas y reemplacen pronto al segmento podado.

El brote siléptico crece en forma simultánea con el brote principal que lo origina sin formación previa de una yema en reposo por lo que este tipo de ramas ocupan un mayor volumen en el árbol y ubica sus hojas en la punta de cada uno de los brotes que se originaron. Generalmente se denominan “chupones” a este tipo de ramas. Este tipo de brotes se desarrollan mediante cortes de poda severa en brotes o troncos vigorosos (Salvo y Martínez, 2008).

2.6.2.1.1. Poda de formación

A los tres años posteriores a la plantación se realiza la poda de formación que consiste en evitar el desarrollo de tallos múltiples quitando chupones y ramas que emerjan pegadas al injerto o por debajo de él. Es recomendable dejar entre tres y cuatro ramas principales orientadas hacia cada punto cardinal a fin de facilitar operaciones y obtener el máximo aprovechamiento. Durante los primeros años se debe estimular la brotación vegetativa con brotes de tipo siléptico para obtener el sistema de conducción deseado. Para que el árbol entre en producción deben hacerse podas a principios de otoño en los brotes vigorosos del tipo siléptico, esto remueve la yema apical y con ello auxinas que inhiben el desarrollo de las yemas laterales del brote por lo que se estimula la brotación durante la primavera. El despunte de estos brotes en forma tardía no permite el desarrollo de yemas florales en la siguiente primavera (Salvo y Martínez, 2008).

2.6.2.1.2. Poda de mantenimiento

A partir de la producción no deben hacerse podas fuertes ya que esto ocasiona una disminución en la floración del siguiente ciclo y por consecuencia una disminución en la producción. Se deben podar las ramas basales más cercanas al suelo a 1 m de altura, también debe de eliminarse el brote apical y los brotes terminales de las ramas laterales para facilitar el manejo fitosanitario. Esta poda puede realizarse después de la cosecha (Morales *et al.,* s.f.).

En el caso de ramas horizontales que han sido afectadas es necesario podar, desde el punto de vista técnico, porque estas estructuras pueden reducir el transporte de agua y carbohidratos en forma proporcional al daño que recibieron aunque la producción de fruta en arboles con ramas parcialmente dañadas puede ser una opción para mantener un determinado nivel de ingresos económicos antes de podar (Morales *et al.,* s.f.).

2.6.2.1.3. Poda de rejuvenecimiento

Es necesario realizar este tipo de poda cuando las copas de los arboles ya cubren todo el espacio entre ellos además de que seguramente ha disminuido el rendimiento.

La Fundación Produce recomienda que esta poda se realice eliminando todas las yemas de manera que solo queden troncos de 1.0 a 1.5 m de altura siempre cortando por encima de la zona de injerto para evitar brotes de los portainjertos o patrones.

Esta práctica puede realizarse en líneas alternas que se podarán durante años sucesivos para no disminuir la producción de la huerta (Morales *et al.,* s.f.).

2.6.2.3. Manejo de la nutrición

La demanda nutrimental de éste cultivo es variable durante su desarrollo. Esta depende de la edad del árbol, etapa fenológica, y la variedad, etc. Por ejemplo, en la variedad 'Hass' los mayores requerimientos de nitrógeno y potasio se presentan en la floración y fructificación y de fósforo en la floración temprana (Anónimo, s.f.).

Para poder hacer una fertilización adecuada se debe de realizar un análisis de suelo, esto indicará las condiciones en las que se encuentra el suelo y el contenido de nutrientes en el mismo, además de la disponibilidad de estos para las plantas. Los análisis de suelo deben hacerse con suficiente tiempo, alrededor de seis meses antes de la siembra, para permitir tanto el acondicionamiento del suelo como de los fertilizantes a ser aplicados y aprovechados (Anónimo, s.f.).

Para cubrir los requerimientos de nutrimentos, en la agricultura orgánica y agroecológica se utilizan, entre otras, rocas minerales, preparados y organismos biofertilizantes.

Las harinas integrales de rocas molidas preparadas a base de salitres, guanos, ostras, fosforitas, apatitas, granitos, basaltos, micaxistos, serpentinitos, zeolitas, marmolinas, bauxitas, etc., fueron la base de los primeros fertilizantes usados en la agricultura, representando los elementos minerales esenciales para el equilibrio nutricional de las

plantas a través del suelo, ricas en más de setenta elementos necesarios a la alimentación y al mantenimiento del equilibrio nutricional de la salud de las plantas, aves y animales, entre los cuales destacan: silicio, aluminio, hierro, calcio, magnesio, sodio, potasio, manganeso, cobre, cobalto, zinc, fósforo, azufre (Restrepo, 2007).

La utilización de las técnicas biológicas o biotecnológicas de las fermentaciones nos permite, con mucha facilidad, la preparación y la aplicación foliar de forma eficiente de la harina de rocas minerales para corregir los desequilibrios nutricionales (Restrepo, 2007).

Una de las grandes ventajas del uso de harinas de roca es que el suelo es reconstruido y mejorado en forma constante por este fertilizante natural, ya que se normaliza progresivamente, es decir, muestra a los nutrimentos reunidos en la combinación más favorable (Restrepo, 2007).

Respecto a los organismos biofertilizantes es necesario aclarar que aunque el término biofertilizante se empleó inicialmente para facilitar el registro de cepas con fines comerciales, algunos autores mencionan que el término debería ser eliminado ya que sólo algunos microorganismos cumplen estrictamente con la función de incorporar nuevos nutrientes a los ecosistemas, básicamente los microorganismos fijadores de nitrógeno (Bashan, 1998).

Los microorganismos poseen una gran diversidad de mecanismos a través de los cuales promueven el crecimiento de las plantas. En función de estos mecanismos se reconocen cuatro grandes grupos de microorganismos promotores del crecimiento vegetal (Aguado, 2012):

a) Microorganismos que incorporan nitrógeno al sistema planta-suelo mediante la fijación biológica de nitrógeno.

Los fijadores de nitrógeno más eficientes son bacterias que pertenecen a los géneros *Rhizobium, Sinorhizobium, Mesorhizobium, Bradyrhizobium, Azorhizobium* y *Allorhizobium.*

b) Microorganismos que incrementan la captación de nutrientes y agua.

En esta categoría se pueden mencionar a las micorrizas que juegan un importante papel en absorción de agua, fósforo, zinc, azufre y cobre además de bacterias como *Azospirillum* spp., que incrementan la capacidad de absorción de agua y nutrientes por las plantas mediante la estimulación de su crecimiento radical a través de la producción de hormonas.

c) Microorganismos que aumentan la disponibilidad de nutrientes que se encuentran en el suelo en formas no asimilables.

En esta categoría se incluyen microorganismos que solubilizan fósforo mediante la producción de fosfatasas o ácidos orgánicos (*Bacillus megaterium* o *Pseudomonas fluorescens*), bacterias capaces de oxidar el azufre con la finalidad de convertirlo en azufre elemental o cualquier forma reducida de este elemento a sulfatos que son la forma aprovechable por las plantas, y microorganismos productores de sideróforos, como algunas especies de los géneros *Pseudomonas, Bacillus* y *Flavobacterium* que incrementan la disponibilidad de hierro a las plantas.

d) Microorganismos que poseen actividades antagónicas contra agentes fitopatógenos.

Este mecanismo se sustenta en el hecho de que una planta sana se alimentará y funcionará mejor, además de que será capaz de amortiguar más eficientemente el efecto de deficiencias nutricionales o el impacto de condiciones ambientales adversas. En este grupo se reconocen las propiedades de biocontrol de diferentes especies de *Pseudomonas* spp*, Bacillus* spp*, Serratia* spp*, Curtobacterium* spp y *Trichoderma* spp, entre otros.

2.6.2.4. Principales plagas

2.6.2.4.1. Trips (Heliothrips *haemorroidalis, Frankliniella* spp, *Liothrips perseae*) (Homoptera: Thrypidae, Cicadellidae)

Son insectos de hasta 2 mm de longitud, poseen un color desde amarillento hasta verde pálido dependiendo de su alimentación, poseen dos pares de alas que pueden llegar a cubrir el abdomen, son muy estrechos y en sus márgenes poseen pelos muy finos, su aparato bucal es de tipo raspador chupador y presentan cinco etapas en su desarrollo: huevo, estadios larvarios primero y segundo, prepupa, pupa y adulto (Morales *et al.*, s.f.). Las ninfas son blanquecinas o amarillentas de ojos rojos. Los huevecillos son incoloros cubiertos con una sustancia grasosa y excremento que la hembra arroja para protegerlos. El ciclo biológico dura de 33 a 38 días (Ramírez *et al.*, 1996).

Este insecto succiona savia de los brotes tiernos o de las inflorescencias lo que ocasiona malformaciones, inhibe la fecundación de flores al dañar los órganos sexuales, provoca la caída de frutos recién formados y si el fruto llega a maduración son visibles los daños ocasionados a la cáscara debido a la raspadura que ocasiona durante su alimentación (Morales *et al.*, s.f.).

Se hospeda en arvenses de floración abundante como son el árnica (*Arnica montana* L.), mozote (*Bidens pilosa* L.), gigantón (*Tithonia tubiformis* Jacq.), etc.

2.6.2.4.2. Araña roja (*Oligonychus punicae* Hirst y *O. perseae* Hirst) (Acari: Tetranychidae)

Ácaro de color café rojizo, apenas perceptible a simple vista. Se establece en colonias dentro de una telaraña para evitar su caída. Las ninfas y adultos de ambos ácaros raspan el haz y envés de las hojas respectivamente por lo que el daño comienza con puntos rojizos que se distribuyen por toda la hoja hasta llegar a ocasionar un bronceado total (Martínez *et al.*, 1996).

Cuando se incrementa la población de arañas se alimentan de todas partes del árbol con excepción del tronco y ramas. Las arañas rojas están presentes durante todo el año aunque la incidencia aumenta durante la época de secas debido a que el viento y la tierra suelta favorecen su desplazamiento (Morales *et al.*, s.f.).

Sin algún tipo de manejo, los árboles de un huerto infestado pueden presentar defoliación, debilitamiento general con frutos poco desarrollados y escasos.

2.6.2.4.3. Barrenador de ramas (*Coptus aguacatae* Kissiger) (Coleoptera: *Curculionidae:* Zygopinae)

El adulto es un picudo rojizo de cuerpo robusto y corto, los machos tienen una longitud de 4 mm y 2 mm de ancho mientras las hembras alcanzan hasta 5.2 mm de largo.

La hembra hace orificios en ramas terminales y expuestas a los rayos del sol colocando un huevecillo por orificio. El huevecillo es de forma ovalada de 0.3 mmm de ancho y 0.5 mm de largo de color gris y textura lisa (Martínez *et al*., 1994).

La larva es de tipo escarabiforme de color blanco lechoso y de hasta 12.5 mm, las mandíbulas son gruesas, al nacer la larva se alimenta de la madera hasta llegar a la médula de donde comienza a desplazarse mediante galerías hasta que comienza su etapa de pupa. Donde comienzan las galerías se observan puntos blancos de consistencia polvosa. En ramas gruesas y troncos las larvas no penetran más de dos cm de profundidad, el siguiente estadio es una pupa alargada de 6 a 8 mm de longitud y de hasta 2.5 mm en su parte ancha, recién formadas tienen una coloración blanca que con el paso del tiempo se torna color beige (Morales *et al.*, s.f.).

La duración completa del ciclo de *C. aguacatae* es de 169 a 192 días (Martínez *et al*., 1994). Los adultos son de hábitos diurnos y sus movimientos muy rápidos, para su alimentación preferirán las hojas tiernas del aguacate ocasionando raspaduras.

Las ramas afectadas comúnmente se defolian y tiran las flores aunque las ramas barrenadas con frutos se desgajan debido al peso y a la fragilidad.

Para realizar un muestreo se elige un árbol representativo y se inspeccionan principalmente las ramas más expuestas, el porcentaje de infestación se expresará a nivel de número de árboles infestados (Martínez *et al*., 1994).

2.6.2.4.4. Barrenador pequeño del hueso de aguacate (*Conotrachelus perseae* Berber) (Coleoptera: Curculionidae: Cryptorhynchinae).

El adulto es un picudo de hasta 7 mm color café oscuro, la hembra deposita sus huevecillos preferentemente en la mitad inferior del árbol y en la parte basal del fruto (Morales *et al.*, s.f.); las lesiones de ovoposición se observan desde el exterior en forma de media luna y al interior una especie de aserrín humedecido (Martínez *et al*., 1994).

Al eclosionar, las larvas presentan un cuerpo carnoso de color amarillento, se introducen en el fruto hasta llegar al hueso del que se alimenta y provoca la caída del fruto, al caer lo abandona para pupar en el suelo de donde emerge el adulto en forma de picudo que se alimenta del follaje del árbol.

El ciclo de vida de *C. perseae* dura en de 78.5 a 89 días desde la ovoposición hasta que el adulto emerge de la tierra. La presencia de estos comienza también con las lluvias y ovipositan sobre los frutos para empezar a desarrollarse la primera generación. Los primeros tres instares presentan los índices de mortalidad más elevados (Martínez *et al*., 1994).

El adulto inicia su actividad al anochecer y termina antes del amanecer, durante el día los adultos se encuentran dormidos en huecos, hojas enrolladas o dentro de las inflorescencias. Producen daños en ramas tiernas, pedúnculos, flores y frutos (Martínez *et al*., 1994).

Es conveniente utilizar muestras de 100 frutos los cuales se observan de forma externa para detectar rastros de ovoposición y se le hacen cortes para localizar las larvas en la pulpa o la semilla además que deben revisarse los frutos caídos.

Debido a los hábitos que presenta este insecto los muestreos deben realizarse en las primeras horas de la mañana (Martínez *et al*., 1994).

2.6.2.4.5. Gusano telarañero (*Amorbia cunneanna* Walshingham) (Lepidoptera: *Tortricidae*)

Los adultos son palomillas de 2.5 mm de color café claro. Las larvas son verde amarillento, tienden a caerse cuando se les molesta; se alimentan de hojas y dañan botones florales e inflorescencias además de enredarse en las hojas para protegerse. En daños severos se observan manchones a manera de manojos de hojas secas (Morales *et al.*, s.f.).

También pueden tejer la seda entre dos frutos para protegerse y alimentarse de la epidermis de éstos.

Este gusano está presente en toda la franja aguacatera de California, en donde se tienen dos generaciones por año (Urias y Salazar, 2008), en el caso de México no se tiene gran cantidad de información aunque se han realizado estudios de fluctuación poblacional en Nayarit y Michoacán.

2.6.2.4.6. Agalla de la hoja (*Trioza anceps* Tuthill) (Homoptera: Psyllidae)

Se encuentra distribuida en toda la República Mexicana siendo de mayor importancia en las variedades nativas en donde llega a causar pérdidas totales debido a que no se realiza algún tipo de control (Morales *et al.*, s.f.).

Los adultos son insectos pequeños de hasta 3 mm de longitud y de color verde amarillento, alas transparentes y ojos rojos. Los huevecillos son ovalados, de color blanquecino, la hembra los deposita en el envés de las hojas. Se encuentran principalmente en árboles jóvenes y en hojas tiernas (Morales *et al.*, s.f.).

Las ninfas se alimentan de savia y producen una sustancia tóxica que ocasiona que las células se reproduzcan anormalmente y formen agallas en donde ellas pasan todo su estadío ninfal y emergen como adultos por la base. Las agallas son normalmente de entre 3 a 6 mm de longitud y rojizas.

2.6.2.4.7. Barrenador del hueso (*Stenoma catenifer* Walshingham) (Lepidoptera: Stenomidae)

Está considerada como una de las plagas de mayor importancia económica en regiones tropicales y subtropicales de los estados de Veracruz, Tamaulipas, Nuevo León, Colima, Guerrero, Oaxaca, Michoacán y Chiapas debido a que puede llegar a barrenar el 95 % de los frutos (Ramírez *et al.,* 1996).

El adulto es una palomilla de hábitos nocturnos color café de hasta 1 cm de longitud y de 2.5 cm con las alas extendidas, en las alas anteriores tiene puntos que forman una “S”. Las larvas son de color rojizo y el vientre azul, llegan a medir hasta 2 cm de longitud.

Las hembras ovipositan hasta 240 huevecillos de manera aislada en grietas superficiales ubicadas en frutos, pedúnculos y ramas. Las larvas emergen a los 5 días y penetran el fruto hasta llegar al hueso, consume todo el hueso o que provoca que el fruto se caiga y la larva sale para pupar en una celda ubicada hasta a 2 cm de profundidad en el suelo.

El ciclo biológico dura entre 44 y 49 días. Inverna en la hojarasca o en plantas arvenses. Esta plaga es de hábitos nocturnos y durante el día se encuentra en el suelo.

Desde 1912 y hasta el año 1997 permaneció completamente cerrada la frontera estadounidense para la exportación de aguacate mexicano debido a la presunta presencia de este barrenador del hueso, el barrenador de ramas (*Copturus aguacatae*), el barrenador pequeño del hueso del aguacate (*Conotrachelus perseae* y *C. aguacatae*), el barrenador grande del hueso de aguacate (*Heilipus lauri*) y moscas de la fruta (SENASICA, 2016) por lo que se han declarado como plagas cuarentenarias del

aguacatero y se mantienen campañas en diversos estados de la República con la finalidad de conservar las zonas libres y mejorar el estatus de las zonas bajo control.

Tal es la importancia de estas plagas que en la actualidad solo se permite la exportación de aguacate proveniente de zonas libres o bajo control y de huertas que cuenten con un certificado emitido por SENASICA.

2.6.2.4.8. Gusano perro (*Papilio garamas garamas* Hubner) (Lepidóptera: Papilionidae)

El adulto es una mariposa que llega a medir 12 cm con las alas extendidas y hasta 4.5 cm de largo, presenta dos franjas amarillas en las alas.

La aparición de larvas coincide con el inicio de las lluvias. Durante los primeros estadios larvarios se alimenta del borde de las hojas tiernas o en desarrollo y por la tarde regresa a la rama en la que estableció su hábitat, en el último estadío larvario se alimenta del limbo, la parte central de las hojas y los peciolos por lo que es mucho más voraz (Ramírez *et al*., 1996) .

Los adultos son de hábitos nocturnos, durante el día se encuentran en el envés de las hojas

2.6.2.5. Principales enfermedades

2.6.2.5.1. Antracnosis del aguacate (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz).

Este hongo se observa a simple vista como un polvillo anaranjado o rojizo sobre los frutos de aguacate que se encuentran en proceso de descomposición, ramas y hojarasca en el suelo. Requiere de una humedad relativa entre 85 a 90 % y temperaturas entre los 18 y 25 ºC (Morales *et al.*, s.f.).

La enfermedad se presenta en diferentes partes de la planta, en las hojas se observan manchas de color café claro, en ramas se observan abultamientos alrededor de la misma con la presencia de una savia color blanco que muchas veces llega a secar las puntas de las ramas atacadas. Cuando ataca flores tiene apariencia de un tizón y ocasiona la caída de las flores o de los frutos cuando se encuentran muy inmaduros además que les da a estos últimos una consistencia corchosa y produce lesiones circulares en color café (Morales *et al.*, s.f.).

Esta enfermedad se presenta en todas las regiones aguacateras del mundo y se manifiesta con una mayor intensidad en frutos próximos a madurar, la principal característica es la presencia de manchas oscuras hundidas en el fruto.

2.5.2.5.2. Roña (*Sphaceloma persea Jenkins*)

Es de las enfermedades más importantes en las regiones aguacateras del mundo. Las lesiones de la enfermedad se presentan en el haz de hojas jóvenes así como ramas y frutos en forma de círculos de superficie áspera que al juntarse entre sí forman áreas necróticas con hendiduras que forman placas irregulares. La enfermedad puede afectar frutos pequeños y los próximos a la maduración.

El hongo requiere una humedad relativa del 90 al 100 % para su desarrollo y temperaturas de 22 a 26 ºC. La fuente de dispersión de la enfermedad es la hojarasca que se encuentra en los cajetes y las ramas secas (Morales *et al.*, s.f.).

2.5.2.5.3. Anillamiento del pedúnculo (*Alternaria* spp, *Colletotrichum* spp, Fusarium spp, *Corynebacterium* spp y *Pseudomonas* spp)

Esta enfermedad ataca desde la floración y hasta la madurez del fruto sin embargo es más grave durante la floración y hasta que el fruto tiene el tamaño de un cerillo. Para el desarrollo de esta enfermedad se requiere una humedad relativa del 80% y temperaturas

sobre los 22 grados centígrados y también le beneficia la deficiencia de zinc en la planta (Morales *et al.*, s.f.).

Los síntomas se manifiestan en el fruto ya que al ser tacados toman una forma redonda y púrpura que en muchas ocasiones causa la caída del fruto, en el caso de que el fruto se mantenga en el árbol comienza a deshidratarse muy rápido hasta tener una apariencia "momificada" y si se realiza un corte longitudinal puede observarse la infección en la semilla y extendiéndose sobre la pulpa.

2.5.2.5.4. Pudrición en postcosecha (*Diplodia* sp, *Alternaria sp* y *Colletotrichum gloeosporioides*)

Se requiere una humedad relativa del 80 % y temperaturas entre 4 ºC y 5 ºC para desarrollar esta pudrición. Estos hongos penetran por los elementos vasculares en el pedúnculo y se establecen en la pulpa provocando una pudrición café, de forma externa se observan manchas color café oscuro (Morales *et al.*, s.f.).

2.5.2.5.5. Tristeza del aguacatero (*Phytophthora cinnamomi* Rands)

Cuando el suelo dentro de la huerta se encuentra compactado disminuye la aireación en las raíces por lo que cuando existe un exceso de humedad se provoca asfixia a las raíces del aguacate y si el pH se encuentra en 6.5 la enfermedad se desarrollará rápidamente y con la movilización de la tierra durante las labores se dispersa a otras partes del terreno (Morales *et al.*, s.f.).

La enfermedad ataca en cualquier etapa a los arboles provocando una clorosis progresiva y aumentando la cantidad de producción frutos muy pequeños en el árbol. Cuando la enfermedad ha avanzado se presenta defoliación, las raíces presentan una pudrición en el centro y el árbol muere.

2.5.2.5.6. Mancha plateada (*Mycosphaerella perseae* Miles)

La enfermedad causa la caída prematura de las hojas provocando a su vez la reducción en tamaño y calidad de los frutos. Cuando la defoliación ocurre durante la formación de los frutos estos quedan expuestos al sol por lo que se presentan quemaduras en forma de manchas circulares y rojizas. La cascara se vuelve áspera en las áreas manchadas y la pulpa se obtiene una consistencia dura (Morales *et al.*, s.f.).

Este agente solo ataca a las hojas de consistencia coriácea iniciando como lesiones pequeñas, circulares de color gris en el haz de la hoja que al avanzar forman manchas irregulares de color plateado a café rodeado por un borde más obscuro que se hace visible por haz y envés (Morales *et al.*, s.f.).

El hongo sobrevive principalmente en las hojas que caen al suelo aunque también se mantiene durante el invierno en las hojas que siguen adheridas al árbol gracias a la fase ascífera en la que se mantienen.

2.5.2.5.6. Mancha púrpura de la hoja (*Cercospora purpurea* Cooke)

La enfermedad afecta hojas y de manera menos frecuente a frutos. En las hojas los síntomas se presentan como manchas pequeñas en color café o morado y de forma angular que cuando le enfermedad se agrava se vuelven necróticas y ocasionan la defoliación del árbol.

El hongo espórtula en las lesiones cuando existe una humedad relativa superior al 80% y se disemina rápidamente por medio del viento.

2.5.2.5.7. Sun blotch

Traducido como “quemadura de sol”, es causado por un viroide. Causa una depreciación del fruto debido a las manchas que se les observa.

El síntoma más importante es el punteado amarillento en la corteza de las ramas además de la aparición de líneas de color amarillo o blanquecinas mientras los frutos presentan los mismos síntomas pero originados desde el pedúnculo. Las plantas afectadas desarrollan de manera más lenta por lo que quedan expuestas a la radiación en el centro de la copa (Martínez *et al.*, 1996).

El viroide se transmite por injerto y por semilla exclusivamente. El desarrollo de los síntomas requiere entre 45 días y 2 años aunque existen arboles asintomáticos.

2.6.3. Control biológico con hongos entomopatógenos

Hongos de los géneros *Coelomomyces* (Mastigomycotina: Chytridiomycetes), *Lagenidium* (Mastigomycotina: oomyetes); *Conidiobulus*, *Entomophaga*, *Zoophthora*, (Zygomycotina: zygomycetes), *Beauveria*, *Metarhizium*, *Paecilomyces*, *Nomurea*, *Verticillium* (Deuteromycotina: hyphomycetes) se han utilizado con éxito en el control de poblaciones de áfidos principalmente pulgones y moscas blancas, larvas de lepidópteros, larvas de coleópteros y escamas (Nicholls, 2008).
La subdivisión *Deuteromycotina* posee la mayor variedad de géneros utilizados en el control biológico con hongos (Nicholls, 2008):

- *Beauveria bassiana:* con un amplio rango de hospederos insectiles además que en el suelo su alimentación es saprófita.
- *Metarhizium anisopliae*: con un rango de hospederos que incluye importantes plagas del suelo y especies de mosca blanca de gran trascendencia económica.
- *Noumorea rileyi*: importante controlador de *Anticarsia gemmantalis* (Lepidoptera: Noctuidae). Este hongo es capaz de infectar y matar a larvas en cinco días y medio.
- *Paecilomyces spp.:* destacado controlador de lepidópteros principalmente en estado larvario. Cuando el insecto presenta una infección por este hongo se cubre de micelio color amarillo.

- *Verticillium lecanii* y *Aschersonia Aleyrodis*: se consideran por su efectivo control de moscas blancas, áfidos y escamas. En las regiones tropicales y semitropicales es un patógeno común en escamas. Cuando infecta a un insecto se muestra como un halo formado por micelio blanco.
- *Hirsutella thompsonii*: importante controlador de ácaros de la familia Euryophdae. Este hongo es altamente agreviso sobre todo en el ataque al acaro de los cítricos *Phyllocotruta oleivora* (Acari: Eriophydae).

Dentro de la división Zygomycetes se encuentran (Nicholls, 2008):

- *Entomophaga spp*: Infecta principalmente saltamontes, algunos de estos hongos son policíclicos pues forman esporas de descanso durante el invierno.
- *Entomophthora muscae*: la esporulación coincide con los periodos húmedos y templados ya que también existe abundancia de hospederos, dípteros (moscas). Cuando infecta a su hospedero este presenta distención abdominal y se cubre de conidias que infectan a otros organismos con el contacto directo. Su control se observa a los siete días después de la infección ya que se alimenta de la hemolinfa de sus hospederos.

2.7. Aguacate como materia prima para la industria

En relación con la industrialización se ha detectado que los aguacates no apropiados para el consumo fresco se prestan económicamente para la producción de trozos preservados y para aceites que se utilizan en la industria cosmética, además que si consideramos los frutos que se caen del árbol y los que no son comercializados debido a su presentación o condición exterior pueden resultar cantidades apreciables a las que es necesario buscarle una aplicación (Martínez *et al.,* 1992).

El aguacate presenta una variada posibilidad de usos como productos entre los que destaca la obtención de aceite, tradicionalmente para fines cosméticos aunque últimamente ha incrementado la producción de aceite extra virgen para fines culinarios, teniendo un gran potencial futuro por sus propiedades (Olaeta, 2003).
El contenido de aceite de los aguacates varía según el ecotipo o raza del que provienen: de 2.5 a 8 % en los cultivares antillanos, entre 10 a 13% en los cultivares guatemaltecos y de 15 a 25 % o inclusive más, en los cultivares mexicanos (Knight, 2002).

Para cultivares antillanos representativos los valores de contenido de aceite son 4 a 8 % para 'Peterson', 3 a 5 % para 'Pollock', 3 a 6 % para 'Trapp', y 6 a 10 % para el cultivar 'Waldin'.

Para los híbridos de las razas guatemalteca y antillana, los contenidos aceptables son 10 a 14 % para 'Booth 7', 8 a 12 % para 'Booth 8', 13 % para 'Choquette', 12 a 16 % para 'Hall', 8 a 10 % para 'Hickson', 12 a 16 % para 'Lula' y 10 a 14 % para el cultivar 'Monroe' (Knight, 2002).

Debido al contenido de aceite en los frutos de aguacate, las cualidades organolépticas y nutritivas deterioran fácilmente si su pulpa es expuesta al aire o al calor. El procesamiento de esta fruta presenta ciertos obstáculos como el pardeamiento enzimático, el deterioro microbiológico y la generación de olores y sabores extraños como resultado de la aplicación de tratamientos térmicos, estos factores que limitan la conservación del aguacate mediante la aplicación de métodos tradicionales utilizados en otras frutas (Schwartz *et al.*, 2007).

Es posible preservar la pulpa mediante el secado por atomización el cual es un proceso que se caracteriza por la pulverización de millones de micro gotas individuales en una cámara por la que circula una corriente controlada de aire caliente. La vaporización rápida del agua del producto, secando suavemente sin choque térmico, transforma la pulpa en polvo y termina el proceso con la colecta del mismo. Este proceso permite reducir el peso, volumen y la actividad de agua de un fluido alimenticio con sólidos disueltos como es el caso del aguacate (Schwartz *et al.*, 2007).

Schwartz *et al.*, 2007 realizaron un experimento con la finalidad de almacenar la pulpa de aguacate 'Fuerte' en polvo; el fruto fue lavado, descascarado y sin semilla se sumergió en una solución de ácido cítrico. Una vez obtenida la pulpa se mezcló con solución de preservantes (ácido cítrico, ácido ascórbico), antioxidante (TBHQ) y coadyuvante de secado (maltodextrina)**.** Para la transformación en polvo se utilizó un atomizador en el cual se mantuvo la temperatura del aire de salida a 80º C obteniendo muy buenos resultados.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Área de influencia

El estado de Veracruz se encuentra al este de México dentro de las coordenadas extremas 22º 28’ 56” latitud norte y 17º 02’ latitud sur, al oeste 93º 36' y 98°39' de longitud oeste (INEGI, 2009). La presente investigación se realizó para los municipios ubicados mayormente en la Llanura Costera del Golfo Norte en donde los climas presentes son: Am (cálido húmedo con abundantes lluvias en verano), A(w) (cálido subhúmedo con lluvias en verano) y el clima ACf (semicálido húmedo con lluvias todo el año). La región abarca desde el nivel del mar y hasta los 2, 100 m.s.n.m., los suelos predominantes en esa región son de tipo Regosol, Luvisol y Feozem (INEGI, 2009). El Cuadro 6 muestra la información a detalle sobre los climas y porcentajes de estos respecto a la superficie en cada municipio además del tipo de suelo y el porcentaje.

Los suelos de tipo Regosol se caracterizan por suelos desarrollados sobre materiales no excesivamente consolidados y que presentan una escasa evolución o en zonas con fuertes procesos erosivos que provocan un continuo rejuvenecimiento de los suelos (FAO, s.f.b).

Los suelos de tipo Vertisol presentan como principal característica una escasa diferenciación de sus horizontes, debido a movimientos internos de materiales y a la formación de grandes grietas en los períodos estivales, que tienen su origen en un alto contenido en arcillas expansivas. Se desarrollan en relieves planos o ligeramente inclinados (FAO, s.f.b).

El suelo clasificado como Cambisol presenta una clara diferenciación de horizontes manifestado por cambios en el color, la estructura o el lavado de carbonatos. Los Cambisoles se desarrollan sobre materiales de alteración procedentes de un amplio tipo de rocas, entre ellos destacan los depósitos de carácter eólico o aluvial (FAO, s.f.b).

Cuadro 6. Descripción del clima y fisiografía de diez municipios al norte de Veracruz.

Municipio	Provincia fisiográfica	Edafología		Clima		Precipitación normal (mm)	Temp media normal	Altura (msnm)
		Tipo de suelo	%	Fórmula climática	%			
Papantla	Llanura costera del Golfo Norte	Regosol	67	A(w)	72	1,140.90	24.2	190
		Vertisol	15	Am	28			
Atzalan	Eje Neovolcánico	Luvisol	57	Acf	80	1,943.00	15.8	1,697.00
	Llanura costera del Golfo Norte	Andosol	36	Af	13			
Martínez de la Torre	Llanura costera del Golfo Norte	Feozem	46	Am	79	1,595.00	23.1	63
		Regosol	37	Af	20			
Misantla	Llanura costera del Golfo Norte, Eje Neovolcánico	Luvisol	69	Acf	45	2,095.00	22.6	310
		Vertisol	10	Af	38			
San Rafael	Llanura costera del Golfo Norte	Feozem	40	Am	98	1,579.00	24.3	8
		Cambisol	30					
Gutiérrez Zamora[1]	Llanura costera del Golfo Norte	Regosol	32	Am	96	1400 - 1600	24- 26	Entre 10-200
		Cambisol	20					
Tecolutla	Llanura costera del Golfo Norte	Feozem	34	Am	98	1,450.70	23.9	7
		Regosol	23					

[1]Los datos climáticos han sido tomados del prontuario estadístico a falta de una estación meteorológica en la zona (INEGI, 2010).

Continuación del Cuadro 6…

Municipio	Provincia fisiográfica	Edafología		Clima		Precipitación normal (mm)	Temp media normal	Altura (msnm)
		Tipo	%	Fórmula climática	%			
Tuxpan	Llanura costera del Golfo Norte	Regosol	28	A(w)	90	1,355.60	25.8	17
		Cambisol	25					
Álamo Temapache	Llanura costera del Golfo Norte	Vertisol	41	A(w)	91	1,116.20	25.1	19
		Cambisol	27					
Tamiahua	Llanura costera del Golfo Norte	Regosol	18	A(w)	100	1,289.70	23.6	5
		Cambisol	18					

Fuente: Elaboración propia con datos del SMN e INEGI 2015.

El término Feozem hace alusión al color oscuro de su horizonte superficial, debido al alto contenido en materia orgánica. Este tipo de suelo se asocia a regiones con un clima suficientemente húmedo para que exista lavado pero con una estación seca; el clima puede ir de cálido a frío y van de la zona templada a las tierras altas tropicales. El relieve es llano o suavemente ondulado, son suelos fértiles y soportan una gran variedad de cultivos de temporal y riego. Sus principales limitaciones son las inundaciones y la erosión (FAO, s.f.b).

Los suelos de tipo Luvisol presentan lavado de arcilla de los horizontes superiores para acumularse en una zona más profunda. Cuando el drenaje interno es adecuado, presentan una gran potencialidad para un gran número de cultivos a causa de su moderado estado de alteración y generalmente también por un alto grado de saturación (FAO, s.f.b).

Respecto a las condiciones sociales el 81.48 % de la población veracruzana vive en algún grado de pobreza, esta se concentra principalmente en los municipios de Coatzacoalcos, Acayucan, Actopan, Tuxtla, Álamo, Poza Rica, Papantla, Martínez de la Torre, Nautla, Misantla y Córdoba (SEFIPLAN, 2014).

3.2. Metodología de la fase de gabinete

En esta fase se realizó una revisión de literatura sobre la comercialización del aguacate a nivel mundial y dentro del mercado nacional. Se recopiló información sobre las exportaciones e importaciones de aguacate en México además de realizar series históricas de los precios de venta en diversas Centrales de Abasto alrededor del área de influencia de este trabajo y de las más importantes en el país.

También se realizó investigación sobre el aguacate orgánico y las bases para su manejo, además de recopilar información sobre la comercialización del fruto orgánico.

Respecto al cultivo de aguacate se realizó una revisión sobre sus requerimientos, fisiología, características de fruto, fitosanidad y variedades con la finalidad de determinar la o las variedades que mejor se adapten a las condiciones de la región de influencia.

También se recopiló información climática y fisiográfica sobre los municipios ubicados en la zona norte de Veracruz para contrastar con los requerimientos del cultivo y así ubicar las limitantes y las condiciones que permiten el cultivo de aguacate en la zona.

Para la propuesta de manejo se utilizó como referencia principal la revisión de literatura y las experiencias de productores que fueron visitados durante la fase de campo. En el caso de la determinación de la dosis de fertilización esta se realizó en base a los análisis de suelo y las referencias de literatura.

3.3. Metodología de la fase de campo

3.3.1. Visitas a establecimientos comerciales

Se realizaron visitas a huertos comerciales y establecimientos dedicados a la producción de plantas injertadas ubicados en los estados de Michoacán y Veracruz.

Las visitas se realizaron con el fin de conocer el manejo bajo el cual se desarrollan las huertas de manera comercial y que esto ampliara la información que se obtuvo de la fase de gabinete.

En esta fase también se entrevistaron a comerciantes de aguacate en el mercado “La mina” en Poza Rica, Veracruz, en la central de abastos de Poza Rica y en la central de abastos de Iztapalapa, Ciudad de México.

3.3.2. Colecta de germoplasma

Dentro de la región descrita se ubicaron árboles de aguacate nativo que cumplían con las características descritas a continuación:

- Arboles libres de plagas y enfermedades
- Vigorosos
- Con un buen historial de producción
- Que el fruto sea del agrado de los consumidores
- Árboles que han alcanzado su etapa de producción
- Que produzcan frutos durante los meses de junio, julio y agosto

Dichas características son necesarias para ser consideradas como buenas donadoras de semilla con la finalidad de obtener portainjertos adaptados a la zona en la que se propone cultivar aguacate de manera comercial.

Para recabar datos sobre las épocas de floración y cosecha, tipo de fruto y sabor se realizaron entrevistas a los habitantes de las comunidades o bien a los dueños de los árboles nativos según el caso.

Durante la época de cosecha se colectaron frutos de los arboles seleccionados con la finalidad de utilizar las semillas para establecer un vivero en donde se obtengan plantas que sirvan de portainjertos bajo la metodología que se describe en los apartados 4.1.2. y 4.1.3. de este trabajo.

Una vez que se obtengan los portainjertos y estos adquieran 1 cm de grosor y por lo menos 40 cm de altura se procederá a injertar sobre estos las variedades que han sido seleccionadas según este trabajo de investigación.

3.4. Desarrollo de la propuesta de manejo

En base a las experiencias de productores de aguacate en el estado de Michoacán y a las experiencias de citricultores orgánicos en el estado de Veracruz se desarrolló la propuesta de manejo. Se propone así debido a que en la zona el cultivo no es ampliamente conocido y, a diferencia de los cítricos, el aguacate requiere de más cuidados para su producción.

IV. RESULTADOS

4.1. Producción de aguacate en Veracruz

El aguacate ‘nativo’ se cultiva en los distritos de producción de Fortín y Coatepec, específicamente dentro de nueve municipios entre los que destacan Altotonga, Alpatláhuac y Calcahualco por tener una superficie plantada mucho mayor al resto de los municipios. Según datos de SIAP para el año 2014, en México se cosechó aguacate ‘nativo ‘en 202 ha con una producción de 1,725.5 t, en el año 2013 se cosecharon 1,549.18 t y el año 2011 732.7 t. No se cuenta con datos de los años 2009, 2010 y 2012 aunque en los últimos dos años de datos se observa un incremento y esto puede relacionarse con el PMR obtenido pues para el 2014 fue de $ 7,984.56 mientras que para el 2013 fue de $ 7,981.69.

En la Fig. 10 se observa la producción de aguacate nativo y ‘Hass’ desde 2007 hasta 2014. Se observa que la producción de la variedad ‘Hass’ se ha mantenido superior a la producción de nativo, esto puede deberse a la diferencia en el PMR obtenido pues durante 2014 se obtuvo en promedio $ 15,169.8 por tonelada mientras que para 2013 el PMR de ‘Hass’ fue de $ 17,908.89.

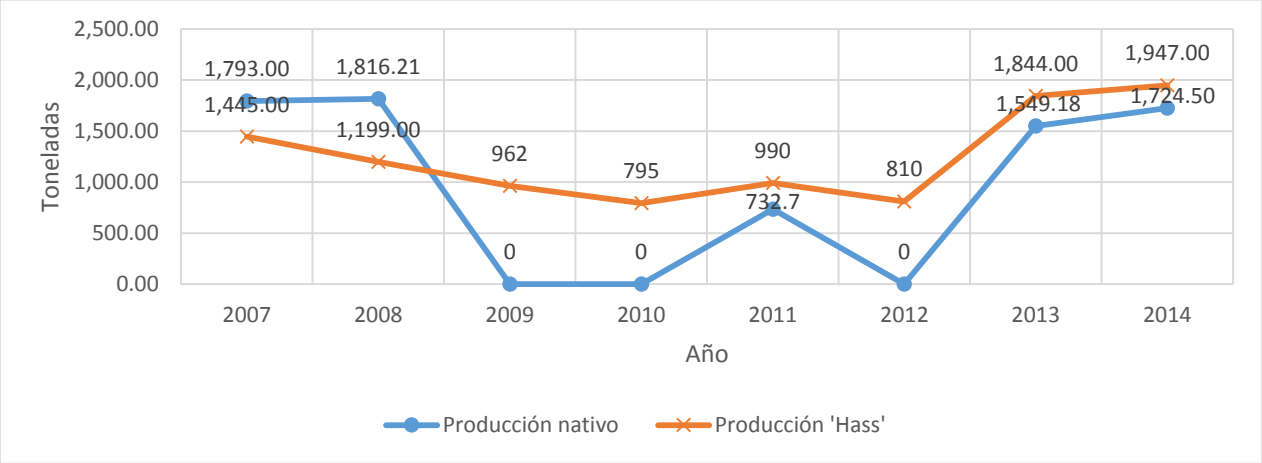


Figura 10. Producción (t) de aguacate 'Hass' y nativo en Veracruz (2014).

Fuente: elaboración propia con datos de SIAP 2015.

Para el 2014 se cosechó aguacate ‘Hass’ en diez municipios del estado entre los que se encontraron Altotonga, Apazapan, Atzálan, Coscomatepec, Huatusco, Ixtlahuacán de Los Reyes, Ixtlahuacán del Café, Tlaltetela, Tomatlán y Xico. En estos municipios el clima predominante es el templado húmedo C (f) y semicálido húmedo con lluvias todo el año AC (f) lo que hace posible cultivar aguacate variedad ‘Hass’.

La Fig. 11 muestra los datos disponibles de SIAP desde el año 2000 al 2006 sobre la producción de aguacate, el reporte clasifica como “aguacate sin clasificar” al producido en Veracruz. Durante ese periodo de tiempo la producción comenzó a decaer a partir de 2002 llegando a producir tan solo 2,679 t en el año 2003 y a partir del cual aumentó la producción hasta 2006 que es el último año de estos datos, año en que en Veracruz se produjeron 3,482.89 t de aguacate sin clasificar.

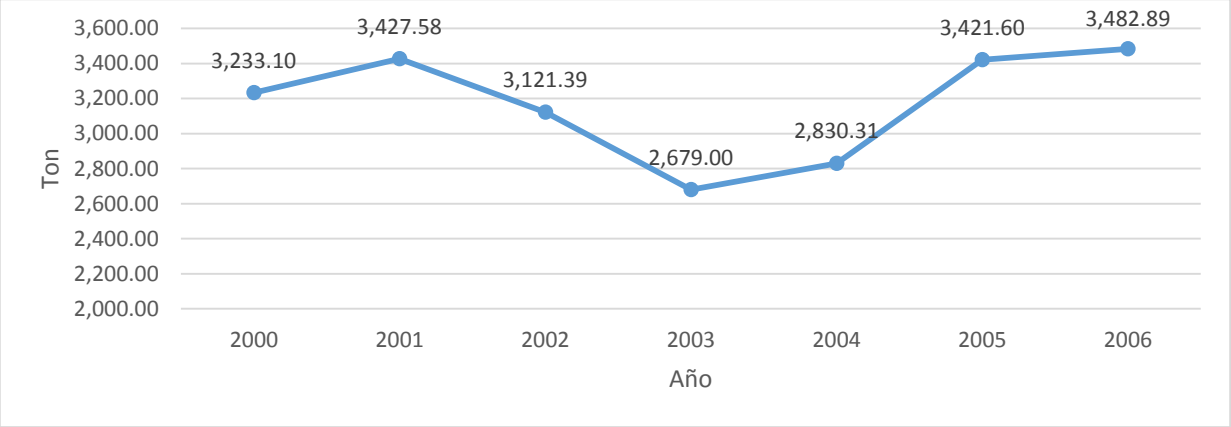


Figura 11. Producción de aguacate "Sin clasificar" (2000 al 2006).

Fuente: Elaboración propia con datos de SIAP.

4.2. Adaptabilidad del cultivo del aguacate

4.2.1. Condiciones ambientales en la zona Norte de Veracruz

Los climas predominantes en la región son el cálido húmedo con abundantes lluvias en verano Am y el cálido sunhúmedo con lluvias en verano A(w), en menor proporción se entran los climas ACf y Af, semicálido húmedo con abundantes lluvias todo el año y cálido húmedo con lluvias todo el año respectivamente. Estos climas en general presentan una precipitación >1000 mm anuales y una temperatura media normal mayor a 22 ºC.

En la región predomina la provincia fisiográfica llanura costera del Golfo Norte, la mayor parte de la zona Norte se encuentra entre los 0 y 200 msnm aunque existen elevaciones de hasta 1700 msnm en los municipios que abarcan parte del Eje Neovolcánico.

Respecto a edafología, predominan en la zona los suelos de tipo regosol, luvisol, y en menor porcentaje los de tipo cambisol y feozem. Los suelos predominantes son poco profundos además de caracterizarse por un poco retención de agua, generalmente se encuentran en zonas planas o de lomerío suave. En la zona el pH del suelo es medianamente alcalino, ligeramente mayor a 8 debido a la presencia de carbonatos.

4.2.2. Requerimientos edafoclimáticos del cultivo de aguacate

Existen tres razas de aguacate con requerimientos distintos, en el caso de la raza mexicana (*Persea americana var.* drymifolia) se ha encontrado en climas templados a fríos por sobre los 1700 msnm en suelos de textura media y no salinos. Su temperatura óptima se encuentra entre los 5 ºC a 17 ºC (Durán, 2009).

La raza guatemalteca se desarrolla en climas subtropicales con temperaturas de 4 ºC a 19 ºC, entre los 1000 y 2000 msnm (Durán, 2009).

En el caso de la raza antillana, se desarrolla en climas tropicales a menos de 1000 msnm, en suelos con presencia alta de carbonatos; los ejemplares de esta raza no toleran temperaturas menores a 4 ºC (Durán, 2009).

De manera general, el aguacatero es susceptible a los vientos, ya sean fuertes, fríos o desecantes ya que inhiben la polinización, causan la caída de ramas, flores y frutos además de lesiones por rozamiento en frutos (Garbanzo, 2011).

El aguacatero también es susceptible al estrés hídrico pues un exceso de agua provoca asfixia radical y favorece el desarrollo de *Phytophthora cinnamomi* R. que causa la pudrición de raíces. El déficit de agua en un periodo tan crítico como el cuajado de fruto puede provocar caídas excesivas de frutos (Bernal *et al*., 2008). El cultivo se desarrolla bien en áreas con una precipitación media anual entre 1,000 y 1,800 mm (Morales *et al.,* s.f.).

El pH en que se desarrolla mejor el cultivo va desde 5.5 a 6.5, un pH más alcalino provoca clorosis severas en las plantas mientras que un pH más ácido facilita la absorción de aluminio por la planta (Bernal *et al*., 2008).

84.2.3. Determinación de la adaptabilidad del cultivo a la región

Los climas predominantes en la zona Norte de Veracruz indican que se encuentra libre de heladas, que la precipitación media anual va de 1,100 a 2,100 mm por lo que cumple con el requerimiento del cultivo en general.

Debido a que predominan en la zona Norte las elevaciones por debajo de los 1000 msnm se recomiendan cultivar ejemplares pertenecientes a la raza antillana o bien híbridos de la raza antillana x guatemalteca.

En cuanto a las temperaturas, al oscilar estas entre los 15.8 ºC y 26 ºC se limita el desarrollo de ejemplares de las razas mexicana y guatemalteca por lo que es recomendable establecer cultivares de raza antillana o bien híbridos de la raza antillana x guatemalteca que poseen requerimientos dentro de este intervalo.

El tipo de suelo predominante en la zona se caracteriza por ser poco profundo y tener una baja capacidad para retener agua. El cultivo de aguacate posee la mayor parte de sus raíces funcionales en los primeros 40 cm del suelo por lo que es deseable tener por lo menos esa profundidad del suelo, en algunas zonas esta característica del suelo será una limitante.

Es un factor favorable para el cultivo que el suelo predominante posea una baja capacidad de retención de agua debido a que disminuye la posibilidad de asfixia radical, para evitar el exceso de pérdida de agua será necesario mantener acolchada la zona de goteo del árbol, siempre dejando descubierto el suelo en los primeros 20 cm alrededor del tallo con el fin de evitar el establecimiento de hormigas alrededor del tallo o tronco.

El pH óptimo para el cultivo de aguacate en general es de 5.5 a 6.5, en la zona el pH es ligeramente superior a 8 por lo que se convierte en una limitante para el cultivo de aguacate de las razas mexicana o guatemalteca por lo que es recomendable utilizar ejemplares de la raza antillana como portainjerto.

Entre las mayores limitantes se encuentra la presencia de los “nortes” desde noviembre y hasta marzo ya que el árbol de aguacate es susceptible a los vientos fuertes. El impacto de esta condición limitante puede ser disminuido con el establecimiento de cortinas rompevientos.

En el caso del establecimiento del cultivo de aguacate en la tierra denominada “de vega”, ubicada al margen de los ríos, las lluvias abundantes pueden provocar la inundación del cultivo y con ello diversas enfermedades radicales. En este caso es recomendable que el árbol plantado se injerte por arriba de los 60 cm y sobre un montículo de por lo menos 40 cm de altura.

4.3. Vivero

Se sugiere realizar la etapa de vivero para obtener plantaciones uniformes respecto a la altura de los árboles, sanidad y vigor después de haber realizado el injerto. Para injertar debemos tener árboles de una altura mayor o igual a 40 cm desde el suelo hasta el punto de crecimiento y un grosor de 1 cm en el portainjerto además que deben ser plantas libres de plagas y enfermedades para garantizar el éxito del injerto.

4.3.1. Tratamiento de la semilla

Está comprobado que el desarrollo de la raíz en todos los árboles frutales es más intenso cuando la planta proviene de semilla; por este motivo, en el cultivo comercial del aguacate casi siempre se utilizan como portainjertos, plantas provenientes de semilla (Hernández, 2012) por lo que se recomienda así en este trabajo.

El proceso de vivero comienza con la selección de los frutos y una vez obtenidos debe darse un tratamiento de esterilización para evitar la presencia y propagación de hongos, plagas y enfermedades.

De los frutos obtenidos se debe separar la semilla de la pulpa y cáscara y secar a la sombra durante no más de una semana. Para el proceso de desinfección y vivero solo será necesaria la semilla por lo que el resto del fruto puede ser consumido.

Dentro del manejo orgánico no pueden utilizarse productos de síntesis química por lo que para la desinfección de la semilla se aplicará un método que consiste en la esterilización mediante tratamiento térmico.

Para el tratamiento térmico de las semillas la cantidad de semillas no debe sobrepasar 3 kg, deben depositarse dentro de un arpilla de polipropileno o un costal de yute de tal manera que el extremo abierto pueda amarrarse.

Se debe contar también con un tambo para depositar el costal con semillas y agua suficiente para cubrir por completo las semillas. El agua deberá mantenerse a 49 ºC durante 30 min para destruir las esporas de hongos, destruir bacterias y plagas presentes en las semillas (Téliz *et al.*, 2007).

Es importante mantener a 49 ºC la temperatura del agua donde están sumergidas las semillas, la temperatura no debe llegar a 45 ºC o ser mayor de 51 ºC ya que en caso de aumentar la temperatura puede perderse viabilidad de las semillas y temperaturas inferiores no tendrán el mismo efecto sobre los patógenos. Una vez transcurrido el plazo de tiempo las semillas deben de retirarse del agua y ponerse a secar a media sombra sobre una superficie limpia tratando de no entrar en contacto con el suelo o algún tipo de planta.

Antes de sembrar las semillas se les debe realizar un corte “candado” el cual consiste en retirar el extremo superior de la semilla de la parte más angosta. Esto se realiza con el fin de facilitar y acelerar la germinación sobre todo cuando llevan algún tiempo sacadas del fruto, no siendo recomendable en semillas frescas, ya que pueden dar lugar a pudriciones, con la consiguiente pérdida de cierto número de ellas (Galán, 1990).

Figura 12. Corte de candado en semillas de aguacate.

Si al momento de hacer el corte de candado en la semilla del aguacate se observa un color amarillento u oscuro dentro de la semilla esta deberá de ser descartada para el proceso de siembra ya que es posible que este color haya sido causado por la presencia de hongos.

Las personas que entren en contacto con las semillas desinfectadas deben tener las manos completamente limpias y abstenerse de entrar en contacto con tierra o plantas durante el proceso de manipulación de las semillas, además todos los utensilios usados durante la inmersión o para retirar las semillas del interior del tambo deben estar limpios y desinfectados con una solución de agua y cloro o vinagre al 5 % de modo que no exista el riesgo de contaminación por hongos.

Debido a que la semilla pierde rápidamente su viabilidad se puede almacenar hasta cinco días en un lugar fresco y puede mantenerse hasta un mes en refrigeración manteniendo la temperatura a 4 ºC (Espíndola *et al.*, 2013).

Es recomendable realizar una etapa de almácigo debido a que así se podrán escoger las plantas que presenten un buen vigor, tengan un crecimiento uniforme, que se encuentren sanas y sin problemas en cuanto a la malformación de las raíces sin haber pasado por la etapa de vivero en bolsas.

4.3.2. Diseño de la estructura a utilizar

El vivero se utiliza con la finalidad de producir planta de calidad y con características uniformes en cuanto a vigor, crecimiento, sanidad y grosor. Rodríguez (2010) menciona que se le llama planta de calidad a aquella que reúne las características morfológicas y fisiológicas adecuadas para sobrevivir y crecer satisfactoriamente bajo las condiciones ambientales y ecológicas del lugar donde serán plantadas.

El vivero debe ubicarse en un lugar sombreado sin llegar a estar oscuro. Los tejidos jóvenes de la germinación de la semilla se pueden quemar en presencia de exceso de radiación.

Para el establecimiento del vivero debe tomarse en cuenta los siguientes puntos:

- Se requiere de preferencia un sitio plano
- Cercano al terreno en donde se pretende hacer la plantación
- Controlar las plagas y enfermedades en los alrededores
- La intensidad de los vientos en el lugar debe ser baja
- Que el sitio en donde se ubique el vivero sea seguro y así evitar robos
- Comenzar la siembra al final de la cosecha de aguacates nativos

Una vez que se ubique el sitio adecuado para el establecimiento del almácigo y el vivero debe delimitarse el área que se ocupará.

Para el caso del almácigo este deberá realizarse en estructuras que no estén en contacto directo con la tierra del suelo por lo que deberá mantenerse en elevación o bien sobre un piso firme y limpio, se recomienda utilizar una estructura contenedora como pueden ser cajones, cajas plásticas o malla metálica fina.

Se recomienda hacer una cama de 20 a 30 cm de profundidad y de dos metros cuadrados aunque de manera comercial en los viveros se hacen camas de 1 m de ancho y 10 m de largo dejando un espacio de 40 cm entre camas (Morales *et al.*, s.f.). En la figura 13 se muestran ejemplos de semilleros del tipo móvil, la función principal de estas estructuras será ayudar a la selección de las plantas más vigorosas y mantener aislado el sustrato del suelo para evitar la infestación del sustrato con hongos fitopatógenos.

Existen también los almácigos o semilleros fijos que consisten en una pileta que se construye sobre el terreno y pueden hacerse de concreto y/o tabique o madera. Generalmente se les da una forma rectangular de 1.20 m de ancho (medida interior) y una altura que varía entre 20 y 80 cm. Su parte interior debe ser impermeable, con una pequeña pendiente y un tubo con tapón que le sirva de drenaje en el momento requerido (Rodríguez, 2010).

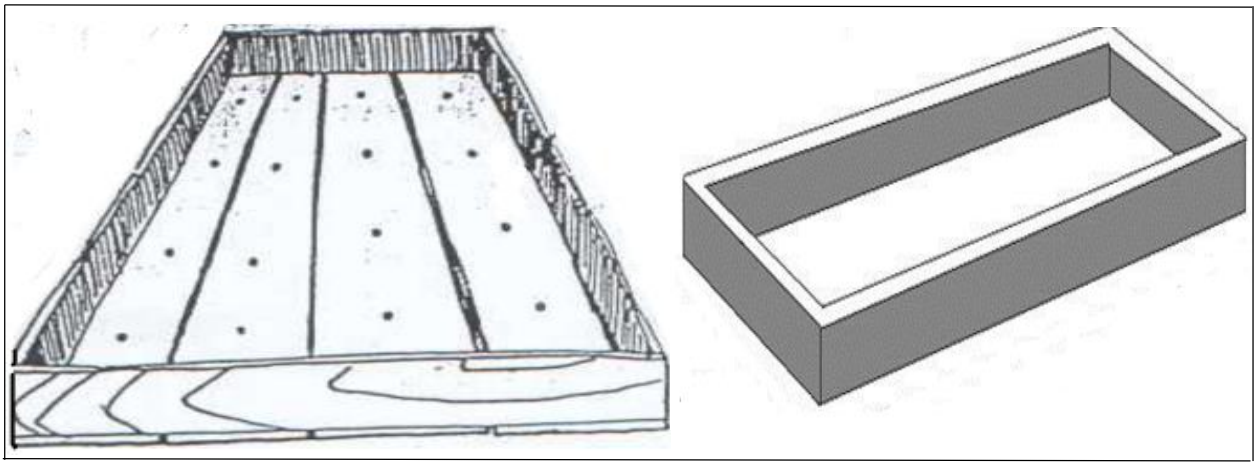


Figura 13. Semilleros móviles para la germinación de aguacate.

Fuente: Instituto Nacional de Bosques (s.f.)

Los semilleros o almácigos portátiles consisten en un cajón con dimensiones de fácil manejo (55 cm x 35 cm x 50 cm) con orificios para drenar el exceso de agua. Otros recipientes de metal o plástico con perforaciones en su base pueden servir como semilleros portátiles. El sustrato debe de estar bien distribuido dentro del semillero de modo que no existan elevaciones y evitar el encharcamiento de agua, debe dejarse un margen de cinco cm entre el nivel del semillero y el sustrato para evitar pérdida de sustrato.

Es importante prevenir la incidencia de plagas por lo que además de la estructura creada para evitar el contacto de la semilla con el suelo es recomendable crear una estructura para colocar malla antiáfidos o malla sombra al 25 % que mantenga una altura de por lo menos 2 m de alto sobre el almácigo.

Para construir dicha estructura los materiales más comúnmente utilizados son la madera y el acero, asentados en cuerpos de concreto o ladrillo (Espinosa y Espinosa, s.f.). En el caso de la región norte de Veracruz se sugiere utilizar bambú del llamado otate (*Guadua amplexifolia* Presl.) debido a su mayor dureza en comparación con el bambú conocido como caña mansa (*Guadua angustifolia* Kunth), además que es un material del que se dispone en la región.

Estas especies de bambú se distribuyen principalmente en la zona central del país y en zonas cálidas, encontrándose naturalmente en selvas húmedas, a orillas de ríos y arroyos. Su uso principal ha sido en la construcción de viviendas rurales, paredes, puertas y ventanas, entre otras. Se recomienda utilizar este material por sus propiedades mecánicas, principalmente flexibilidad y resistencia en flexión, por su resistencia y el diámetro de los culmos o cañas, los nuevos brotes crecen muy rápido y llegan a alcanzar su máxima altura en pocos meses y los culmos se producen asexualmente en abundancia año tras año, por lo que no hay necesidad de replantar (Ordoñez *et al.,* s.f.).

No debe utilizarse un bambú menor de tres años, que ya haya florecido, con cortes o grietas, atacados por alguna plaga o enfermedad y que no tenga un nudo al inicio y final del tallo (Ordoñez *et al.,* s.f.).

La mejor época para el corte de las maderas para las construcciones de las instalaciones está comprendida entre los días de la luna menguante. El bambú puede ser cortado en la fase de luna menguante, principalmente los tres últimos días de luna, prolongándose hasta los tres primeros días de luna nueva. Este período de seis días corresponde exactamente al momento en el que las plantas tienen la más baja concentración de savia circulando en las ramas o en la parte aérea del vegetal, motivo por el cual es el más indicado para el corte de esta madera (Restrepo, 2005) y preferentemente dos horas antes de que aparezca el sol cuando la planta no esté fotosintéticamente activa. Aún debe pasar por un sistema de secado para reducir su peso y distorsiones estando en uso a fin de reducir el deterioro por agentes biológicos como insectos y hongos (Ordoñez *et al.,* s.f.), logrando con esto su aprovechamiento de manera óptima como material de construcción. En la Fig. 14 se ilustran las fases de la luna y la forma de cosecha del bambú para la construcción.

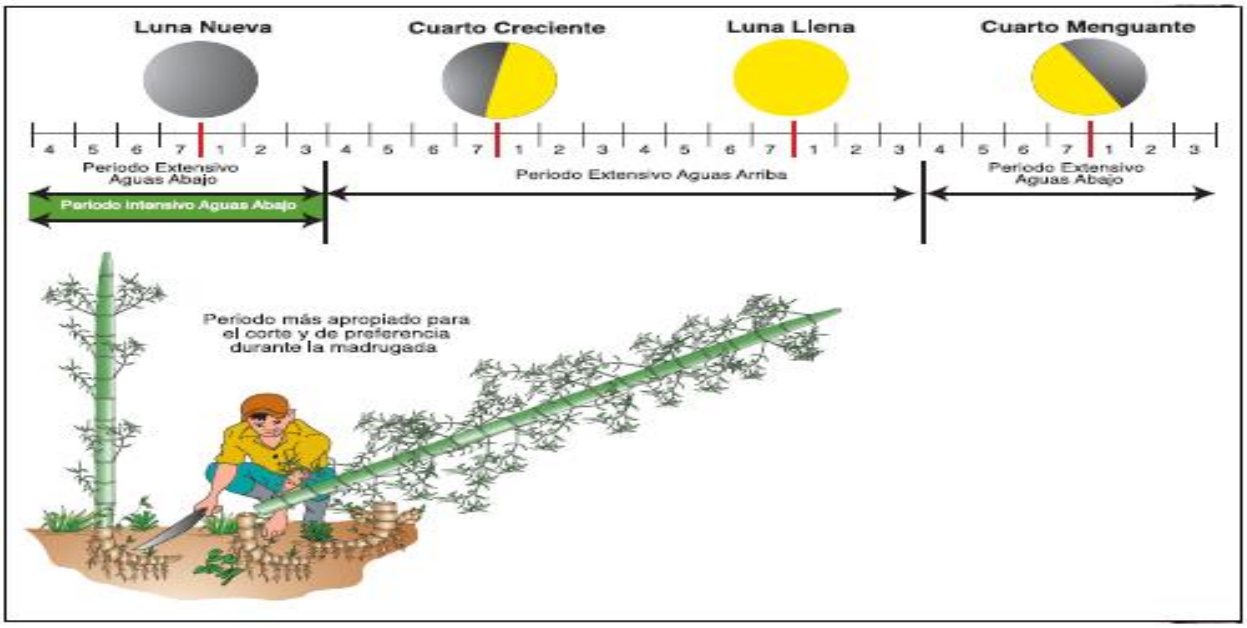


Figura 14. Fases lunares y el periodo de corte recomendado.

Fuente: Restrepo, 2005.

El secado del bambú de manera natural se logra a los dos meses, para esto se apilan horizontalmente los culmos o tallos, bajo cubierta, protegidos del sol y de la lluvia, manteniendo espacio para que el aire circule entre ellos. El secado artificial del bambú se realiza sobre una cama de carbón encendido y a una distancia de aproximadamente 50 cm se colocan las piezas de bambú horizontalmente cuidando de girar continuamente los tallos con el fin de conseguir un secado uniforme, la desventaja del método es que pueden quemarse o rajarse los tallos (Ordoñez *et al.,* s.f.).

Los primeros 15 días del secado natural el bambú debe permanecer sobre alguna piedra o bloque de manera vertical y con todas sus hojas a fin de seguir con la asimilación de nutrientes en hojas y dentro de los tallos de modo que se reduzcan el contenido de humedad y de almidón (Ordoñez *et al.,* s.f.) .

Un método para el tratamiento del bambú y su protección es el método de tanque abierto; consiste en cortar los tallos no superando los 40 m lineales y sumergirlos durante ocho horas en una solución de 1 kg de ácido bórico y 0.5 kg de bórax disueltos en 48.5 L de agua durante 8 días por lo que el preservador penetrará por difusión.

La absorción del preservador mejora si se hacen dos perforaciones de 3/8” en los entrenudos. Dejar escurrir durante dos horas (Ordoñez *et al.,* s.f.).

En caso de tener problemas para disolver las sales será necesario calentar el agua hasta 80 ºC.

Para armar la estructura se recomienda utilizar cimientos a fin de aislar la base del bambú de la humedad. Se recomienda un ancho de múltiplos de 2 m, una longitud no mayor a 30 m y una altura de 2 a 2.5 m en el lateral y de 3 a 4 m en el otro extremo en caso de realizarse a un agua. Se recomienda que la estructura sea orientada de norte a sur para aprovechar la luminosidad. Se deberá nivelar el terreno y limpiar de basura, escombro y arvenses el área que ocupará el vivero (Espinosa y Espinosa, s.f.).

La Fig. 15 muestra la colocación espacial de las cepas y cimientos pues una vez que el área a utilizar sea delimitada se deben excavar cepas de 20 cm x 20 cm x 40 cm de largo, ancho y profundidad respectivamente para la cimentación de cada uno de los postes a colocar, cada poste debe tener 2 m de separación con el siguiente. Las cepas con el tallo de bambú o culmo dentro deben ser rellenadas con una mezcla de cemento, arena y grava en proporción 1:2:4 mezclándose con agua hasta que la revoltura quede maleable y debe fabricarse un anclaje de varillas para darle refuerzo. El relleno debe hacerse a ras de suelo y se deja fraguar entre dos y tres horas (Espinosa y Espinosa, s.f.). También puede verterse la mezcla de cemento con la ayuda de una botella y una perforación hacia el interior del bambú y construir una base que rodee los primeros cinco cm del bambú a partir del suelo (Ordoñez *et al*., s.f.).

En la Fig. 15 se muestra la distribución de los cimientos que sostendrán al vivero, la figura también muestra las medidas de dichos cimientos.

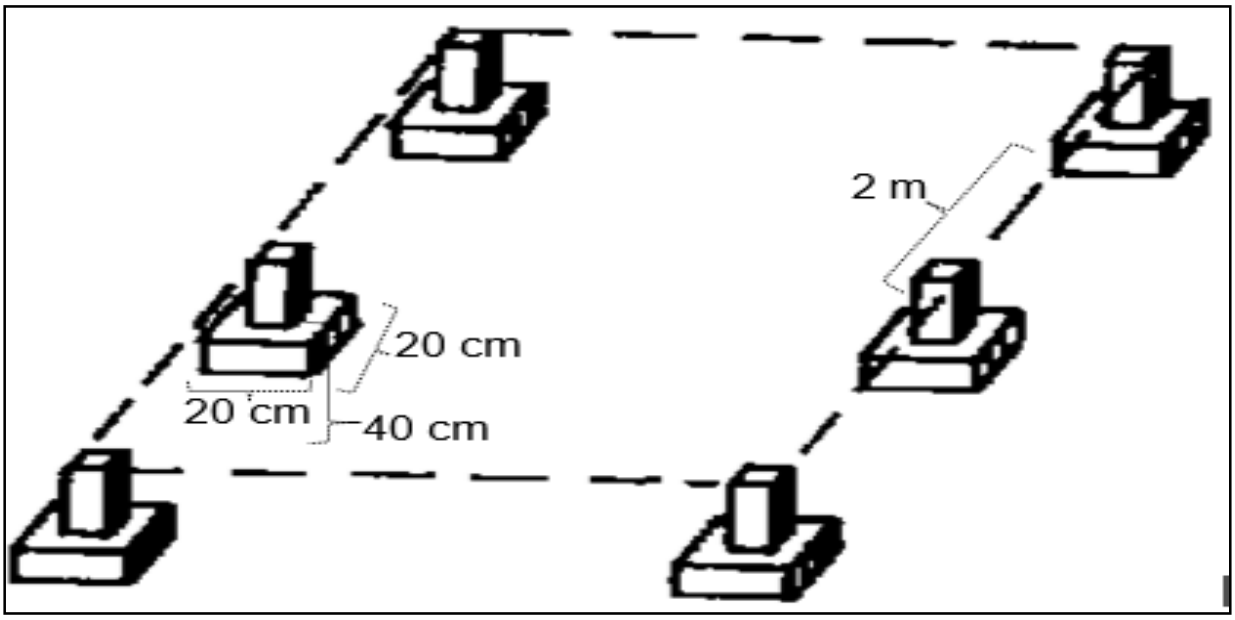


Figura 15. Cimientos que sostienen la estructura.

Debe trazarse una línea a 1 m de altura del suelo para que a esa altura quede ubicado un soporte intermedio de manera perpendicular a los postes también utilizando el mismo material. También es necesario incluir un soporte perpendicular a los postes en la parte más alta de cada lado del vivero (Espinosa y Espinosa, s.f.).

Para sostener las intersecciones entre postes y refuerzos lo más común es realizar amarres. Pueden ser de tiras de bambú, fibras de palma, lianas, y cualquier otro material orgánico flexible y resistente, cintas de plástico o materiales sintéticos, también se puede realizar el amarre con alambre con el que se logra una unión más fuerte, pero es recomendable usar alambre (galvanizado) para evitar la corrosión. Cuando se usen tiras de bambú o ratán, se recomienda que estén verdes sin secarse, o que se remojen para que se encojan cuando sequen, logrando una unión más firme (Ordoñez *et al*., s.f.).

La unión se puede reforzar con tornillos de acero a presión o el uso de conectores metálicos que pueden ser soldados o perforados con otros y después pueden ensamblarse con el resto de las conexiones (Ordoñez *et al*., s.f.).

La Fig. 16 muestra una vista área de un vivero armado según el procedimiento anterior.

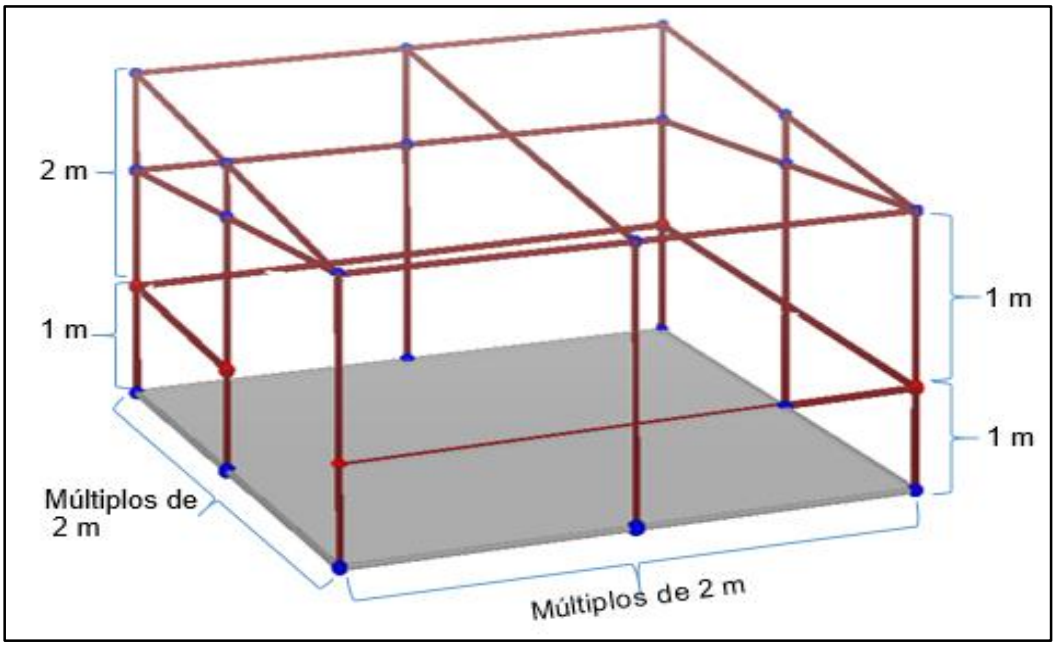


Figura 16. Esquema final de un vivero construido a un agua.

Para la construcción del techo del vivero se debe colocar una pieza de bambú uniendo cada par de postes opuestos y colocando esquineros entre cada poste y cada elemento del techo (Espinosa y Espinosa, s.f.).

Posteriormente el vivero debe ser cubierto con malla antiáfidos o bien con malla sombra al 25%, esta se debe colocar en los lados del vivero apoyando sobre los refuerzos ubicados a 1 m de altura y a los 2 m de altura. En el caso de la puerta debe de hacerse el marco a 1.5 m de alguno de los postes ubicados en la parte más angosta del vivero. Puede hacerse pasar la malla por la puerta y asegurarse para posteriormente pasar sobre la misma pero en sentido contrario otro tramo de malla y ser asegurada, así se mantendrá completamente cubierto el marco de la puerta y permitirá el paso de personas.

En la Fig. 17 se muestra un invernadero a dos aguas terminado, también se muestran algunas dimensiones recomendadas.

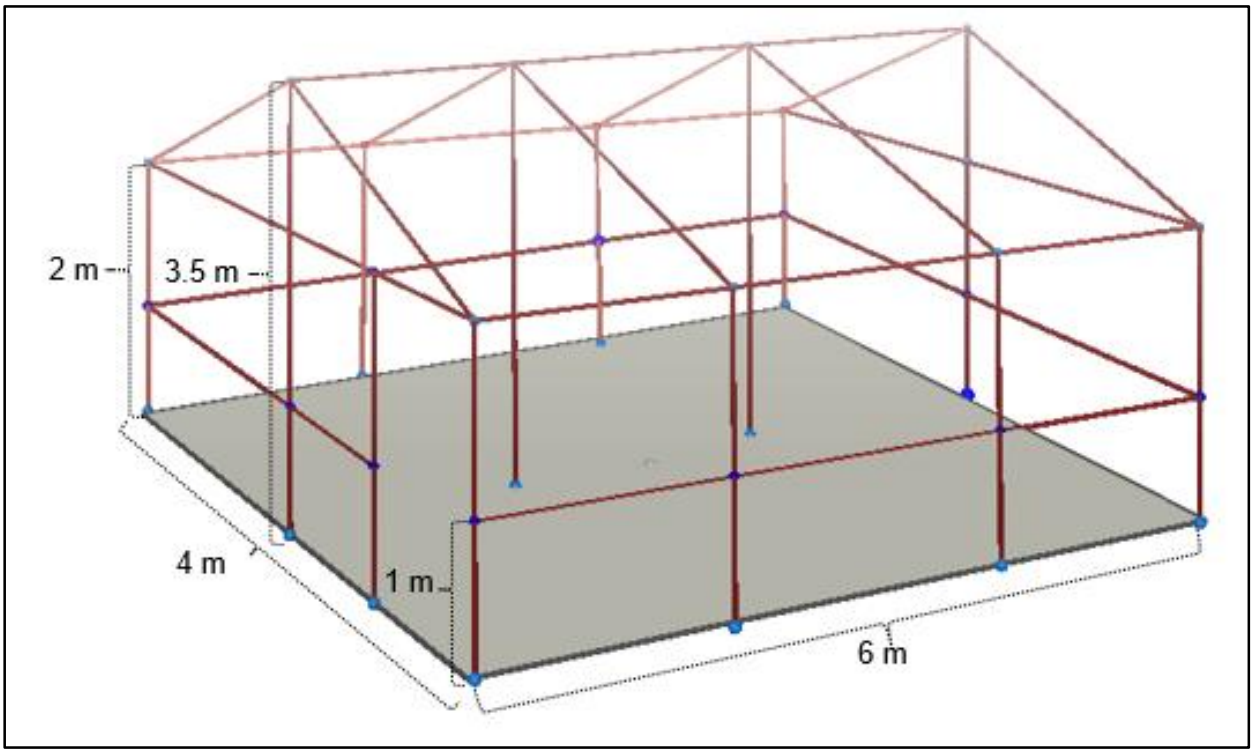


Figura 17. Esquema de un vivero diseñado a dos aguas.

Respecto a la cubierta del techo puede utilizarse la misma malla utilizada a los lados del vivero o puede utilizarse lámina de fibra de vidrio que tiene una duración de hasta 10 años y una trasmisión de luz entre el 80 y 86 % aunque el peso por metro cuadrado llega a ser de 1.9 kg (Espinosa y Espinosa, s.f.). En caso de utilizarse esta lámina debe asegurarse con pasadores en áreas próximas a los nudos del bambú.

4.3.2.1. Manejo del semillero

Para el sustrato del semillero o almácigo se realizará una mezcla de tierra, composta y perlita.

El suelo que va a ser empleado en los almácigos, debe ser sometido a un tratamiento de solarización húmeda, que podrá tener una duración entre 30 y 45 días que consiste en tapar herméticamente una capa de tierra de las dimensiones que puedan ser cubiertas, máximo 20 cm de grosor, completamente húmeda con un plástico de polietileno calibre 6

transparente para capturar la energía solar y así incrementar la temperatura en los primeros centímetros del suelo (Vásquez, 2012).

Baiza (2003) propone como método para desinfectar el sustrato de los semilleros mezclando 25 kilos de cal y 5 kilos de Sulfato de Cobre por cada 6 m^2 de suelo. Esta mezcla, se puede utilizar para el sustrato de las bolsas en el vivero.

Una vez desinfectado el sustrato debe ser mezclado con perlita y composta en proporción 1:1:1. Es decir una medida equivalente de cada uno de los tres sustratos para posteriormente mezclarlos.

Es importante que mientras se vacía la perlita[2] y se trabaja con la misma se mantenga protegida la nariz y boca debido a la alta cantidad de partículas que flotan y ocasionan molestias para el trabajador.

La composta a utilizar en la mezcla debe ser obtenida de la manera en que se indica en el anexo de este documento. Es necesario seguir las indicaciones y respetar los tiempos de cada actividad como se menciona en el anexo.

La composta a utilizar debe obtener de la manera que se indica en el anexo al final de este trabajo.

Con la mezcla perfectamente incorporada se debe formar la cama con las dimensiones anteriormente mencionadas. Al colocar las semillas debe de hacerse con la parte más ancha hacia abajo y la parte que fue cortada hacia arriba. Los surcos deben de trazarse con 15 cm de separación y entre semillas debe haber cinco cm de separación (Morales *et al*, s.f.) además que es recomendable que se entierre por completo la semilla y se tape con una capa de arena o vermiculita[3] con espesor de un cm para facilitar la emergencia de la plántula, en caso de no contar con estos materiales puede ser utilizada la misma mezcla utilizada como sustrato en la cama.

Al finalizar la siembra debe humedecerse el semillero con una solución al 5 % de sulfato de cobre, esto quiere decir que por cada litro de agua se utilizarán 5 g de sulfato.

---

[2] Material de origen mineral volcánico, no contiene ninguna sustancia tóxica ni fitotóxica, no contiene sustancias orgánicas además que es un material muy ligero debido a que pesa entre 50 y 150 $kg \bullet m^3$ dependiendo de la granulometría que esté siendo utilizada.

[3] Insumo permitido por los lineamientos orgánicos mexicanos.

En el caso de no contar con sulfato de cobre se mojará el semillero con una solución al 5 % del consorcio de hongos de la región, dicho consorcio debe ser obtenido de la manera que se muestra en los anexos al final de este trabajo.

La humedad será suficiente cuando al tomar un puñado de la mezcla y apretarla esta mantenga la forma y no gotee debido a la presión.

El riego debe realizarse hasta capacidad de campo y por las mañanas con un espaciamiento entre riegos de tres días alternando el riego solamente con agua y la aplicación del consorcio de hongos obtenidos de la región.

Durante la segunda semana de riegos debe utilizarse la misma solución de consorcio de hongos al 3 % o bien el primer riego semanal debe hacerse con la solución de sulfato de cobre al 3 % y en riego posterior solo utilizar agua. A partir de la cuarta semana después de la siembra se sugiere suplir la aplicación del consorcio local de hongos por el riego con una cepa de micorrizas del género *Glomus* como se indica en los anexos.

La inoculación con micorrizas favorece la acumulación de biomasa total de plantas de aguacate en fase de vivero. Los hongos micorrízicos arbusculares pueden influir también en la disminución de los daños que provoca el proceso de trasplante a sitios definitivos (Reyes *et al.,* 1997).

Las mezclas de sustrato con superfosfato soluble muestran un aumento en el crecimiento de las plántulas con *Glomus clarum, G. intraradix, Scutellospora heterogama* y *Gigaspora margarita* (Reyes *et al.,* 1997) por lo que es recomendable utilizar roca fosfórica como fuente de fosforo.

Las semillas comenzarán a germinar a partir de los 30 días después de la siembra y cuando las plántulas tengan dos hojas extendidas estarán listas para ser trasplantadas a una maceta. Solo serán trasplantadas las plantas más vigorosas y sanas, el resto deberá ser descartado debido a que no se encuentran en óptimas condiciones para sobrevivir en la futura plantación en campo, solo se utilizarán las plantas de mayor calidad para asegurar el éxito de la plantación.

Durante la etapa previa a la germinación y posterior, el semillero debe mantenerse completamente libre de arvenses por lo que debe ser revisado continuamente y desmalezado de forma manual.

El trasplante debe realizarse en bolsas de polietileno para vivero con fuelle de 26 x 48 cm aunque es más común encontrar bolsas se 25 x 35 cm (Espíndola, 2013) calibre 400 con una capacidad de 4.5 L y generalmente un kg contiene 57 bolsas. En caso de no tener las medidas anteriores también pueden utilizarse bolsas de 35 x 35 cm las cuales pueden encontrarse en calibre 500 con capacidad para 8 L, un kg de estas bolsas generalmente contiene 32 bolsas (Anónimo, s.f.a). En la bolsa, previo al llenado y trasplante, deben realizarse 10 perforaciones entre la base y los primeros 10 cm con la función de drenar el exceso de agua durante los riegos (Espíndola, 2013).

Por lo general, entre menos profundidad tenga un contenedor y más fina sea la textura del suelo, la capacidad de retención de humedad es mayor, pero el espacio de aire es menor; por el contrario, en recipientes más profundos y suelo con textura más gruesa la porosidad de aireación mejora, pero se reduce la capacidad de retención de humedad. Es importante considerar la profundidad de los envases y la textura del suelo a utilizar en la propagación de plantas (Rodríguez, 2010).

Para rellenar las bolsas se utilizará la misma mezcla que se utilizó durante el almácigo, la mezcla deberá ser humedecida antes del llenado. Se debe llenar hasta la mitad con la mezcla de sustrato y en una base sólida se oprime el centro hasta que se estire el polietileno de la base para evitar que queden espacios de aire.

La plántula de aguacate debe ser depositada en la bolsa y sosteniéndola para evitar el enroscamiento de las raíces debe terminar de llenarse la bolsa, deben darse dos o tres golpes en la base sólida nuevamente para quedar firme la planta y debe llenarse hasta unos dos cm del borde de la bolsa.

Las bolsas con plantas trasplantadas deben siempre aislarse del suelo así como el resto de los materiales a utilizar durante el trasplante con la ayuda de una lona colocada sobre el suelo y en el caso de las herramientas deben desinfectarse mediante la inmersión en una solución de vinagre al 5 %.

Una vez terminado el trasplante las plantas deben de permanecer dentro del vivero construido para tal fin siempre evitando el contacto directo con el suelo y teniendo especial atención en la limpieza de los materiales utilizados y de las personas que realizan trabajos que involucran el contacto con las plantas de aguacate.

Es recomendable instalar en la entrada del vivero, a nivel del suelo, una caja de 10 cm de altura con hidróxido de calcio (cal) para que funcione como “tapete” y que al entrar las personas al vivero puedan pisar e impregnar muy bien la cal sobre las suelas de su calzado. Esos pueden mantenerse hasta 10 días sin necesidad de cambiar el contenido debido a que mantienen su efectividad (Calderón, 2005).

Al acomodar las bolsas solo deben colocarse 4 filas y debe dejarse un espacio de por lo menos 40 cm entre las siguientes hileras para permitir el paso de aire libremente y facilitar las aplicaciones de consorcios fúngicos, el deshierbe y la fertilización.

Los riegos se deberán realizar incluyendo dosis al 3 % del consorcio de microorganismos de montaña obtenidos como se indica en los anexos.

La primera fertilización se realizará una semana después del trasplante a las macetas. No hay referencias previas para la fertilización de aguacates nativos en etapa de vivero por lo que se recomienda aplicar 100 g de composta cada 15 días a partir del trasplante.

4.3.3. Determinación y obtención de portainjerto

El medio más utilizado y recomendado para propagar el aguacate vegetativamente es a través de la injertación sobre patrones seleccionados reproducidos por semilla (Bernal y Díaz, 2008).

La propagación vegetativa se realiza por estacas, este método no se emplea comúnmente en aguacate debido a la baja capacidad de enraizamiento. Aquí se menciona cómo realizar la propagación por estacas sólo con fines informativos pues lo más recomendable es obtener el portainjerto de semillas provenientes de árboles nativos. Para su procedimiento, se cortan estacas bien formadas, sanas y con varias yemas, de 50 a 100 cm de longitud, el corte debe ser en forma de bisel; a éstas se les debe cortar las hojas y ramas si las tienen; si es una estaca muy larga y hay que fraccionarla; es necesario aplicar pasta cicatrizante en las heridas provocadas; en el extremo que será enterrado se aplica enraizador para estimular la emisión de raíces. Las horas más apropiadas para extraer las estacas y sembrarlas en el semillero son las primeras de la mañana y las últimas de la tarde; las estacas cortadas se deben proteger de la radiación

solar directa. Los árboles de donde se toman las estacas, no deben estar en floración ni producción (Bernal y Díaz, 2008).

La propagación por semilla es empleada para obtener portainjertos bien adaptados a las condiciones bióticas y abióticas donde se desea establecer la plantación además que se utilizan con la finalidad de utilizar el sistema radical y aislar a la variedad del suelo para evitar plagas y enfermedades (Bernal y Díaz, 2008).

Es recomendable utilizar portainjertos provenientes de semillas de frutos nativos debido a su adaptación a la zona y tolerancia a las condiciones propias de la región que posiblemente afectarían en algún grado la productividad de cualquier variedad no adaptada (Bernal y Díaz, 2008).

Martínez (2015) menciona que es recomendable que las plantas provengan de patrones nativos, ya que estos le confieren mayor adaptabilidad al cultivo.

Para considerar a un árbol como donador de semilla se deben de tomar en cuenta las características fenotípicas y de interés económico en los árboles nativos, tales como:

- Vigor del árbol
- Buen desarrollo del sistema radical
- Árbol adaptado a las condiciones de la región
- Época de producción
- Duración de la cosecha
- Características organolépticas del fruto
- Estado fitosanitario del fruto y del árbol del cual se obtiene
- Que el árbol produzca frutos uniformes y un buen rendimiento
- Recolectarse los frutos de árboles que por lo menos hayan tenido ya tres ciclos de producción

Cuando se ubica un árbol como buen donador de semilla debemos de tomar en cuenta lo siguiente al momento de la recolección de los frutos a utilizar:

- Que el fruto se encuentre en madurez fisiológica
- Que se encuentre libre de plagas y enfermedades
- Que no haya sido recogido del suelo para asegurar que no existe riesgo de contaminación
- Que el fruto y la semilla sean superiores a las características medias de los frutos

Dentro de la zona de estudio existen árboles de aguacate nativo que han crecido de manera silvestre, sin ningún tipo de manejo y aprovechados por los habitantes de la zona con la finalidad de consumir sus frutos.

Es importante mencionar que los aguacates pertenecientes a la subespecie *drymifolia* (mexicana) que existen en la región norte de Veracruz son mucho más atacados por plagas como barrenador y agalladores en comparación con ejemplares de otras razas desarrollándose dentro de la misma región.

La caracterización de estos ejemplares los clasifica como aguacates de la raza antillana además que estos son originarios de altitudes inferiores a los 800 m y son exigentes en calor ya que el intervalo óptimo de temperatura para su desarrollo es de 22 ºC a 26 ºC.

Debe existir un absoluto control sanitario de las semillas. Toda semilla que presente una mancha, un golpe o picadura de insectos debe desecharse inmediatamente. Si por alguna razón hay que guardar las semillas, se taparán dentro de una o varias cajas cubiertas con arena o aserrín.

Dentro de la región de estudio existe gran variedad de árboles que pertenecen a los tres grupos ecológicos reconocidos actualmente.

En el caso de los ejemplares de la raza mexicana son pocos y generalmente se encuentran en los patios de las casas. Son semillas de aguacates que consumió la familia y que posteriormente sembraron para tener más aguacate, sombra y para utilizar sus hojas para hervirlas y tomar el agua como remedio casero contra el dolor de estómago.

En el Cuadro 7 se describen algunas de las características para diferenciar árboles y frutos de cada raza con la finalidad de ayudar a identificarlos al momento de hacer la recolección de los frutos y evitar injertar variedades incompatibles.

Cuadro 7. Características de tres grupos ecológicos de aguacate.

Característica	*Persea americana* var. *drymifolia* (raza mexicana)	*Persea americana* var. *guatemalensis* (raza guatemalteca)	*Persea americana* var. *americana* (raza antillana)
Clima	Semitropical a templado	Subtropical	Tropical
Altura sobre el nivel del mar	Sobre 2000 m	Entre 800 y 1500 m	Menos de 1000 m
Resistencia a salinidad	Menor	Menor	Mayor
Resistencia al frío	Mayor	Intermedia	Menor
Hojas			
Tamaño	Menor	Intermedio	Mayor
Color	Verde oscuro	Verde oscuro	Verde pálido
Olor	Olor a anís	Sin olor a anís	Sin olor a anís
Flor			
Pubescencia	Más	Menos	Menos
Tallo			
Brotes jóvenes	Verde pálido	Rojizos	Verde pálido
Corteza del tronco	No acanalada	No acanalada	Acanalada
Tamaño	Variable, tendiente a pequeño	Intermedios	Variable tendiente a grandes
Pedicelo	Cilíndricos y grosor mediano	Cónico y grosor voluminoso	Forma de cabeza de clavo y poco grosor, también existen tipos con mayor grosor
Persistencia del perianto en el fruto	Mayor	Menor	Menor
Cáscara	Delgada, lisa y suave	Gruesa, quebradiza y rugosa	Grosor mediano, flexible y suave

Continuación del Cuadro 7…

Característica	*Persea americana* var. *drymifolia* (raza mexicana)	*Persea americana* var. *guatemalensis* (raza guatemalteca)	*Persea americana* var. *americana* (raza antillana)
Semilla	Adherida o suelta, cotiledones lisos o ligeramente rugosos	Adherida y cotiledones lisos	Suelta y cotiledones rugosos
Cubiertas de la semilla	Delgada	Delgada	Mediana o gruesa y Membranosa
Aceite	Alto contenido	Mediano contenido	Bajo contenido
Sabor	A especia y por lo general a anís	Ligero	Ligero y frecuentemente dulce
Fibra en la pulpa	Común	No común	No común
Tiempo de flor a fruto	6- 9 meses	10-16 meses	5 a 9 meses
Tamaño relativo del árbol y hábito de crecimiento general	Medianos abiertos	Altos y erectos	Altos y medianos, abiertos y erectos

Fuente: Tomado de Barrientos y López, s.f.

4.3.4. Determinación y obtención de la variedad a injertar

Desde el punto de vista de razas ecológicas el aguacate se adapta en zonas con climas fríos como la raza mexicana en los estados de Puebla, México y Michoacán, a climas intermedios como Chiapas; para la guatemalteca y la raza antillana en climas tropicales como las costas de Veracruz y Nayarit (Sánchez *et al.*, s.f.).

Las variedades tienen un comportamiento diferente de acuerdo a su raza de ascendencia. Los materiales de ascendencia en la raza antillana son pocos resistentes al frío; mientras que las variedades de ascendencia en la raza guatemalteca son más

resistentes y los materiales de ascendencia en la raza mexicana son los que presentan la mayor tolerancia al frío (Sánchez *et al.*, s.f.).

Para considerar a una variedad como adecuada para su establecimiento con fines comerciales deben tomarse en cuenta las características del árbol:

- Habito de crecimiento semiabierto con objeto de lograr una población por hectárea no menor a 150 ni mayor de 200 árboles
- Crecimiento en altura de tipo medio, no mayor a seis m, para que las labores de cosecha y aplicación de parasiticidas sean económicas
- Resistencia al ataque de plagas y enfermedades
- El árbol debe ser rústico, vigoroso
- La fructificación debe ser de tipo medio para evitar que la planta se debilite o haya necesidad de recurrir al raleo de frutos
- Por su producción de frutos el ejemplar debe ser reconocido por los pobladores de la zona
- El fruto debe ser fenotípicamente aceptable por el mercado

Durán (2009) recomienda que se tomen las varetas preferentemente después de la cosecha.

Tomando en cuenta las consideraciones anteriores es recomendable utilizar como “variedad” o injerto variedades pertenecientes a la raza antillana o híbridos entre la raza antillana x guatemalteca.

Cuando se realizó la recolección de varetas para el presente estudio, se utilizó un par de tijeras, navaja, solución de cloro al 5 % o en un caso plata coloidal para desinfectar, contenedor de unicel, agua y periódico.

Todas las varetas se obtuvieron de plantaciones comerciales de aguacate, en el Cuadro 8 se indica la procedencia de cada variedad.

Cuadro 8. Identificación y procedencia de las varetas utilizadas.

Identificación	**Procedencia**
‘Hass’ selección Méndez	Michoacán
‘Hass’ Atlixco	Puebla
‘Hass’ Nepantla	Edo. de México
Aguacate mantequilla Don Gume	Edo. de México
Aguacate Oloroso	Veracruz
Booth	Veracruz
Chiapas	Veracruz
Temprano Morado Tamiahua	Veracruz
Temprano Verde Tamiahua	Veracruz
‘Hass’ verde Tamiahua	Veracruz
Criollo Morado San Pablo	Veracruz

La identificación de las varetas se realizó de manera arbitraria, solo con el fin de identificar la mayor parte de características, todas las varetas fueron tomadas de huertos en producción.

Una vez ubicados los árboles y ramas donadoras de vareta se contaron 4 o 5 yemas o bien se cortaron a aproximadamente 15 cm de longitud y se depositaron en el contenedor con periódico húmedo. Al pasar de un árbol a otro se desinfectaron las tijeras y navajas utilizadas con una solución de agua y cloro al 5 % y en el caso de las varetas obtenidas en Nepantla, Edo. de México la herramienta se desinfectó con plata coloidal.

Antes de ser transportadas a las varetas se les cortaron todas las hojas dejando solo el peciolo de estas con la finalidad de mantener protegidas las yemas y evitar la transpiración propia de la lámina foliar como indica Castro (1990).

Entre las variedades comerciales recomendadas para la región debido al clima y a los requerimientos de la planta se encuentra 'Booth 3', 'Booth 5', 'Booth 7', 'Booth 8', 'Choquette', 'Collinson', 'Lula', 'Monroe', 'Peterson', 'Simmons', 'Hall', 'Nabal', 'Pollock' y 'Collinred' además de los ejemplares nativos más destacados y material de zonas con un clima similar al de la zona Norte de Veracruz.

4.3.4.1. Variedad 'Booth 8'

Es un híbrido de los grupos antillano y guatemalteco, cruzado por William Booth en Homestead, Florida. Su propagación a gran escala comenzó en 1935, difundiéndose en regiones tropicales cálidas y húmedas de América (Calabrese, 1992).

El árbol tiene un crecimiento horizontal agresivo en los primeros años. Es una variedad precoz y muy productiva. Las hojas son oblongas y ligeramente ovaladas. Su fruto es oblongo ovalado, con cáscara de color verde opaco, ligeramente rugosa, gruesa y leñosa, con un peso que oscila entre 250 y 700 g. La pulpa es blanda, de color crema claro y aroma débil, con un contenido de aceite del 6 a 12 %. Su sabor es catalogado como muy bueno, parecido a 'Hass' (Baiza, 2003).

La época de floración de esta variedad en condiciones de Colombia es de diciembre a marzo y la cosecha de julio a octubre. Es precoz, ya que inicia la producción a partir del tercer año. Los rendimientos son de 0.5, 4.5, 9 y 12 t• ha, en los años 3, 5, 7 y 10 respectivamente.

La característica de producir en la época de escasez de aguacate en Centroamérica (julio a octubre), permite aprovechar los mejores precios en el mercado nacional (Baiza, 2003).

En el Cuadro 9 se muestran algunas características de fruto de tres variedades diferentes.

Cuadro 9. Características de tres variedades de aguacate presentes en México.

Características	'Booth 8'	'Choquette'	'Collinred'
Longitud (cm)	10.2	17.0	10.34
Anchura (cm)	7.6	10.0	8.82
Peso (g)	450.0	910	438.15
Peso cáscara (g)	54.0	27.3	54.42
Cáscara (%)	12	3	12.41
Cáscara (grosor en mm)	1.4	1.0	2
Peso pulpa (g)	326.25	728.0	311.94
Pulpa (%)	72.5	80.0	71.19
Aceite (%)	8.91	9.06	12.23
Fibra (%)	10.19	1.55	10.72
Semilla (%)	15.5	17.0	15.62
Semilla longitud (cm)	4.2	7.47	4.08
Semilla ancho (cm)	4.3	5.91	4.95

Fuente: Ríos (2003).

4.3.4.2. Variedad 'Choquette'

Obtenida en Florida, E.U. en 1929, probablemente un híbrido antillano por guatemalteco. Planta de hábito de crecimiento irregular, con copa de forma semi-elíptica y porte alto, yema apical de color bronceado y presencia de vellosidad en los brotes.

Hojas de orientación plana, de forma elíptica, con 15 cm de largo y nueve cm de ancho. Ápice acuminado y base redondeada, de color rojo cuando nuevas y verde oscuro al llegar a su madurez. Sin aroma, pecíolo completo de tamaño corto. Inflorescencia de color amarillo con cinco raquillas; ramificación basilar de seis cm de largo y lenticelas de

color crema. Floración tipo "A", flor de seis mm de diámetro. Fruto de tamaño grande variando entre 350 y 450 g, de forma elíptica, base angular y ápice redondeado.

Inserción del pedúnculo central, cáscara de color verde amarillento, lisa, lustrosa, de naturaleza flexible, medianamente adherente, de grosor medio y lenticelas de tamaño medio. Cicatriz estilar sobresaliente y grande. Pulpa gruesa, representando el 79 % del peso del fruto, de color amarillo, sabor agradable y escasa presencia de fibras. Semilla de forma elíptica, de tamaño pequeño representando el 13 % del fruto y ocupando la totalidad de la cavidad. Testa y tegmen de color castaño oscuro, cotiledones lisos y de color rojizo. Por poseer estambres bien desarrollados y anteras con alta dimensión de polen es recomendable como polinizador (Avilán *et al.*, 1994).

4.3.4.3. Variedad ‘Simmonds’

Fue obtenida en 1908 de una semilla ‘Pollock’ por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, en Washington propagada comercialmente en 1921. Posee un hábito de crecimiento horizontal, con copa de forma circular y porte mediano. Yema apical de color bronceado con presencia de vellosidad en los brotes (Avilán *et al.*, 1994).

Hojas de orientación plana, de forma ovada, con 16 cm de largo y ocho cm de ancho. Ápice acuminado, base redondeada, de color rojizo cuando al principio de su desarrollo y verde oscuro al llegar a su madurez, sin aroma, pecíolo incompleto y corto.

La inflorescencia es de color amarillo verdoso con 14 raquillas y lenticelas de color crema, floración del tipo "A" de 8 mm de diámetro. El tamaño de los frutos varía entre 250 y 350 g, de forma obovada, base angular y ápice redondeado, cáscara de color verde amarillento, lisa, lustrosa, de naturaleza flexible, ligeramente adherente, grosor medio y lenticelas de mediano tamaño, la inserción del pedúnculo central y pedicelo son de tipo antillano. La pulpa del fruto es de grosor medio, representando el 81 % del peso del fruto, de color amarillo intenso, sabor a nuez y presencia escasa de fibras. Semilla de forma

circular, pequeña representando el 12 % del peso del fruto y ocupando el 80 % de la cavidad. Testa de color marrón y tegmen marrón claro. Cotiledones de naturaleza rugosa y color crema (Avilán *et al.*, 1994).

4.3.4.4. Variedad 'Pollock'

Fue obtenida en los Estados Unidos, específicamente en Miami, Florida en 1896. Generalmente se le considera de la raza antillana; sin embargo, presenta características que indican que probablemente se trate de un híbrido guatemalteco por antillano (Avilán *et al.*, 1994).

Planta con hábito de crecimiento irregular, con copa de forma circular y porte mediano. Yema apical de color rojizo con presencia de vellosidad en los brotes.

Hojas en orientación plana, con 17 cm de largo y nueve cm de ancho. Ápice acuminado y base angular, de color rojizo al iniciar su desarrollo y verde oscuro al llegar a la madurez, hojas sin aroma, pecíolo completo y corto. Inflorescencia amarillo verdosa con 12 raquillas, floración del tipo B. Fruto de tamaño grande, variando entre 350 y 450 g, de forma piriforme, base angular y ápice redondeado.

Cáscara de color verde oscuro, lisa, lustrosa, de naturaleza flexible, ligeramente adherida a la cáscara, de grosor medio y lenticelas pequeñas. La pulpa es gruesa, representando el 77 % del peso del fruto, de color amarillo, sabor a nueces y presencia media de fibras mientras la semilla es pequeña representando el 13 % del fruto y ocupando todo el lóculo.

Testa de color marrón claro y tegmen marrón. La inserción del pedúnculo central y pedicelo son de tipo guatemalteco, cotiledones de naturaleza rugosa y de ton púrpura (Avilán et al., 1994).

4.3.4.5. Ejemplares en la región

En la zona existen ejemplares pertenecientes a las tres razas o ecotipos. En la zona la mayor parte de los ejemplares nativos son cosechados durante los meses de julio y agosto, las cosechas más abundantes se dan del 1 de agosto al 20 de agosto, existen algunos ejemplares que pueden ser cosechados desde junio.

Los habitantes de la región también identifican algunos ejemplares muy aislados que producen aguacate durante algunos días en noviembre pero debido a que la maduración coincide con las lluvias estos se revientan y no es posible cosecharlos. Es importante ubicar los árboles que son de cosecha temprana para comercializarse con un precio superior al que se obtiene durante el mes de agosto, además de coincidir con la escasez de aguacate variedad 'Hass' en el mercado.

Además de ubicar árboles nativos de cosecha temprana para la producción comercial con la ventaja de estar adaptados a las condiciones ambientales de la zona por lo que no hay necesidad de realizar injerto, es recomendable utilizar cultivares como 'Navideño', 'Suárez', 'Lagunero' o 'Doble cosecha' los cuales ya están siendo cultivados en la península de Yucatán bajo condiciones de clima cálido subhúmedo con lluvias en verano A(w) en suelos que son predominantemente clasificación luvisol y leptosol a una altitud no mayor a 200 msnm (INEGI, 2011).

Una buena alternativa es utilizar variedades locales para el establecimiento de huertos comerciales, estas pueden ser seleccionadas de árboles dentro de la región y propagarlas dentro de esta región por medio de la injertación sobre patrones locales (Durán, 2009).

4.3.4.6. Variedades cultivadas en Yucatán

Estas variedades comienzan a adquirir importancia comercial en la península de Yucatán debido al inicio de las cosechas de estas variedades y su reciente introducción a la región. A continuación se describen muy someramente las variedades en la región.

Variedad ‘Lagunero’: esta variedad se cosecha durante el mes de junio, Su cáscara es delgada doble por lo que debe tenerse cuidado durante el transporte. Esta variedad llega a obtener un precio de $ 200 por caja de 20 kg (Bacab, 2015).

Variedad ‘Suárez’: su cosecha comienza a finales del mes de julio y se extiende hasta septiembre. Dentro de la región donde se produce alcanza los $ 120 por caja de 20 kg durante el pico más alto de producción aunque en algunos ciclos de producción la caja de 20 kg apenas alcanza los $ 50, los productores opinan que esto se debe a la demanda de los compradores foráneos (Bacab, 2015).

Variedad ‘Doble cosecha’ o ‘Especial’: la cosecha de esta variedad se da entre enero y marzo (Bacab, 2015).

4.3.5. Método y tipo de injerto

El éxito de una buena planta depende de la adecuada selección del patrón y de la yema que conformará la copa del árbol de aguacate (Bisonó y Hernández, 2008).

Las variedades comerciales como ‘Hass’ y ‘Booth 8’, son malos portainjertos, desuniformes, de escaso vigor y tallos delgados, con poco desarrollo radicular (Baiza, 2003) por lo que para cultivar aguacate de manera comercial en la zona norte de Veracruz deben realizarse injertos con patrón nativo local y varetas de la raza antillana o híbridos entre la raza antillana x guatemalteca. Siguiendo las indicaciones de Bisonó y Hernández (2008) sólo se deben injertar las plantas rectas y de tallo grueso con un tronco mínimo de un cm de diámetro.

Cuando las semillas dan origen a más de un tallo se debe esperar a que alcancen de 12 a 15 cm de altura y se cortan todas las débiles dejando la plantita más vigorosa.

Para comenzar a injertar se indican los siguientes puntos pues se requiere conocer la fisiología de planta de aguacate en los siguientes aspectos:

- El patrón y la yema serán ambos de tejidos jóvenes, porque sólo en los tejidos jóvenes están los meristemos de crecimiento
- El injerto tiene éxito cuando las zonas del cambium del patrón y variedad están en contacto
- Hay que evitar invertir la polaridad de la yema sobre el patrón, es decir, no poner la yema invertida porque se reduce el vigor y la calidad de la nueva planta
- Cuando se realiza una herida a la planta se presentan los enemigos naturales de la misma: Infecciones fungosas y bacterianas, deshidratación y oxidación de los tejidos, por lo que el área de injerto debe fijarse muy bien con la ayuda del plástico, para garantizar la mayor defensa del injerto contra estos problemas
- El injertador debe tener preparado todo el material para realizar la actividad con la mayor eficiencia posible (cinta plástica, cuchilla y yemas protegidas del exceso de calor). Las herramientas a usar deben desinfectarse con una solución de agua y 5 % de vinagre
- Las yemas deben mantenerse húmedas y dentro de una hielera para evitar que el agua comience a evaporarse y aumente la temperatura.

El mejor material es aquel que presente yemas hinchadas, que no sea muy tierno ni demasiado lignificado (Castro, 1990) por lo que para este trabajo se utilizaron varetas que cumplían con dichas características, en la Fig. 18 pueden observarse algunas de las varetas que se utilizaron.

Según (Restrepo, 2005) la fase lunar adecuada para realizar el injerto se ubica entre luna creciente y el plenilunio o luna llena, en el período de tres días después de la creciente y tres días después de la luna llena, lo que da siete días en los que el éxito de los injertos es mayor. La Fig. 19 muestra un esquema de las fases lunares y su relación con la injertación.

Figura 18. Varetas de aguacate var. 'Hass' a injertar.

Fuente: Fotografía tomada en campo.

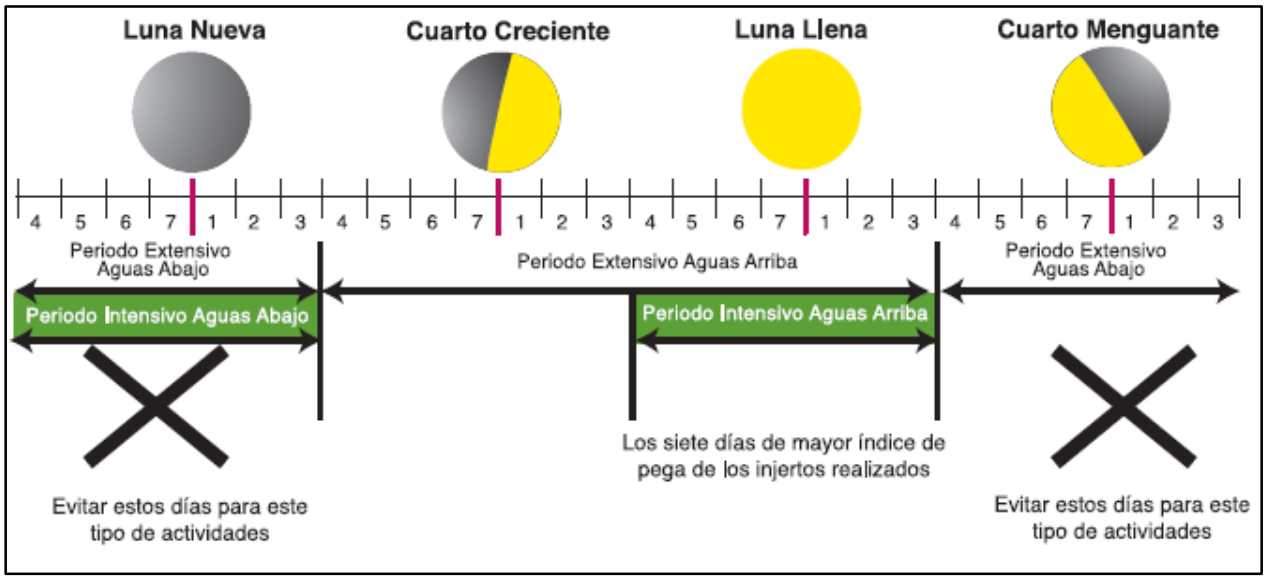


Figura 19. Periodo entre las fases lunares y época recomendable de injertación.

Fuente: Tomado de Restrepo 2005.

Para injertar plantas de aguacate cuyo tallo aún sea menor a 1.5 cm se recomienda hacerlo por el método de enchapado lateral para lo cual debe seguirse el siguiente procedimiento y especificaciones:

1. El injerto se debe realizar a 30 cm de altura del patrón por lo que se deben eliminar todas las hojas bajo el punto de injerto para facilitar el manejo del patrón
2. Hacer un corte vertical de entre 3 a 6 cm en la corteza, sin llegar a la médula, luego se hace otro pequeño corte dejando una pestaña en la parte inferior del primer corte con la finalidad de que este último funcione como apoyo y se pueda sostener la vareta seleccionada
3. Hacer dos cortes a la vareta para que tenga forma de cuña y corresponda a los cortes efectuados en el patrón
4. Encajar la vareta de manera que coincidan las zonas de cambium. Proteger con cinta plástica toda la superficie de injerto pasando dos veces entre el patrón y la variedad para evitar la entrada de agua
5. La parte superior servirá de patrón durante el tiempo en que el patrón se desarrolla hasta unos 30 cm que es cuando se procede a cortar el patrón por encima de la unión de injerto. El segmento de la vareta cortada se utiliza para seguir dando soporte al árbol por lo que se amarra al injerto. El corte debe ser cubierto por cera o bien con un poco de pasta bordelesa preparada según las indicaciones en el anexo de este documento
6. La cinta deberá eliminarse del injerto cuando las yemas comiencen su desarrollo. Aproximadamente a los 28 días después del injerto

En caso de vientos fuertes se debe amarrar un trozo de madera de 60 cm de alto y 3 cm de ancho para que funcione como soporte y así se evitará el rompimiento del injerto y de los nuevos brotes.

Los tejidos de la capa de cambium y el callo resultante se secan y destruyen muy fácilmente por lo que la zona de injerto deberá revisarse cada 2 o 3 días para asegurarse que sigan unidas las dos porciones de tejido.

A partir del día 20 después del injerto se observa el prendimiento de la vareta y a partir de los 28 días puede retirarse la cinta plástica.

4.4. Manejo del cultivo

La propuesta para el manejo del cultivo de aguacate se realizó con base en revisión de literatura y experiencias de productores de aguacate en Michoacán y en Tamiahua, Álamo y Papantla, Veracruz. Debido a lo anterior es posible que las etapas fenológicas en base a la que se distribuyen las distintas practicas del manejo propuesto no ocurran en la época que en este trabajo se plantea por lo que deberá ser necesario observar la fenología cuando las plantas se encuentren en campo y una vez que haya finalizado el periodo de juvenilidad de las mismas para, de ser necesario, realizar ajustes en el plan de manejo del cultivo que aquí se propone.

4.4.1. Plantación

Para realizar esta práctica debemos contar con árboles sanos y vigorosos. Existe un índice de vigor propuesto por Thompson (1985):

$$\text{Índice de vigor} = \frac{\text{Altura (cm)}}{\text{Diámetro (mm)}}$$

Dicho índice de vigor se obtiene de la relación entre la altura del injerto y el diámetro del cuello, los valores menores o igual a seis están asociados a mejor calidad mientras los valores superiores indican que la planta es muy frágil, lo que podría causar quiebre o encorvamiento después del trasplante.

El terreno en donde se realizará la plantación debe estar ubicado, de preferencia, cerca de vías transitables para que faciliten el transporte de insumos y de la cosecha además de permitir la supervisión de las prácticas. Es necesario que el terreno no tenga más allá de un 2 % de pendiente para evitar encharcamientos y con ellos la muerte de árboles por

asfixia radical. En el caso de contar con un terreno de una pendiente más pronunciada es necesario el trazado de curvas a nivel, esta práctica es más efectiva en pendientes entre 2 y 10 % (Rubio y Martínez, 2009).

Para trazar las curvas de nivel se debe localizar la línea de pendiente máxima y se marca con una estaca el punto medio de esa pendiente. A partir del punto señalado con la estaca inicial, se procede a marcar la línea guía o curva de nivel, por medio de estacas separadas de 15 a 20 m. El trazado se hace con cualquier instrumento de nivelación (nivel montado, de mano, de caballete, etc.) (Rubio y Martínez, 2009). La Fig. 20 muestra el uso del “aparato A” para trazar las curvas a nivel, el péndulo que cuelga de este debe estar centrado para el trazo correcto.

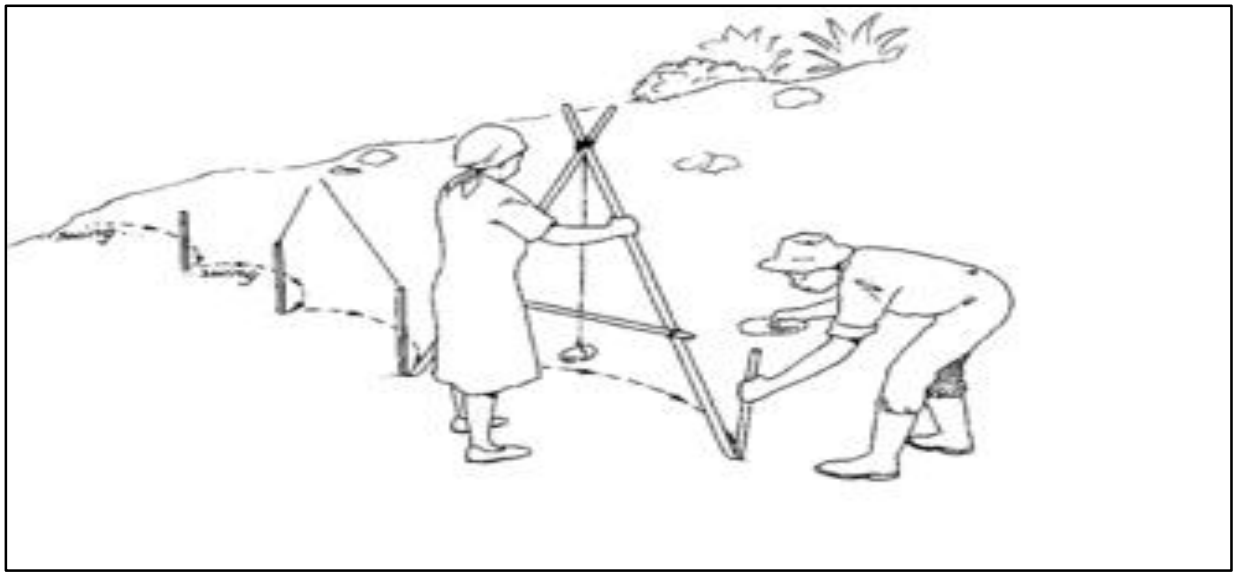


Figura 20. Trazo de curvas a nivel con el aparato "A".

Es recomendable establecer varias líneas guías para que los surcos se mantengan lo más paralelo posible entre sí y en dirección perpendicular a la pendiente por lo que se debe localizar la línea de máxima pendiente del terreno y se divide en porciones de pendiente uniforme, las que se delimitan con estacas (Rubio y Martínez, 2009).

A cada una de las porciones se les determina la pendiente media para posteriormente determinar la separación que debe existir entre las líneas guías de acuerdo con los datos del Cuadro 10.

Cuadro 10. Distancias entre líneas guías según la pendiente del terreno.

Práctica mecánica	**Pendiente media del terreno (%)**	**Distancia entre líneas guías (m)**
Curvas a nivel	1-3	50
	3-5	40
	6-8	30
Completada con otra práctica	8-10	20
	10-12	15
	12-15	10

Fuente: Tomado de Rubio y Martínez, 2009.

Con la distancia entre líneas guías para cada tramo y a partir del punto más alto, se marcan con estacas las separaciones de cada línea guía, en los diferentes tramos. Puede quedar una línea en cada tramo, esto es variable en función de la longitud y pendiente media de cada tramo. Con los puntos se procede al trazo de los surcos que servirán como línea guía y a partir de estos se cavan las cepas (Rubio y Martínez, 2009).

En el caso que el terreno tenga una pendiente muy pronunciada será necesario realizar una “zanja trinchera” siguiendo las curvas de nivel del terreno, se construye con una profundidad de 40 cm de ancho y de 40 cm de profundidad, con una longitud que puede variar de 2 a 7 m, dejando entre zanja y zanja de la misma hilera un “tabique” divisor de más o menos 50 cm de corona y 30 cm de altura donde se hará la plantación (Musálem, 2006). En la Fig. 21 se observa un esquema del terreno después de realizar la práctica de “zanjas trinchera”.

De acuerdo a las experiencias en zonas aguacateras se pueden hacer trazos de modo que se obtenga una distancia entre árboles de 6 x 6 m con un marco de plantación en tres bolillo aunque en algunos casos se plantan arboles a 12 x 12 m bajo un diseño de

marco real. Se recomienda hacer el trazo de modo que la distancia entre arboles sea de 6 x 6 m bajo un diseño de tres bolillo debido a que esto proporcionará una mayor densidad de plantación y un mejor aprovechamiento de la superficie con la que se cuenta. El Cuadro 11 muestra la de población a distintos marcos de plantación, bajo el distanciamiento y el diseño de plantación propuesto se obtendrían 321 árboles por hectárea.

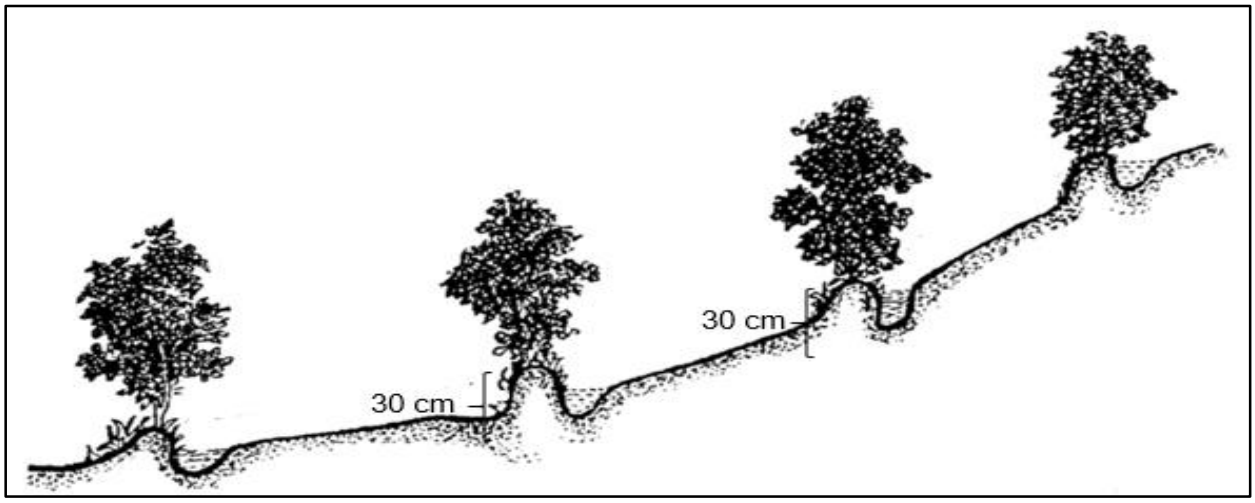


Figura 21. Vista lateral del terreno con curvas de nivel trazadas y zanjas trinchera.

Cuadro 11. Distancias de plantación y densidades de población.

Distancia entre árboles (m)	Tres bolillo (núm. De árboles)	Marco real (núm. De árboles)
5 x 5	462	400
6 x 6	321	277
7 x 7	237	204
8 x 8	180	156
9 x 9	142	123
10 x 10	115	100
11 x 11	94	82
12 x 12	79	69
14 x 14	57	50

La propuesta para la plantación consiste en cavar una “cepa” u hoyo de 50 x 50 x 50 cm o bien de 80 x 80 x 80 cm si el terreno se encuentra muy compactado y pobre de materia orgánica.

La cepa deberá ser cavada por lo menos tres semanas antes de realizar la plantación con el objetivo de intemperizar el interior. La primera capa de tierra que obtengamos de la excavación de la cepa debe de colocarse del lado derecho de esta y la siguiente capa deberá colocarse en un montículo al lado izquierdo.

Es recomendable realizar la plantación a finales de mayo y principios de junio a fin de coincidir con el inicio de la época de lluvias, es posible realizar la plantación en el mes de enero debido a la ocurrencia de “nortes” en la región; Restrepo (2007) señala que los mejores días para realizar el establecimiento en campo son los comprendidos entre la luna en su fase de cuarto creciente y hasta tres días después de luna llena.

Al momento de realizar la plantación debe humedecerse completamente la cepa con el consorcio de microorganismos local con la finalidad de establecer un equilibrio entre la fauna del suelo y prevenir el ataque a la raíz de microorganismos fitopatógenos, comenzará a rellenarse la cepa con una capa de 20 cm de composta, bocashi u otro abono orgánico que deberá ser obtenida como se indica en los anexos.

Posteriormente deberá depositarse el árbol proveniente de vivero, la tierra que se encuentra a lado derecho de la cepa y para terminar de rellenar la cepa se utilizará la tierra del montículo al lado izquierdo de la cepa con la finalidad de intercambiar los nutrimentos minerales que se encuentran en los horizontes y puedan ser más fácilmente aprovechados por la planta.

Es necesario que al terminar el trasplante se realice un riego y se coloque un acolchado sobre la cepa para evitar la rápida perdida de humedad, es importante que el acolchado mantenga una distancia de 20 cm del tronco de la nueva planta para evitar la colonización por hormigas (*Atta cephalotes*). Debe procurarse que al finalizar la plantación el árbol quede al mismo nivel que cuando estaba en el vivero.

Los riegos deben darse cada tres días durante los primeros tres meses después del trasplante con la finalidad de no estresar al árbol y lograr su establecimiento.

Es recomendable que durante los primeros 4 meses en campo los tallos se protejan con un tubo o cartón de color blanco en la base del tallo a modo de cubrir también la zona de injerto, si no es posible puede pintarse por debajo de la zona de injerto con pasta bordelesa. Con esto se evitará el golpe de sol al tallo además de proporcionar protección contra plagas, en especial contra hormigas.

4.4.2. Practicas agroecológicas en el manejo de cultivo

En base a las experiencias de productores citrícolas de la región se proponen las siguientes prácticas.

4.4.2.1. Manejo de la superficie del suelo

4.4.2.1.1. Manejo de arvenses

Se puede utilizar la rastra dos veces al año, en marzo y julio durante la canícula, siempre pasando solo por la calle y fuera de la zona de goteo del árbol para evitar el corte de las raíces superficiales y propiciar la entrada y colonización de hongos. La literatura menciona que el cortar las raíces favorece la producción de citocininas y por lo tanto aumenta la producción del árbol en el siguiente ciclo pero debido al clima predominante en la región el riesgo de infección por hongos es mayor que el beneficio que traería la producción de citocininas en las raíces debido al corte.

Muchas veces no se cuenta con rastra así que el manejo de arvenses se debe realizar con machete, en la zona se realiza el “chapote volado” cuando se desea preservar la humedad del suelo y consiste en cortar arvenses a 15 cm del suelo, esta práctica se realiza en mayo; cuando la humedad del suelo es excesiva se realiza el “chapote pelo tierra” que consiste en cortar a ras de suelo la totalidad de las arvenses y generalmente se realiza durante la época lluviosa que comienza en junio.

Es recomendable que posterior a la limpia se distribuyan los restos de arvenses dentro de la zona de goteo del árbol sin llegar a tapar el tallo o tronco con la finalidad de retener humedad y que en la base del tallo no se establezcan plagas.

Desde el punto de vista técnico la razón principal para dejar arvenses en el campo es que muchas de ellas son preferidas por las plagas antes que el aguacate por lo tanto van a ser más atacadas por las plagas, un ejemplo de lo anterior es la mayor presencia y daño de pulgones en el mozote amarillo y blanco que en los naranjos de la zona citrícola de Veracruz.

En época de lluvias (junio-noviembre), se da un chapeo a ras de suelo bajo las copas de los árboles con machete o desbrozadora, para así evitar la competencia de nutrientes con los arvenses, debido a que en esta época los arvenses se desarrollan muy rápido.

Es importante mencionar que el control de arvenses es más costoso en el sistema orgánico en comparación con el convencional debido a que implica más jornales para realizar la tarea mientras que en el sistema convencional el uso de un herbicida elimina las arvenses con una adecuada aplicación en cuanto a dosis y época.

4.4.2.1.2. Abonos verdes

Estos se utilizan como una alternativa para aportar nutrimentos, carbono orgánico y mejorar las propiedades del suelo. Comúnmente se utilizan plantas pertenecientes a la familia de las leguminosas (García y Martínez, s.f.).

El uso de coberteras con compostas aumenta el contenido de materia orgánica en el suelo, la disponibilidad de fósforo, potasio intercambiable y mejoran la porosidad y capacidad de retención de humedad. Por otra parte su uso también estimula las poblaciones de microorganismos. El crecimiento de raíces en aguacate es mayor y más rápido con coberteras, además aumenta también la tasa de crecimiento del fruto (Reyes *et al.,* 1997a).

Los acolchados en su mayoría son adecuados para el crecimiento de agentes de biocontrol ya que en un estudio utilizando acolchado en plantas de aguacate se encontraron poblaciones significativas de *Trichoderma harzianum, Gliocladium virens* y *Pseudomonas fluorescens* (Reyes *et al.,* 1997a).

Experiencias de productores orgánicos en la región de estudio refieren el uso del plantas como canavalia (*Canavalia ensiformis*), crotalaria (C*rotalaria mucronata*), frijol nescafé (*Mucuna deeringiana)* y soya perenne (*Glycine whightii*) con bueno resultados en cuanto al manejo de arvenses y mejora de la estructura del suelo. Una desventaja del uso de estas especies como cobertera es que también sirven de escondite para algunas serpientes.

Se sugiere utilizar las coberteras anteriores sobre todo en las zonas susceptibles de inundación en época de lluvias y así disminuir el impacto de la erosión causada.

Estos abonos verdes deben sembrarse en las áreas entre calles exclusivamente pues el aguacate posee raíces muy superficiales y poco competitivas por lo que no se recomienda establecerlas bajo el área de goteo del árbol. Dentro del área de goteo es recomendable mantener acolchado con rastrojo para evitar perdida de humedad y reducir la presencia de arvenses, debe evitarse acolchar los primeros 20 cm alrededor del tronco para prevenir la presencia de hormigas.

A continuación se mencionan algunas especies recomendadas para su utilización como abonos verdes en la región, en todos los casos deben hacerse aplicaciones de caldo ceniza vía foliar al 3 % a los 15 días posteriores a la germinación y posteriormente a intervalos de 15 días con la finalidad de prevenir la presencia de hongos y para aportar nutrimentos. También debe aplicarse el consorcio local de hongos al 3 % al momento de la siembra, en prefloración y cuando se cuente el 50 % de floración de cada especie.

En algunos casos es recomendable incorporar el abono durante floración o prefloración, se recomienda que por lo menos el pimer ciclo de producción se deje transcurrir completo con el fin de obtener semilla para el siguiente ciclo y permitir la germinación de semillas que maduraron y no fueron recolectadas.

4.3.2.1.2.1. Canavalia (*Canavalia ensiformis*)

De crecimiento vigoroso por lo que rápidamente cubre a las arvenses aunque es preferible que durante su establecimiento y los siguientes 30 días se mantenga al suelo libre de arvenses.

Respecto a los requerimientos, esta planta se desarrolla en suelos con un rango de pH de 5 a 8, es tolerante a la sequía y a condiciones de salinidad. Su desarrollo óptimo se logra en zonas con un pH de 5.5 y una precipitación media de 900 mm anuales.

García y Martínez (s.f.) reportan que la incorporación de canavalia como abono verde aporta 2.49 % de N, 0.15 % de P, 5.62 %de K, 1.35 % de Ca, 0.63 % de Mg, 9ppm de Cu, 62 ppm de Zn y 254 ppm de Mn con una relación C/N de 20.10 mientras se incorpore durante la floración.

La utilización de canavalia llega a fijar hasta 250 kg de N al suelo, en promedio 190 kg, en un período de crecimiento de 180 a 300 días (Jiménez y Añasco, 2005).

Se sugiere sembrar con una separación de 50 cm entre surcos y 20 cm entre semillas, la cantidad de semilla por hectárea es de 150–180 kg • ha^{-1} (Jiménez y Añasco, 2005).

4.3.2.1.2.2. Crotalaria (C*rotolaria mucronata*)

La planta es resistente a la sequía y se adapta a lugares cálidos, tiene un hábito de crecimiento determinado que en la región se detiene alrededor de 1.5 m, no tolera la sombra y puede ser venenosa para el ganado (Jiménez y Añasco, 2005).

Por hectárea se deben de sembrar 40 kg en hileras con separación de 25 cm entre una y otra, con un sistema a chorrillo (Jiménez y Añasco, 2005).

García y Martínez (s.f.) reportan que la incorporación de crotalaria aporta 3.43 % de N, 0.09 % P, 2.30 % de K, 1.32 % de Ca, 0.47 % de Mg, 13 ppm de Cu, 35 ppm de Zn, 111 ppm de Mn y una relación C/N de 15.65. Jiménez y Añasco (2005) reportan que tiene un gran rendimiento en materia verde, el rendimiento va de 1.4 a 2.42 t • ha^{-1} de materia seca.

Durante su desarrollo es necesario realizar solo dos limpias, posteriormente la superficie del suelo es cubierta por la crotolaria y disminuye la presencia de otras arvenses.

4.3.2.1.2.3. Frijol nescafé (*Mucuna deeringiana)*

Conocido también como frijol terciopelo o pica pica dulce, su periodo de crecimiento se extiende hasta 270 días, tolera condiciones de sequía y al igual que el aguacate, no resiste la inundación, tolera suelos moderadamente ácidos aunque su desarrollo óptimo se alcanza en pH entre 5 a 6.5 (Jiménez y Añasco, 2005).

Se recomienda sembrar 2 semillas con una separación entre postura de 2 m y 2 m de distancia entre surcos (Jiménez y Añasco, 2005).

García y Martínez (s.f.) reportan que el uso de frijol nescafé como abono verde incorpora 2.49 % de N, 0.13 % de P, 1.40 % de K, 1.17 % de Ca, 0.27 % de Mg, 14 ppm de Cu, 29 ppm de Zn, 174 ppm de Mn con una relación C/N de 21.06.

4.4.2.2. Poda

La productividad está directamente relacionada con el comportamiento fisiológico de sus brotes por lo que en este trabajo se recomienda un manejo de podas, aunque al respecto (Ibar, 1979) menciona que el aguacate se desarrolla mejor cuando se le deja crecer libremente, de tal forma que la poda de formación solo debe limitarse a pequeñas modificaciones.

En caso de que el árbol crezca sin ramificaciones dando lugar a un solo tronco muy elevado, deberá corregirse cortando esta rama a una altura conveniente para conseguir una ramificación oportuna.

Como recomendación en todos los cortes que se hagan se deberá de procurar que se hagan de un solo movimiento con la finalidad de evitar la formación de bordes que pudieran retener agua y favorecer la aparición de enfermedades, también debe de aplicarse pasta bordelesa sobre cada corte realizado para evitar la colonización por hongos o la alimentación de plagas a partir del corte.

En este trabajo se propone que se realicen las siguientes podas:

4.4.2.2.1. Poda de formación

Al momento de la plantación debe despuntarse el tallo principal con la finalidad de forzar la brotación de las yemas laterales y cuando estas broten deberá hacerse un recorte de todas hasta el segundo nudo de su crecimiento para que queden definidas las ramas estructurales del árbol.

En esta poda deben eliminarse ramas que se consideren mal ubicadas pues son ramas y brotes que se encuentran a menos de 10 cm de otra rama, que tengan crecimiento hacia abajo o que estén entrecruzadas con alguna otra rama. En caso de que el árbol de vivero presente escaso vigor deberá de hacerse una poda severa cortando el tallo principal 15 a 20 cm sobre la zona de injerto ya que este tipo de podas producen brotes con crecimiento vigoroso; un despunte produce un brote con crecimiento normal.

Una investigación realizada por Rocha *et al.* (2001) sobre el desarrollo de aguacate 'Hass' en diversos climas arroja que los brotes de invierno dan origen a tres flujos vegetativos: primavera, verano e invierno (del ciclo siguiente). La mayor producción de brotes de verano por los brotes de invierno se registró en el clima semicálido subhúmedo. Los brotes de primavera produjeron brotes de verano y de invierno (del siguiente ciclo) en todos los climas, la mayor producción de brotes de verano se registra en el clima semicálido subhúmedo y de brotes de invierno en los climas semicálido subhúmedo y templado subhúmedo.

La mayor abundancia de brotes vegetativos en el siguiente invierno producidos por los brotes de verano ocurrió en los climas semicálido subhúmedo y templado subhúmedo. En el clima cálido subhúmedo ningún flujo vegetativo produjo floración loca o aventajada.

En base a la investigación realizada por Rocha *et al.* (2001) deberá de propiciarse el crecimiento de brotes de verano debido a que estos producen la mayor cantidad de brotes, los brotes de verano provienen mayormente de brotes de invierno.

4.4.2.2.2. Poda de producción

Los cortes en este tipo de poda deben hacerse en las ramas laterales para estimular el desarrollo floral, si se podan ramas muy vigorosas o el tronco se estará estimulando el desarrollo vegetativo del árbol, por lo que se retrasará la producción de frutos y el rendimiento disminuirá en el caso de que el árbol ya se encuentre en producción.

Durante esta poda se deben de tomar en cuenta las siguientes precauciones:

- Eliminar la menor cantidad posible de madera verde y hojas
- Cuanto más gruesa sea la rama eliminada, mayor será el estímulo del crecimiento
- Hacer los cortes cerca de una rama lateral

La poda por debajo de los anillos de crecimiento (las marcas que quedan en el sitio donde se originó el brote) reducirán el vigor del brote e incrementarán la complejidad con el número de puntos de fructificación (Téliz *et al.*, 2007).

4.4.2.2.3. Poda de saneamiento

Esta poda se sugiere realizarla después de la cosecha. Esta poda tiene como objetivo eliminar ramas secas del árbol con la finalidad de permitir mayor aireación, mayor iluminación al interior de la copa y evitar el desarrollo y proliferación de plagas y enfermedades.

Es importante que siempre se pinte con caldo bordelés el área recién cortada.

4.4.2.2.4. Poda de rejuvenecimiento

Cuando se observen espacios dentro de la copa del árbol en que no existe crecimiento nuevo o brotes florales, la producción de frutos disminuya considerablemente y las copas de los árboles se hayan entrecruzado entre ellas, entonces debemos hacer una poda de rejuvenecimiento.

Esta poda consiste en realizar un corte ligeramente inclinado a 1 m o 1.2 m a partir de la base del tronco sin cortar nunca por debajo del injerto para evitar la brotación del portainjerto.

Esta poda de hace en hileras alternas con la finalidad de no disminuir totalmente la producción de frutos en la huerta. Así se podará una línea y cuando esta comience a producir se cortará la línea que no se podó anteriormente.

Otra posible modalidad de la poda de rejuvenecimiento es podar una mitad lateral de cada árbol, cuando la mitad podada del árbol comience a producir frutos entonces se podará la otra mitad. En ambos casos es necesario pintar el tronco con caldo bordelés el tronco para evitar golpes de sol debido a la ausencia de follaje que lo proteja.

4.4.2.3. Fertilización

Las épocas de mayor demanda de nutrimentos en árboles frutales son: durante floración, inicio de desarrollo vegetativo y desarrollo del fruto aunque en el caso del aguacate es difícil definir estas etapas debido a que durante el desarrollo del cultivo diversas fases ocurren simultáneamente.

Las fertilizaciones deben realizarse al inicio de la temporada de lluvias y a la mitad del desarrollo de los frutos de la floración más importante. El fertilizante debe colocarse siempre dentro de la mitad de la zona de goteo y la proyección externa de la copa del árbol debido a que en esta zona se concentra la mayor cantidad de raíces delgadas y se recomienda que posteriormente se coloque un acolchado o “mulch”.

4.4.2.3.1. Estado nutrimental del suelo en la región

En la región norte de Veracruz las características del suelo en base a análisis de suelo y según la NOM-021-RECNAT-2000, de manera general:

- Respecto al pH: medianamente alcalino
- Respecto a la densidad aparente: de tipo mineral y de tipo arcilloso.
- Respecto al contenido de materia orgánica: entre muy bajo y bajo.
- Respecto a textura: franco y franco arcilloso, aunque en las tierras “vegas” la textura es franco limoso.
- Respecto al fosforo aprovechable: entre bajo y medio.
- Respecto a la CIC: alta.
- Respecto a los valores de micronutrimentos: adecuados.
- Respecto al valor de B: entre medio y alto.
- Respecto al valor de CE: con efectos despreciables de la salinidad.
- Respecto al Porcentaje de Saturación de Bases (PSB): 98%, muy alto

El Cuadro 12 muestra los rangos en que se encuentran los nutrimentos reportados por los análisis de suelo realizados dentro de la zona de estudio y la clasificación en que se encuentra dicho rango.

Se observa que solo en el caso de P, Mg y Cu los niveles de concentración deben aumentarse. El Zn, Mn, Cu y B se encuentran en nivel moderado pero debido a que son elementos inmóviles es recomendable realizar fertilizantes foliares.

Cuadro 12. Concentración (ppm) de algunos nutrimentos en los suelos de la región

Nutrimento	**Rango, expresado en ppm**	**Nivel de concentración en que se encuentra**
$CaCO_3$	>15 %	Muy alto (suelo calcáreo)
P	0 a 4	Muy bajo
K	268 a 336	Medio

Continuación del Cuadro 12…		
Nutrimento	**Rango, expresado en ppm**	**Nivel de concentración en que se encuentra**
Ca	6000 a 8000	Alto
Mg	150 a 250	Moderadamente bajo
Fe	1.3 a 2.5	Moderadamente alto
Zn	1.3 a 2.5	Moderado
Mn	12 a 25	Moderado
Cu	< 0.2	Muy bajo
B	< 1.29	Medio

Ya que en la región es muy extensa, los contenidos exactos de todos los nutrimentos se encuentran de manera variable en cada parcela.

4.4.2.3.2. Requerimientos edáficos

En la literatura no existe información sobre la fertilización de variedades de aguacate pertenecientes a las razas *guatemalensis* o *americana* por lo que para este trabajo se optó por mantener los niveles nutrimentales del suelo en condiciones óptimas para cultivo.

Para los cálculos se siguió el siguiente procedimiento:

1. Determinar la superficie a fertilizar

Para esto se debe tomar en cuenta la densidad de plantación y el radio medio del área de goteo de los árboles. Se realizará el cálculo con una densidad de 321 árboles ha^{-1} y un radio de 0.5 m.

$$SF= 321 \times (\pi \times r^2)$$

$$SF= 321 \times (0.785\ m^2)$$

$$SF= 252.11\ m^2$$

2. Determinar el peso del suelo según los resultados de laboratorio:

PS= superficie (m^2) x Profundidad de exploración de raíces (m) x Dap ($t\ m^{-3}$)

$$PS = (252.11\ m^2)\ (0.5\ m)\ (1.2\ t\ m^{-3})$$

$$PS= 151.26\ t = 151.3\ t$$

Donde:

PS =peso de suelo

Dap= densidad aparente

3. Calcular la concentración de cada elemento en el suelo

Para calcular P en una ha de suelo

$$VPS= PS\ x\ VPL$$

$$VPS= 151.3\ t\ x\ 3.48\ mg\ kg^{-1}$$

$$VPS = 526.52\ g$$ en la superficie calculada

Donde:

VPS= valor de P en el suelo

PS= peso del suelo

Vl= valor de P en laboratorio

El Cuadro 13 muestra la cantidad de nutrimentos presente en una muestra de suelo tomada en Papantla, Veracruz.

Cuadro 13. Contenido nutrimental del suelo en Papantla, Ver.

Nutrimento	**Valor de laboratorio (mg kg^{-1})**	**Cantidad (g en 252.11 m^2)**
Ni	50.3	7,610.39
P	3.48	526.52
K	268	40,548.4
Ca	6,254	94,6230.2
Mg	164	24,813.2
Fe	20.98	3,174.27
Cu	0.02	3.02
Zn	4.54	686.90
Mn	12.29	1,859.47
B	1.11	167.94

4. Deberán compararse los valores nutrimentales en el suelo con los requeridos para suelos de cultivo y con esto obtener el requerimiento.

En el Cuadro 14 se muestran los valores nutrimentales de una muestra de suelo tomada en Papantla, Veracruz, el valor deseado de los nutrimentos en el suelo (Vergara, 2012) y los requerimientos para llegar a ese valor.

Cuadro 14. Requerimientos nutricionales en el suelo.

Elemento	**Valor deseado (mg kg^{-1})**	**Valor deseado en 252.11 m^2**	**Requerimiento (mg kg^{-1}))**	**Requerimiento (kg) en superficie a fertilizar**
Ni	41.0	6,203.3	-1,407.09	
P	**21.0**	**3,177.3**	**2,650.78**	**401.06**
K	151.0	22,846.3	-17,702.10	
Ca	1,001.0	151,451.3	-794,778.90	
Mg	101.0	15,281.3	-9,531.90	
Fe	9.0	1,361.7	-1,812.57	
Cu	**1.0**	**151.3**	**148.28**	**22.43**
Zn	2.0	302.6	-384.30	

Continuación del Cuadro 14…				
Elemento	**Valor deseado (mg kg^{-1})**	**Valor deseado en 252.11 m^2**	**Requerimiento (mg kg^{-1}))**	**Requerimiento (kg) en superficie a fertilizar**
Mn	10.0	1,513	-346.47	
B	**1.2**	**181.56**	**13.62**	**2.06**

Se deben suplir los requerimientos de P, Cu y B.

5. Se propone suplir el requerimiento de fosforo con el uso de roca fosfórica. Se necesitan 401.06 kg de P equivalente a 918.42 kg de P_2O_5, la roca fosfórica contiene 31.073 % de P_2O_5 por lo que se requieren:

$$\text{Roca fosfórica} = \frac{401.06\text{kg x } 100}{31.073\text{ kg}}$$

Roca fosfórica = 1,293.74 kg

A cada árbol se le deberá aplicar 4 kg por año de roca fosfórica en el caso de este análisis de suelo, la dosis se deberá dividir y aplicarse la mitad al inicio de la temporada de lluvias, la segunda mitad deberá aplicarse 6 meses después.

En el caso de los requerimientos de Cu y B estos deberán aplicarse de manera foliar al inicio de la floración, cuando exista el 50 % de floración y durante el cuajado de frutos.

4.4.2.3.1. Síntomas de deficiencia de nutrimentos

Existen diversos síntomas con los que se manifiesta una deficiencia nutrimental específica dependiendo del cultivo con el que se esté trabajando; en el caso del aguacate se presentan una serie de síntomas de acuerdo al nutrimento que se encuentra deficiente por lo que se presentan los síntomas típicos de algunas deficiencias en aguacate según Salazar-García (2002).

Deficiencia de nitrógeno: comienzan escaso crecimiento en los brotes y el borde de las hojas se quema comenzando desde las ramas más pequeñas. Cuando la deficiencia se agudiza se presenta una clorosis general y comienzan a formarse hojas más pequeñas y de un color pálido, también ocurre una defoliación temprana, poco antes o durante la floración, la floración se vuelve mucho más abundante y inflorescencias cortas, gruesas y con poco amarre de fruto. En caso de existir frutos estos son pequeños con epidermis de color verde pálido.

Deficiencia de fósforo: Los brotes vegetativos son cortos y delgados y suele ocurrir defoliación temprana, las hojas de mayor edad son coriáceas y pueden adquirir un tono bronceado, se presentan también manchas necróticas sin patrón determinado en la lámina de la hoja y en el envés las nervaduras pueden tornarse moradas, incluyendo al pecíolo de la hoja.

Deficiencia de potasio: las deficiencias ocasionan poco crecimiento, brotes delgados y cortos, muerte regresiva de brotes al final de los meses secos, dichos meses comprenden de enero a abril en la región norte de Veracruz. Las hojas adultas presentan los primeros síntomas en forma de clorosis internerval e irregular de los márgenes y el ápice, posteriormente la clorosis cambia de amarillo claro a bronceado, luego a café y finalmente aparecen lesiones corchosas; en caso de existir frutos en desarrollo estos caen y los que llegan a madurez suelen ser pequeños.

Deficiencia de calcio: es poco probable que se presente esta deficiencia debido a que los suelos en la región son calcáreos. La deficiencia se hace visible primero en las hojas jóvenes, las cuáles se desarrollan deformes y con los márgenes irregulares, ondulados y curvados hacia abajo (en forma de gancho).

Deficiencia de magnesio: se presenta clorosis entre las nervaduras de la hoja, ya sea cerca de la nervadura central o de los márgenes, las nervaduras permanecen verdes; en deficiencia aguda puede observarse necrosis internerval o bien en los márgenes de la hoja.

Deficiencia de hierro: clorosis internerval de hojas jóvenes hasta adquirir un aspecto blanco. En casos agudos puede ocurrir una defoliación y muerte general de los brotes.

Deficiencia de manganeso: los síntomas comienzan en hojas jóvenes con una clorosis internerval solo en los márgenes de la hoja y avanza hacia la nervadura central o bien en sentido contrario, comenzar desde la nervadura central y avanzar hasta el margen de la hoja. La clorosis podría ser generalizada en el árbol y las hojas jóvenes permanecer verdes.

Deficiencia de zinc: las áreas entre las nervaduras de las hojas jóvenes o brotes terminales presentan un color verde claro a amarillo pálido, las hojas nuevas son más angostas y cuando la deficiencia se agudiza pueden presentarse necrosis en los márgenes de las hojas y ocurre un acortamiento de los entrenudos dando apariencia de roseta. El rendimiento se reduce drásticamente y los frutos pueden llegar a presentar una forma redondeada.

Deficiencia de boro: se observan zonas arrugadas y corchosas entre las nervaduras de las hojas jóvenes debido al desarrollo de la lámina foliar y la detención del crecimiento de las células jóvenes de los márgenes de las hojas. Perforaciones en hojas jóvenes. La corteza del tronco se agrita y adquiere una apariencia rugosa. En aguacate ‘Hass’ esta deficiencia ha sido asociada al cáncer del tronco causado por *Xhanthomonas capestris* o por *Pseudomonas syringae.*

Deficiencia de cobre: hojas jóvenes de menor tamaño y es posible que se deformen, acortamiento de entrenudos y muerte de ápices. Las hojas adultas son de color oscuro y sus nervaduras de color bronceado.

Deficiencia de azufre: se observa clorosis en hojas jóvenes y en deficiencia aguda la clorosis es general en el árbol.

4.4.2.4. Manejo orgánico de plagas

Es importante mantener el cultivo en un agroecosistema equilibrado para prevenir que alguno de los insectos presentes se convierta en plaga ya que estos ocasionan, en una etapa avanzada, severos daños a los órganos de las plantas con lo que inevitablemente de reduce el rendimiento en una huerta y por lo tanto el ingreso económico precavido por el productor. En caso de presencia de plagas, estas pueden ser manejadas a través de prácticas culturales, policultivos, inclusión de cultivos trampa y el manejo de las condiciones de microclima para evitar el desarrollo de plagas.

A continuación se describen algunas prácticas utilizadas para el manejo de algunas de las plagas más importantes en el cultivo de aguacate.

4.4.2.4.1. Plagas cuarentenarias

En México se consideran con estatus de “plagas cuarentenarias” al barrenador pequeño del hueso (*Conotrachelus aguacatae* y *C. persea* Barber), barrenador grande del hueso (*Heilipus lauri* Boheman), barrenador de ramas (*Copturus aguacatae* Kissinger) y la palomilla barrenadora del hueso del aguacate (*Stenoma catenifer* Walsingham) debido a que son una limitante para la producción y comercialización nacional de aguacate con calidad fitosanitaria (SAGARPA, 2005).

Las plagas cuarentenarias aquí mencionadas están controladas de manera legal debido a que se encuentran en la Norma Oficial Mexicana NOM-066-FITO-1995.

4.4.2.4.1.1. Barrenadores del hueso

Estos requieren de temperaturas superiores a 10 ºC para completar su ciclo por lo que es importante el monitoreo de esta plaga (SAGARPA, 2005) ya que en la región Norte de Veracruz las temperaturas son propicias para el desarrollo de estos coleópteros y aún no se ha determinado en campo la época de emergencia de adultos que es necesario conocer de esta familia para realizar un control eficiente en la zona.

Para prevenir la alta incidencia de barrenadores de semilla es necesario hacer una aspersión al follaje cada tres semanas alternando los hongos *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* en cada aplicación, la solución a asperjar debe contener 3 L del hongo por cada 100 L de agua. El cultivo y obtención del hongo debe realizarse como se indica en los anexos de este trabajo.

Un mes antes de que comience la floración deben comenzarse las aplicaciones cada 15 días, debe continuarse así durante los dos meses posteriores a la plena floración.

Debido a que las hembras ovipositan en los frutos posteriormente al cuajado de los mismos, se ocasiona la caída de estos por lo que se recomienda levantar todos los frutos que se encuentren en el suelo, además que algunos de estos pueden aun contener larvas que no han completado su desarrollo y por lo mismo no han dejado el fruto para comenzar a pupar en el suelo.

Los frutos levantados del suelo deben ser depositados inmediatamente en un contenedor, puede ser una bolsa, un bote, un costal, para evitar la posibilidad de que una larva caiga del fruto al suelo. Estos frutos deberán ser enterrados en un hoyo fuera de la huerta de modo que queden a una profundidad de por lo menos 30 cm, se deberá asperjar *Beauveria bassiana, Metarhizium anisopliae* o el consorcio local de microorganismos sobre los frutos a una concentración del 5 % para que estos colonicen las posibles larvas o pupas del barrenador y se colocará una capa de cal al final para evitar que las larvas pupen y emerjan del suelo.

Es posible que se encuentren barrenadores pupando en el suelo por lo que es necesario realizar aplicaciones del consorcio local de hongos alternando con *Beauveria bassiana*, dichas aplicaciones deben hacerse a una concentración del 5 % y bajo la zona de goteo del árbol con intervalo de 15 días posteriores al inicio de la floración y durante dos meses posteriores.

La Fig. 22 muestra el daño causado por un barrenador de hueso a un fruto y la morfología del barrenador pequeño del hueso *Conotrachelus perseae* K. En la imagen se observa la oxidación y pudrición del fruto casuada por el barrenador y la posterior entrada de fitopatogenos secundarios a través de la cavidad de ovipostura, en esta etapa ya no es posible disminuir las perdidas por lo que las prácticas realizadas siempre deben de enfocarse en la prevención.

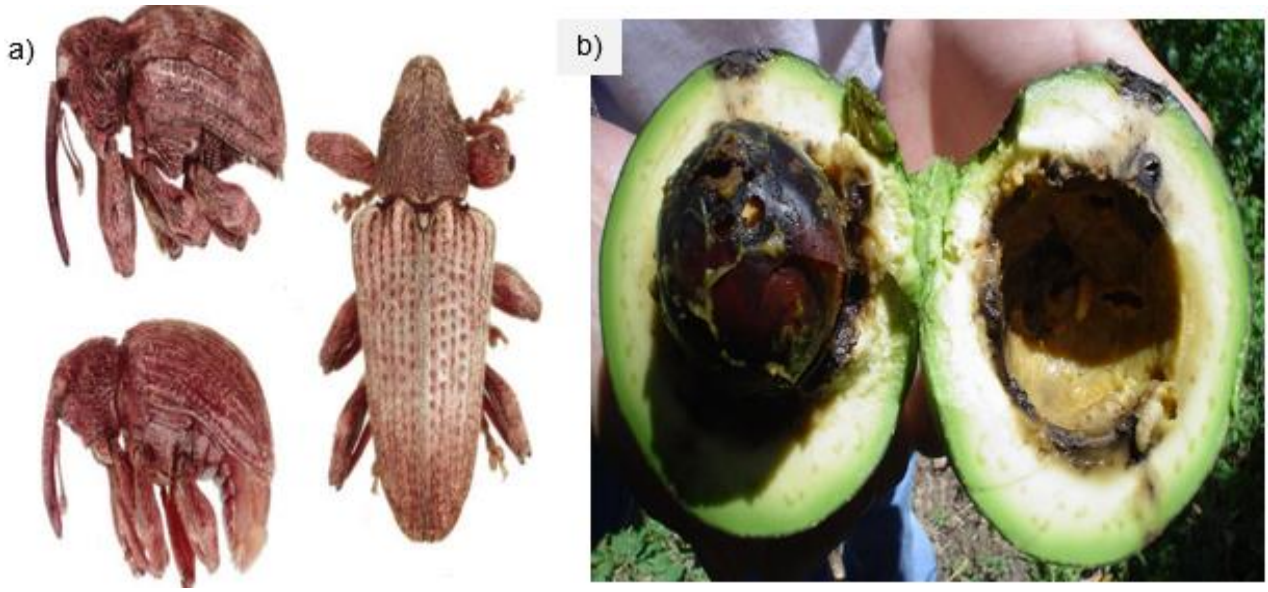


Figura 22. *Conotrachelus perseae* Barber y daños que causa al fruto de aguacate.

En el inciso a) se observan vistas de costado del macho (arriba) y hembra (abajo) de *Conotrachelus perseae* Barber; en el inciso b) se observan los daños que causa el barrenador pequeño del aguacate (Conotrachelus perseae Barber) al fruto de aguacate. Fuente: Domínguez (2006).

Para evitar la presencia de la palomilla del barrenador de hueso *Stenoma catenifer* Walsingham deben de aplicarse las indicaciones anteriores además que es necesario establecer trampas en color amarillo cubiertas con pegamento sobre todo colgadas en la parte inferior de la copa del árbol pues regularmente ahí se encuentran los adultos.

4.4.2.4.1.2. Barrenadores de ramas

El trampeo debe de realizarse con bandas de plástico en color azul o verde (Téliz, 2007). Esto además de ayudar al manejo de la plaga también muestra la época en que aumenta la población de adultos y por lo tanto ayuda al manejo de una manera más eficaz.

Es importante que cuando comiencen los indicios de daño por barrenadores en las ramas se realicen podas y las ramas que se obtengan de los cortes sean quemadas en su totalidad para evitar la propagación.

Se recomienda que se realicen aspersiones a ramas y hojas al 3 % de hongos como *Beauveria bassiana, Metarhizum anisopliae* o bien *Bacillus thuringiensis* con la finalidad de mojar directamente al barrenador. Es recomendable realizar esta práctica por las tardes debido a que esta plaga tiene hábitos nocturnos y durante el día se encuentran en las grietas de las ramas por lo que las aspersiones no tendrían efectividad o una menor comparada con la aplicación por la tarde.

Para evitar oviposturas de *C. aguacatae* en los troncos es conveniente encalarlos y mantenerlos así (Martínez *et al*., 1994), puede también utilizarse pasta bordelesa para pintar los troncos. En los anexos de este documento se encuentra la forma de preparación.

La Fig. 23 ilustra el daño causado por el barrenador de ramas y la morfología de *Copturus aguacatae* K. Es posible que el daño sea causado en ramas gruesas e incluso en el tronco del árbol.

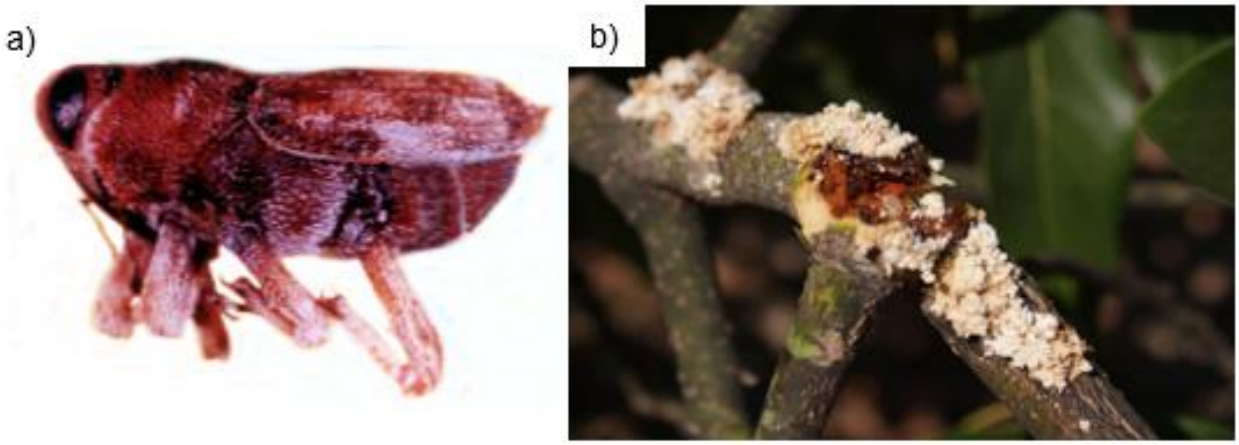


Figura *23*. *Copturus aguacatae* K. y el daño que causa en ramas.

Fuente: Urías y Salazar (2008).

El inciso a) muestra una vista lateral de *Copturus aguacatae* K., el inciso b) muestra los daños a una rama causados por la plaga anterior. Se observa el aserrín y exudado causado por el barrenador al realizar una galería.

4.4.2.4.2. Plagas importantes

Estas se presentan principalmente entre la floración y la cosecha. Es importante prevenir estas plagas debido a que afectan directamente la producción y apariencia del fruto.

4.4.2.4.2.1. Trips (*Frankiniella spp*, *Heliothrips sp.* y *Pseudophilothrips sp.*)

La mayor incidencia de trips en el aguacatero se da a partir de la floración y hasta que el fruto alcanza la fase de “canica” ya que el espesor de la epidermis del fruto permite la alimentación del trips mediante el raspado de esta.

Debido a lo anterior es necesario realizar aplicaciones una semana antes de comenzar con la floración y posteriormente realizar aspersiones al follaje de manera semanal hasta el fruto “canica”. En la Fig. 24 se pueden observar ejemplares adultos de *Heliothrips haemorroidalis* y el daño que causa al fruto. El daño es a la epidermis del fruto no a la pulpa aunque el fruto se deprecia debido a este daño estético.

Figura 24. *Heliothrips haemorroidalis* y el daño causado al fruto.

Fuente: Denmark, 2010.
En el inciso a) se observa a *Heliothrips haemorrhoidalis* en su estadío adulto además de excreciones del insecto. El inciso b) muestra el daño causado a los frutos de aguacate.

Independientemente de la recomendación anterior también deben realizarse aplicaciones al follaje en tres momentos importantes: una aplicación a mediados de abril cuando se presenta la temporada seca, otra aplicación a finales de julio y una última a finales de septiembre o principios de octubre; todas estas se recomiendan en base a los periodos secos e incremento de temperatura, de canícula y descenso de temperatura respectivamente debido a que en los primeros la población de trips tiende a aumentar por las condiciones favorables y en la última época mencionada los trips comienzan a pupar por lo que debe realizarse un control.

Las aspersiones mencionadas deben realizarse con *Lecanicillium lecanii* en una concentración al 3 % (3 L de cultivo de la cepa por cada 100 L de agua) o puede utilizarse Spinosad en concentraciones comerciales aplicando directamente al follaje, cuando no hay presencia de trips es posible realizar aspersiones de agua con jabón.

En caso de que la incidencia sea alta debe de seguirse con la aplicación de *Lecanicillium lecanii* de manera semanal o bien puede aplicarse azadiractina (extracto de neem) a concentraciones del 3 % además de aplicar al follaje caldo de ceniza a una concentración del 1 % (1 L de caldo por cada 100 L de agua) con la finalidad de limpiar las hojas de la fumagina que excretan los trips y en la que se reproducen hongos debido al alto contenido de azucares.

Para conocer completamente el ciclo biológico del trips en la región Norte de Veracruz es necesario realizar el muestreo permanente dentro de las huertas para lo cual se deben colocar bandas color amarillo cubiertas de pegamento para atraer a los trips y mantenerlos en la trampa. Estas deben colocarse en las puntas de ramas inferiores ya que es donde se reporta una mayor población de esta plaga.

Altieri y Nicholls (2000) mencionan que es necesario conservar y fomentar una biota compleja de organismos mediante la disponibilidad de alimento y refugio dentro del hábitat por lo que se sugiere dejar crecer arvenses que se conocen como hospederos de áfidos tales como *Bidens odorata* y *Tithonia tubiformis* ya que los áfidos prefieren éstas y pueden realizarse aspersiones a las arvenses en cuanto se detecte presencia de plagas en esta y evitar que se alimenten de los frutos de aguacate.

Como control biológico es recomendable realizar liberaciones al finalizar la época de lluvias, o bien cuando existan altas poblaciones de áfidos, de *Chrysoperla carnea* o catarinitas (Coleóptera: coccinelidae), siempre que estas últimas no presenten siete u 11 puntos en los élitros debido a que son fitófagas, ya que este se alimentan vorazmente de dicho tipo de plagas, sobre todo en su instar larvario.

4.4.2.4.2.2. Ácaros (*Oligonycus punicae*, *O. perseae* y *Calepitrimerus muesebecki*)

La Fig. 25 muestra algunos de los ácaros que se consideran fitófagos y los daños que causa en el aguacate.

Es importante tener claro que no todos los ácaros son fitófagos, es decir, que no se alimentan de la planta ya que son depredadores de otros ácaros, este es el caso de las familias Anystidae, Cheyletidae, Stigmaeidae, Ascidae y Phytoseiidae (Téliz, 2007). Esta última es la más utilizada para el control biológico de los ácaros fitófagos. Es recomendable realizar liberaciones de *Amblyseius swirskii* al inicio de la época de secas, febrero, abril y julio.

Para monitorear las poblaciones de ácaros dentro de la huerta es necesario golpear las inflorescencias ya que algunas veces se observan los manchones bronceados en la copa de los arboles pudiendo ser señal del daño anterior o del severo daño ya causado, el método de “golpeo” que se sugiere previene el daño avanzado. Cuando se observen los manchones bronceados es necesario podar, introducir inmediatamente en algún contenedor para evitar la dispersión de la plaga e incinerar fuera de la huerta.

En Veracruz se ha reportado la presencia de *Agistemus longisetus* y *A. simplex* (Téliz *et al.,* 2007), estos son depredadores de ácaros fitófagos.

Además del control biológico es recomendable realizar aplicaciones de azufre humectable a una concentración del 2 % o bien caldo sulfocálcico a la misma concentración procurando mojar principalmente el envés de las hojas ya que es donde se encuentra la mayor población de ácaros.

Este método debe ser utilizado en lugar del control biológico o por lo menos un mes después de la liberación de ácaros depredadores para permitir su establecimiento y alimentación.

Generalmente las poblaciones de ácaros se regulan por el inicio de las lluvias ya que al caer al suelo y mantenerse húmedo se genera un ambiente que no es el adecuado para su reproducción y supervivencia por lo que disminuye la población.

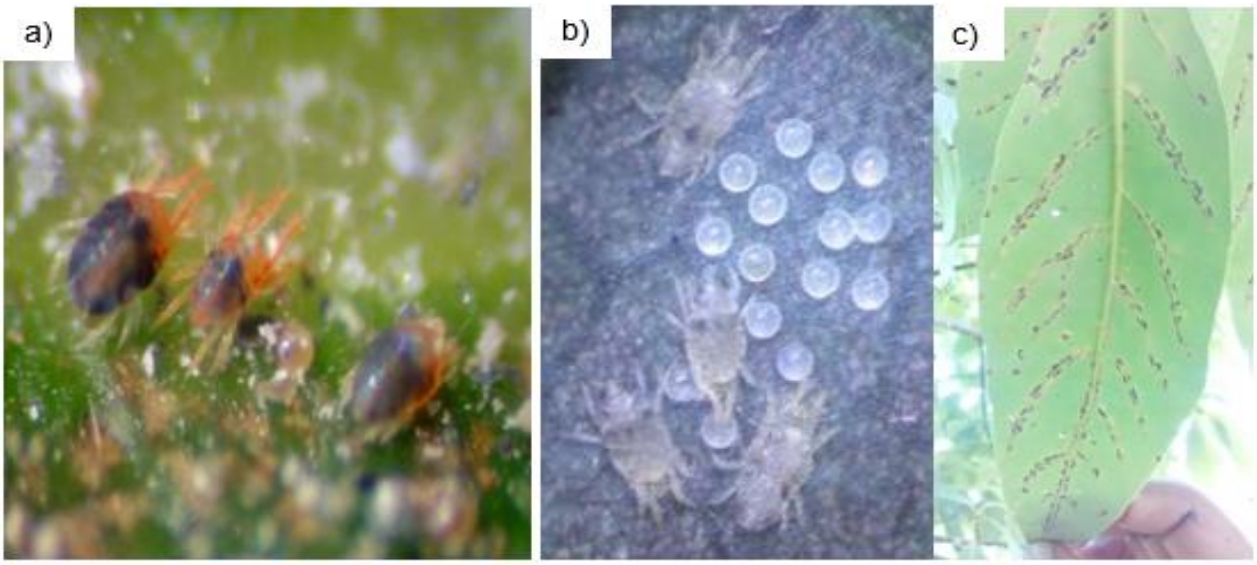


Figura 25. Vista de *Oligonycus punicae*, *O. perseae* y daños causados.

Fuente: incisos a) y b) tomados de Ripa y Larral (2008). Inciso c) tomada en campo.

En el inciso a) se observa a *Oligonycus punicae*, esta plaga ocasiona una apariencia bronceada en áreas o “manchones” dentro de la copa del árbol. El inciso b) muestra adultos y huevecillos de *Oligonycus perseae* conocido como ácaro cristalino debido a su coloración. En el inciso c) se muestra el daño causado por el ácaro cristalino debido a sus hábitos de alimentación.

4.4.2.4.2.3. Lepidópteros defoliadores (*Copaxa multifenestrata* S., *Papilio garamas garamas* H. y *Pyrrhopyge chalybea* S.)

Debido a que estas plagas se alimentan de las hojas principalmente en el estadio larvario es recomendable realizar aspersiones al follaje con extracto de neem (azadiractina) ya que funciona como repelente e insecticida.

Las liberaciones de *Chrysoperla carnea* ayudan al manejo de lepidópteros, pues también se alimentan de estos.

La bacteria *Bacillus thuringiensis* ha demostrado ser un buen controlador de lepidópteros en estadío larvarios por lo que se recomienda su aspersión al follaje cuando se detecten los primeros daños por gusanos en las hojas.

Se recomienda realizar aspersiones al follaje con una concentración de la bacteria del 1 %, en caso de que aumente la población de larvas deberá realizarse una aspersión al 3 % de concentración de la bacteria.

La Fig. 26 muestra algunos de los lepidópteros de importancia económica para el aguacate con la finalidad de que sean identificados y pueda realizarse el manejo.

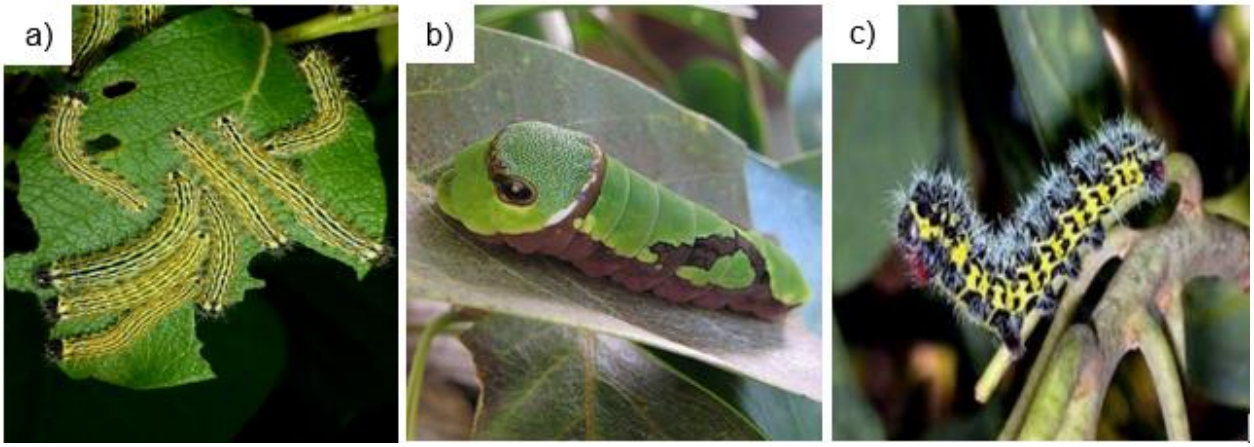


Figura 26. Larvas de lepidópteros defoliadores del aguacatero.

En el inciso a) se observa el estadío larval de *Copaxa multifenestrata* S. alimentándose, el inciso b) muestra el estadío larval de la mariposa *Papilio garamas garamas.*El inciso c) muestra el estadío larval del gusano confeti (*Pyrrhopyge chalybea* S.). Fuente: Adame (s.f.).

4.4.2.4.2.4. Escamas (*Abgrallaspis spp*., *Acutaspis sp*., *Hemiberlesia spp.*)

Estos organismos succionan la savia de las plantas a través de la corteza de ramas, que es donde se establecen. Algunas escamas además de instalarse en la corteza también lo hacen en ramas y frutos, es en este último donde causan el mayor daño económico debido a que el fruto se mancha y es difícil limpiar por lo que la comercialización de los frutos afectos se dificulta y el valor económico disminuye.

Cuando las escamas se ubican sobre las hojas ocasionan disminución de la fotosíntesis debido a que excretan fumagina en la que se establece un hongo del género *Capnodium* y cubre las hojas.

Para el monitoreo de esta plaga la Fig. 27 muestra algunas de las escamas que pueden convertirse en plaga para el aguacatero.

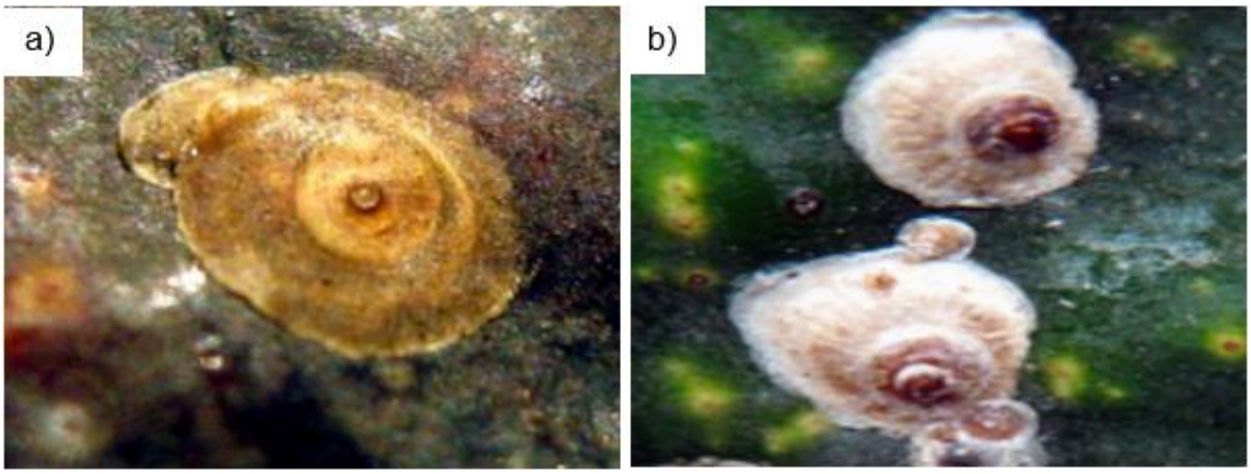


Figura 27. Escamas armadas que se establecen en el aguacatero.

El inciso a) muestra a *Abgrallaspis aguacatae* conocida como escama café. En el inciso b) se muestra la escama blanca (*Hemiberlesia lantiae).* Fuente: Adame, s.f.

No es común que se conviertan en plaga, cuando la población de estas comienza a aumentar será conveniente realizar una aplicación de *Beauveria bassiana* al 3 % tratando de mojar completamente la escama. Si sobre la lámina foliar existe presencia de fumagina o bien del hongo mencionado anteriormente se sugiere realizar una aspersión de caldo de ceniza al 3 %. Para limpiar las hojas también podrá utilizarse el caldo sulfocálcico en una concentración del 3 % siempre y cuando no exista floración.

4.4.2.5. Manejo orgánico de enfermedades

Las enfermedades que afectan al aguacatero, y a los frutales en general, se pueden dividir en cuatro grandes grupos: las que afectan el sistema radical, las que afectan tronco y ramas, las que afectan el follaje y las que afectan al fruto.

A nivel mundial las enfermedades más importantes son la antracnosis, la roña y la pudrición radical causada por *Phytophthora cinnamomi* R. (Téliz, 2007).

A continuación se sugieren algunas prácticas para el manejo de las enfermedades según los órganos que afectan.

4.4.2.5.1. Enfermedades que afectan el sistema radical

No es posible erradicar a los hongos del suelo que causan enfermedades al cultivo de aguacate debido a las diversas estructuras de protección que han desarrollado, lo más rentable es convivir con estos hongos y provocar un equilibrio respecto a la biota en el suelo.

En el Cuadro 15 se indican los hongos fitopatógenos que causan alguna enfermedad al aguacatero y algunos de los síntomas que causan. En el cuadro se incluye a *Phytophthora cinnamomi* aunque recientemente se ha clasificado como un alga.

Cuadro 15. Hongos fitopatógenos al cultivo de aguacate.

Hongo fitopatógeno	**Enfermedad que ocasiona**	**Síntomas**
Phytophthora cinnamomi (ahora clasificado como alga)	Tristeza o pudrición de raíces	Raíces negruzcas y quebradizas, hojas marchitas y amarillentas, causa defoliación y muerte.
Armillaria tabescens	Pudrición por armillaria	Pudrición de raíces, las cuales bajo la corteza presentan gran cantidad de micelio blanco con los bordes en forma de abanico. Con abundante humedad aparecen setas color miel alrededor del tronco.
Armillaria mellea	Pudrición por armillaria	

Continuación del Cuadro 15…		
Hongo fitopatógeno	**Enfermedad que ocasiona**	**Síntomas**
Pythium sp. o *Fusarium* spp.	Pudrición de raíces	Coloración café- negruzca en las raíces.
Ganoderma spp.	Pudrición acuosa	Comienza con una ligera clorosis que con los años se torna muy severa y causa defoliación. Bajo la epidermis de raíces y ramas se observa abundante micelio blanco amarillento.
Agrobacterium tumefaciens	Agalla de la corona	Aparición de abultamientos alrededor de la base del tronco, arboles poco vigorosos y cloróticos.
Verticillium dahliae	Marchitez por verticillium	Marchitez general debido a la obstrucción del tejido de conducción
Sclerotinia sclerotioum	Pudrición del cuello	Alrededor del tallo o en las axilas de brotes se observan lesiones acuosas con un centro blanco.
Phytophthora palmivora	Tizón en plántulas	A nivel del cuello de la plántula se presentan estrías necróticas.

Fuente: Adaptado de Téliz *et al.*, 2007.

Para evitar la proliferación de hongos fitopatógenos es recomendable nivelar el terreno o trazar curvas de nivel para evitar encharcamientos, aplicar riegos ligeros y en caso de la muerte de un árbol este debe ser retirado por competo de la cepa y esta debe ser desinfectada (Morales *et al.*, s.f.), la fundación PRODUCE Michoacán, para desinfectar la sepa, sugiere:

1. Nivelar el suelo en un radio de 4 m.
2. Colocar plástico cristalino calibre 125 o 150 en una superficie de 6 x 6 m tomando la posición del árbol como centro. El plástico debe ser colocado pegado a la superficie del suelo por un periodo de 30 días y retirar el plástico.
3. Aplicar 150 kg de estiércol descompuesto y 100 kg de alfalfa molida e incorporarla a 5 cm.

Los hongos se dispersan con mayor facilidad y rapidez cuando el terreno se encuentra encharcado por lo que es recomendable realizar cajetes a cada árbol o bien a los que se les detecten síntomas de enfermedad fúngica para que las esporas no se diseminen.

Experiencias de productores aguacateros en Michoacán sugieren aplicar hasta 700 kg de estiércol fresco por año por árbol dividido en dos aplicaciones, pueden realizarse después de la época de lluvias y después de la cosecha, en enero y a finales de agosto. Esto con la finalidad de proveer una mayor diversidad de hongos al suelo y así mantener bajo control las poblaciones de todos los hongos, entre ellos a los fitopatógenos.

La aspersión al suelo del consorcio local de hongos de manera mensual y en una concentración del 5 % ayudará a mantener diversidad de hongos en el suelo y mantener entre ellos la competencia por el espacio.

Hongos como *Trichoderma sp.* también son utilizados en el control de fitopatógenos del suelo ya que son muy agresivos y compiten fuertemente por el espacio con otros hongos, estos pueden aplicarse durante la temporada de lluvias para facilitar su establecimiento.

4.4.2.5.2. Enfermedades de tronco y ramas

Lo mejor es prevenir las enfermedades en troncos y ramas del aguacatero, y de cualquier cultivo, por lo que es importante la realización de podas de saneamiento así como aclareos en donde se hayan entrecruzado las ramas y evitar condiciones de microclima propicio para la reproducción y establecimiento de fitopatógenos.

El Cuadro 16 muestra algunas de las enfermedades que afectan al tronco y ramas, además de los síntomas. De manera general se observa necrosis sobre la corteza además de micelio.

Cuadro 16. Enfermedades de tronco y ramas del aguacatero.

Fitopatógeno	**Enfermedad que ocasiona**	**Síntomas**
Cáncer de los troncos y ramas	*Botryosphaeria disrupta*; *B. obtusa = Physalospora obtusa; B. quercum = P*. glandicola; *Nectria galligena* (*Fusarium episphaeria*), *Fusarium* spp.; *F. solani, F. oxysporum; Phytophthora cinnamomi*, *P. citrícola*	Manchas oscuras sobre la corteza, de manera interna se observa una pudrición desde negra a rojiza con exudaciones. Puede haber presencia también de manchas oscuras y gomosis cubriendo toda la base del tronco.
Muerte descendente	*Lasiodiplodia* (*Diplodia*) *theobromae*; *Phomopsis* sp.; deficiencia de cobre	Muerte descendente de ramas, formación de áreas necróticas en el fruto además de inducir necrosis en el pedúnculo del fruto.
Pudrición acuosa	*Ganoderma zonatum = G. sulcatum*	Comienza con una ligera clorosis que con los años se torna muy severa y causa defoliación. El tronco presenta una mancha negra seca, al desprenderse la corteza se observa abundante micelio amarillento.

Continuación del Cuadro 16 …

Fitopatógeno	Enfermedad que ocasiona	Síntomas
Pudrición de la madera	*Fomiella supina* = *Polyporus supinus*; *Laetiporus sulphureus* = *Polyporus sulphureus;* *Trames hirsuta* = *Polyporus hirsutus*	Pudrición de color café, puede presentarse en el tronco y en ramas.
Cáncer bacteriano	*Pseudomonas syringae* = *Xanthomonas campestris*	Comienza con la aparición de zonas necróticas, posteriormente la corteza se desprende con facilidad y en láminas delgadas.

Fuente: Adaptado de Téliz *et al.*, 2007.

Para controlar las enfermedades en troncos y ramas será necesario “limpiar la parte ya afectada”, con la ayuda de una navaja previamente con vinagre al 5 %, desarmador o machete se deberá de levantar la corteza y madera necrosada o afectada, posteriormente se deberá pintar perfectamente el área con pasta bordelesa ya que esta funciona como fungicida debido a su contenido. Es necesario que todas las áreas necróticas sean limpiadas y pintadas, así se controlará más rápido la proliferación de la enfermedad. Esta práctica deberá realizarse cuando se observe la aparición de las manchas aunque debe tenerse en cuenta que las lluvias pueden lavar la pasta bordelesa lo que hace necesario revisar para mantener cubierta el área.

4.4.2.5.3. Enfermedades del fruto

Las enfermedades del fruto ocasionan daño, algunas solo causan daño estético, al fruto por lo que se deprecia la producción. En el Cuadro 17 se muestran algunos de los agentes fitopatógenos que ocasionan alguna enfermedad al suelo y sus síntomas.

Cuadro 17. Hongos causantes de enfermedades al fruto de aguacate.

Fitopatógeno	**Enfermedad que ocasiona**	**Síntomas**
Antracnosis, viruela	*Glomerella cingulata* (anamorfo: *Colletotrichum gloesporoides*)	En frutos se observan círculos necróticos que pueden extenderse hasta la pulpa con la misma apariencia aunque cuando existe una alta cantidad de dieno en el fruto se pueden observar manchas redondas y rojizas que con el tiempo se tornan negras y de consistencia áspera. En hojas se observan manchas color café claro rodeadas de un halo clorótico.
Roña	*Elsinoe perseae* (anamorfo: *Sphaceloma perseae*)	Lesiones en la epidermis del fruto de color café y consistencia corchosa, puede llegar a cubrir todo el fruto.
Mancha bacteriana del fruto	*Pseudomonas syringae*	Lesiones necróticas circulares en la epidermis del fruto. En las hojas se observan pequeñas manchas necróticas rodeadas de un halo clorótico.

Continuación del Cuadro 17…

Fitopatógeno	Enfermedad que ocasiona	Síntomas
Pudrición del fruto	*Dothiorella aromatica, D. gregaria, Phomopsis perseae, Rhizophus stolonifer, Sclerotinia sclerotiorum*	Se manifiesta principalmente en poscosecha de frutos sin pedúnculo. Se manifiesta principalmente en la inserción del pedúnculo como una lesión color café que avanza hacia el centro del fruto, se necrosan los haces vasculares en la pulpa.
Mancha de sol	Viroides ASBVd-B, ASVd- V y ASBV-Sc	Se observan manchas en la epidermis de fruto sin ningún patrón, lisas, hundidas, de borde no definido y de color amarillento pálido hasta rojizo. Los arboles adquieren un porte bajo.

Fuente: Adaptado de Téliz *et al.*, 2007.

Para prevenir la aparición de enfermedades es necesario llevar a cabo un plan de manejo permanente. Se recomienda realizar aspersiones al follaje e inflorescencias de manera mensual con el consorcio de hongos local obtenido de la manera indicada en los anexos de este documento. Dicho consocio debe tener una concentración del 3 %.

Al inicio de la floración debe hacerse una aplicación del consorcio antes mencionado al 1 %, la siguiente aspersión se realizará a la misma concentración y cuando se tenga un 50 % de floración, una tercera aplicación debe realizarse al final de la floración y el fruto tenga un diámetro menor a 1 cm.

Un mes antes de la cosecha deben hacerse dos aspersiones de caldo bordelés espaciadas 15 días.

En caso de que durante el desarrollo de fruto se observen esporulaciones de color negro o blanquecino sobre follaje o frutos es necesario hacer aspersiones de caldo de ceniza con la finalidad de modificar el pH en que se desarrollan esos hongos y detener su crecimiento.

Las aspersiones de caldo de ceniza pueden realizarse una vez al mes siempre que no se aumente la concentración a más del 5 %, esto también aporta micronutrimentos de fácil absorción por el follaje debido al pH que posee.

4.5. Mercadeo

Durante el desarrollo de este trabajo se realizaron entrevistas a comerciantes de aguacate en la central de Abastos (CEDA) de Poza Rica, Mercado “La Mina” en Poza Rica y el central de Abastos de Iztapalapa.

Dentro de la CEDA de Poza Rica se tienen seis calidades de aguacate: Canicas, terceras, segundas, primeras, extras y defectuosos. La segunda es la más buscada por los compradores debido al tamaño mediano que tiene, las calidades restantes tienen un tamaño que no les gusta a las amas de casa y el defectuoso pues está muy dañado por plagas, golpes o muy deforme.

Los comerciantes al mayoreo venden rejas de aguacate ‘Hass’ a $ 330 y hasta $ 380 con 20 kg aproximadamente, el precio más bajo del ‘Hass’ se da entre diciembre y febrero pues llega a $ 280 la reja de 9.5 kg. Aunque el diciembre también se presenta una alza en el precio llegando a $ 50 kg y a $ 300 por caja. Al menudeo podemos comprar a $ 35 kg de ‘Hass’. Algunos vendedores prefieren vender solo el aguacate ‘Hass’ debido a que este madura en una semana y el aguacate nativo madura en tres días así que deben venderlo rápido.

En la CEDA de Iztapalapa se venden aguacates principalmente de la variedad ‘Hass’ los cuales provienen de Uruapan y Peribán en Michoacán y Tetela, Morelos aunque también se comercializan aguacates del Estado de México y Tepic, Nayarit.

Para el caso de los aguacates nativos pertenecientes a la raza mexica estos provienen de Tetela y Yecapixtla, en Morelos.

Según los entrevistados el aguacate más vendido es el de la variedad ‘Hass’ seguido de los aguacates nativos, el de la variedad ‘Fuerte’ es el que menos se vende, la razón es que a los comerciantes y amas de casa les gusta mucho más el sabor del ‘Hass’ y los aguacates nativos se venden cuando el ‘Hass’ está muy caro ya que son más baratos que el ‘Fuerte’ y tienen un mejor sabor. Dentro de los aguacates nativos los compradores por mayoreo prefieren las paguas (*Persea schedeana* Nees) y los aguacates grandes de maduración en verde (pertenecientes a la raza antillana y antillana x guatemalteca) debido a que el tamaño es mayor que el de los aguacates de la raza mexicana.

Respecto a la época de mayor venta, los entrevistados mencionan que es la época entre enero y marzo, además de Semana Santa ya que los precios de aguacate ‘Hass’ disminuyen.

Cuando se les preguntó a los bodegueros sobre la variedad que ellos prefieren contestaron que por la vida de anaquel les interesa más la comercialización de ‘Hass’, la razón es que típicamente se mantiene tres días en bodega y hasta una semana en exhibición siempre que se le dé un tratamiento de frío consistente en mantenerlo a una temperatura entre 4 ºC y 6 ºC.

Sobre los precios, los entrevistados no contestaron cuánto les cuesta el aguacate que compran, mencionaron que el precio de venta de septiembre a marzo llega a ser de $ 350 por caja de 10 kg, el precio más bajo es de $ 280 por caja en ese periodo. Desde mediados de abril y hasta finales de julio la caja de aguacate calidad extra se vende en $ 430 mientras que las cajas de calidad primera y segunda se venden a $ 370 y $ 340 respectivamente.

Es importante mencionar que los bodegueros no proporcionaron datos personales o costos de comercialización por seguridad ya que en repetidas ocasiones hacían referencia a la inseguridad dentro de las instalaciones de la CEDA.

Figura 28. Aguacates en venta en Centrales de Abasto.

En el inciso a) se observan aguacates en venta en la central de abasto de Poza Rica, la imagen a la izquierda muestra los aguacates de maduración en verde, nativos, que se venden durante el mes de julio y a la derecha se muestra la calidad del aguacate 'Hass'. En el inciso b) se muestra el aguacate variedad 'Hass' en venta en la central de abasto de Iztapalapa a la izquierda y a la derecha se muestra el aguacate nativo de raza mexicana que se vende en el mismo lugar.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La superficie de cultivo de cítricos en Veracruz se encuentra en expansión, en los distritos de desarrollo rural Martínez de la Torre y Tuxpan representan el 43 % de la superficie cultivada y se encuentra en aumento, por lo que los precios de comercialización disminuirán debido al aumento de la oferta. Aunado a lo anterior, se encuentra latente la amenaza de llegada de la enfermedad Huanglongbing causada por la bacteria *Candidatus liberibacter* que a su vez es transmitida por el psílido *Diaphorina citri* K. presente en la región y para la cual no hay una cura efectiva.

Debido a lo anterior se hace necesario diversificar la producción, deben comenzar a investigarse los posibles cultivos que se adapten a las condiciones de la región, que posean un buen mercado y sobre todo que los precios de comercialización favorezcan al productor de modo que su ingreso aumente.

En este trabajo se propone al cultivo de aguacate como una alternativa a la producción agrícola considerando los siguientes puntos:

1. El mercado dinámico

El mercado de aguacate se considera dinámico debido a la actual expansión de los mercados en Estados Unidos, Canadá y Japón.

2. La oferta dentro de la región

En la región Norte de Veracruz el aguacate que se comercializa proviene mayormente del estado de Michoacán por lo que el precio de venta al consumidor veracruzano aumenta debido a los gastos de transporte.

3. La adaptabilidad del cultivo

Se analizaron los requerimientos de tres razas de aguacate y se determinó que los ejemplares de la raza antillana (*Persea americana* var. americana) y los híbridos de las raza guatemalteca x antillana se adaptan a las condiciones de la región Norte de Veracruz.

También se propone que el sistema de cultivo sea orgánico debido a que disminuyen en gran medida los riesgos a la salud del productor y de quien consume el producto obtenido y al ambiente ya que la mayoría de los insumos se obtienen por extracción y evita el uso de insumos de síntesis química. Además parte de los insumos necesarios para este tipo de agricultura se pueden producir por el propio agricultor con materiales locales o fáciles de conseguir.

Dentro de la propuesta de manejo se siguen los principios agroecológicos, entre los cuales se ponen en práctica la diversificación vegetal en tiempo y espacio ya que se propone mantener las calles ocupadas con cultivos de cobertera y acolchados con lo que también se cumple el principio sobre la minimización de pérdidas de suelo y agua; la provisión de condiciones edáficas óptimas para el crecimiento del cultivo mediante la dosis de fertilización y la minimización de pérdidas por insectos, patógenos y arvenses mediante medidas preventivas y estímulo de la fauna benéfica que en la propuesta de manejo se abarcan mediante el uso de control biológico y no deshierbar por completo el suelo para permitir la reproducción de enemigos naturales de las posibles plagas.

Respecto al suelo y el manejo de la cobertura, la UNCTAD (2003) menciona que cuando las arvenses son removidas deben utilizarse los restos para acolchar el terreno y de esta manera también se estarán controlando la competencia entre el cultivo y las arvenses.

La propuesta del presente trabajo es establecer variedades pertenecientes a las razas guatemalteca y antillana aunque es posible establecer híbridos de la raza mexicana x guatemalteca como es el caso del cultivar ‘Hass’ con algunas limitaciones durante su desarrollo además que el manejo de cultivares en climas no óptimos será más costoso debido a la susceptibilidad de estos a factores como temperatura, disponibilidad de agua y mayor presencia de plagas y enfermedades.

La raza Antillana, en sus áreas de dispersión es la que se encuentra a menores altitudes, de nivel de mar a menos de 1000 m, con alta precipitación pluvial, y temperaturas muy cálidas, en ambientes de trópico húmedo.

En cuanto al uso de variedades, en este trabajo se recomienda el uso de variedades nativas que cumplan con características tales como buena producción de frutos de tamaño extra y primera, buen sabor de fruto, fenotípicamente aceptable en el mercado y buenas condiciones de sanidad.

Sobre el uso de variedades, Durán (2009) menciona: “Una mejor alternativa es utilizar variedades locales o regionales, seleccionadas de árboles de la finca, zona o región y propagarlas en la misma área de siembra, por medio de la injertación sobre patrones locales… para la práctica de la selección se debe proceder a seleccionar uno o varios materiales de la finca de reconocida trayectoria por su producción, calidad de fruta, adaptación al mercado y en particular por su sanidad”.

Gómez (2016), durante una ponencia en el Congreso “Alimentación sostenible: desafíos y retos para la agricultura mexicana” propone cuatro pasos para la introducción y producción de aguacate, o algún otro frutal, en una región:

1. Establecer un vivero con material nativo.
2. Recolectar yemas de árboles de la región que posean características de identificadas como deseables (tamaño y sabor del fruto, productividad del árbol, época de cosecha, etc.)
3. Recolectar material nacional que puede adaptarse a las condiciones de la zona.
4. Recolectar yemas d árboles que produzcan en la época de precios más altos del aguacate.

Es preferente establecer como “variedad” a ejemplares nativos, debido a la adaptación a las condiciones ambientales por lo que su desarrollo se ve favorecido en comparación con variedades pertenecientes a condiciones ambientales diferentes; en este trabajo también se proponen algunas variedades comerciales debido a que el proceso de adaptación de estas se ha llevado a cabo en regiones donde las condiciones ambientales son similares.

El desarrollo de este trabajo incluyó la recolección de material vegetativo de 11 variedades diferentes de aguacate en diversos sitios, en este trabajo se realizó hasta la etapa de injerto.

Es necesario llevar a campo todas las plantas obtenidas y observar el desarrollo fenológico, las características de fruto, sobre todo la calidad, la respuesta de estos a las condiciones climáticas en las que se encuentran y seleccionar, al cabo de cuatro años, la o las mejores variedades con la finalidad de obtener definitivamente los frutos de mejores características y las plantas mejor adaptadas.

Aunque la UNCTAD (2003) sugiere que no hay plagas de importancia para el cultivo de aguacate, en México la normatividad identifica cinco plagas como cuarentenarias y algunas otras de importancia para las cuales el presente trabajo sugiere un manejo mediante el estímulo de fauna benéfica al permitir la diversidad de especies vegetales en el manejo. Martínez (2015) en su trabajo de investigación reporta que “cerca del 53 % de los productores perdió más del 50 % de las plantas debido principalmente a un mal o nulo manejo” refiriéndose al cultivo de aguacate en San Bartolomé Loxicha, Oaxaca por lo que este trabajo de recopilación e investigación es importante ya que se hace una propuesta sobre el manejo del cultivo durante todo el ciclo de producción.

La propuesta incluye la propia producción de portainjertos provenientes de semilla debido a que no existe dentro de la zona algún vivero dedicado a la producción de los mismos, respecto a esto la UNCTAD (2003) menciona que la principal limitante en los países en vías de desarrollo es la falta de viveros que produzcan planta certificada y de buena calidad, aún más la producción de plantas de manera orgánica.

VI. CONCLUSIONES

- La práctica de la agricultura orgánica bajo un enfoque agroecológico mejora las características del ambiente en el que se practica.
- El cultivo de aguacate es posible en la región norte de Veracruz ya que árboles nativos de la raza guatemalteca y la raza antillana además de sus híbridos se adaptan a las condiciones de clima que predominan en la región.
- El productor debe considerar al cultivo de aguacate como más exigente, en cuanto a manejo, que el cultivo de cítricos.
- El portainjerto utilizado para la producción comercial de aguacate en la región debe obtenerse a partir de las semillas de árboles nativos, ya que estos se adaptan a las condiciones de suelo de la región.
- En la región norte de Veracruz el aguacate nativo es aceptado de manera comercial debido a su precio menor que el de variedades comerciales.

VII. RECOMENDACIONES

Es necesario evaluar en campo todas las prácticas propuestas con el fin de validar cada una.

Es importante transferir la propuesta de manejo a los productores interesados ya que ese debe ser el fin principal de este trabajo.

Debe realizarse una caracterización del comportamiento fenológico y ecofisiológico del aguacate en la región posterior a su establecimiento en campo.

VIII. LITERATURA CONSULTADA

Adame E., L. s.f. Plagas asociadas al aguacate (*Persea americana*), con énfasis en fruto fresco y su situación fitosanitaria en Michoacán. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Michoacán, México. Disponible [en línea]: http://www.normich.com.mx/archivos/OC/capacitacion/3.%20MIP_Plagas.pdf (27/03/16).

Altieri, M. A. 2009. Agroecología: Principios y Estrategias para Diseñar Sistemas Agrarios Sustentables. Disponible [en línea]: http://agroeco.org/wp-content/uploads/2010/10/cap2-Altieri.pdf. (27/03/16)

Altieri, M. y Nicholls, C.I. 2000. Agroecología: teoría y práctica para una agricultura sustentable. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Red de Formación Ambiental para América Latina y el Caribe. México.Pp: 159-165.

Anónimo. S. F. Producción orgánica de aguacate: manejo sustentable del suelo. Fundación PRODUCE Michoacán- Colegio de Postgraduados. 83 p.

Anónimo. S. F.a. Conozca más sobre las medidas. Bolsas para vivero con fuelle. Disponible [en línea]: www.mapposa.com.mx/medidas.pdf (15/02/16).

Avilán, L., Rodríguez, M., Carreño, R y Dorantes, I. 1994. Selección de variedades de aguacate. Agronomía tropical. 44 (4): 593- 618. Disponible [en línea]: http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_ci/Agronomia%20Tropical/at4404/Arti/avilan_l.htm

Avilán, L., Chirinos, A.V. y Figueroa, M. 1981. Exportación de nutrientes por una cosecha de aguacate (*Persea americana* Mill.). Agronomía tropical 28(5): 449-461.

Bacab C., J. 2015. El precio de la caja de aguacate en $120 El lagunero tiene buena demanda entre los foráneos *in*: Diario de Yucatán. Disponible [en línea]: http://yucatan.com.mx/yucatan/oxkutzcab/el-precio-de-la-caja-de-aguacate-en-120 (20/02/16)

Baiza A., V.H. 2003. Guía técnica del cultivo del aguacate. Programa Nacional de Frutas de El Salvador. Ministerio de Agricultura y Ganadería- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. El Salvador. 69 p.

Barrientos P., A y López L., L. S.F. Historia y genética del aguacate *in:* CICTAMEX 1998-2001. México. pp: 100-121 . Disponible [en línea]: http://www.avocadosource.com/journals/cictamex/cictamex_1998-2001/cictamex_1998-2001_pg_100-121.pdf (14/02/16)

Bashan, Y. 1998. Inoculants of plant growth- proomoting bacteria for use in agriculture. Biotechnology Advances, vol. 16, no. 4. USA. Pp: 729- 770.

Bernal E., J.A. y Díaz D., C.A. 2008. Generalidades del cultivo *in:* Tecnología para el cultivo del aguacate. Manual Técnico 5 CORPOICA. Centro de Investigación La Selva. Rionegro, Antioquia, Colombia. Pp: 11-80.

Bergh, B. 1992. The origin, nature and genetic management of avocado. California Avocado Society Yearbook 76: 61-75.

Bergh, B. y Ellstrand, N. 1986. Taxonomy of the avocado. California Avocado Society Yearbook 70: 135-145. En [línea]: http://www.avocadosource.com/CAS_Yearbooks/CAS_76_1992/CAS_1992_PG_061.pdf

Bisonó P., S.M. y Hernández B., J.R. 2008. Guía tecnológica sobre el cultivo del aguacate. Consejo Nacional de Competitividad. Santo Domingo, República Dominicana. 50 p.

Cabezas S., C., Hueso M., J.J. y Cuevas G., J. 2002. Estados fenológicos tipo del aguacate. Documentos técnicos. Estación experimental Cajamar. España. 18 p.

Calderón B., K.S. 2005. Comparación del efecto desinfectante de hidróxido de calcio vrs. una mezcla de ácidos orgánicos y surfactantes, aplicados en pediluvios de una granja avícola en el departamento de Guatemala. Tesis de Licenciatura. Guatemala. Disponible [en línea]: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/10/10_0842.pdf (15/02/16).

Campos R., E., Espíndola B., M. y Mijares O., P. 2008. Diversidad del género *Persea* y sus usos. Fundación Salvador Sánchez CICTAMEX, S.C. Coatepec Harinas, México. 60 p.

Castro, M. 1990. Propagación, portainjertos y reinjertación de palto. Disponible [en linea]: http://www.avocadosource.com/Journals/CIVDMCHILE_1990/CIVDMCHILE_1990_PG_07.pdf (15/02/16).

CEGESTI. 2010. Manual de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) Colección Gestión Organizacional San José, Costa Rica. 83 p. Disponible [en línea]: http://www.sustainabilityxchange.info/filesagri/Manual%20BPA.pdf (11/02/16).

CONACCA. Indicadores básicos. Confederación de Comerciantes de Centros de Abasto, A.C. México. Disponible [en línea]: http://www.conacca.mx/index.php/tutorials
Fecha de consulta: 10/12/15.

Denmark, H.A. 2010. Entomology & Nematology. *Helothrips haemorrhoidalis* (Bouché) (Insecta: Thysanoptera: Thripidae). Florida,. University of Florida. Disponible [en línea]: http://entnemdept.ufl.edu/creatures/orn/thrips/greenhouse_thrips.htm (25/02/16).

Domínguez J. V. 2006. Morfología del barrenador pequeño de la semilla *Conotrachelus perseae* (Barber), (Coleoptera: Curculionidae). 56 p. Tesis. Colegio De Postgraduados. Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas. Campus Montecillo. México

Durán R. F. 2009. Cultivo de aguacate o palta. Grupo Latino Editores S.A.S. Colombia. 326 p.

Espíndola B., M. de la C., Aguilar M., J.J. (+) y Bernal V., B. 2013. Propagación de aguacate. Fundación Salvador Sánchez Colín CICTAMEX, S. C. Coatepec Harinas, México. Tríptico.

Espinosa R., P. y Espinosa M., L.M. S.F. Invernaderos rústicos. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México. 12 p.

Fait, A., Iversen, B., Tiramani, M., Visentin, S. y Maroni, M. 2004. Prevención de los riesgos para la salud derivados del uso de plaguicidas en la agricultura. Serie Protección de la salud de los trabajadores no. 1. Instituto de Medicina Ocupacional. República Popular China. 36 p.

FAO.S.F. Recomendaciones para el manejo de malezas. Organización para la agricultura y la alimentación. Disponible [en línea]: ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a0884s/a0884s.pdf (25/01/16).

FAO. S.F.a. Conservación de los recursos naturales para una agricultura sostenible, Manejo de la humedad del suelo. Organización para la agricultura y la alimentación. Disponible [en línea]: http://www.fao.org/ag/ca/training_materials/cd27-spanish/sm/soil_moisture.pdf (25/01/16).

FAO. S.F.b. Edafología. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura. Disponible en línea]: http://www.eweb.unex.es/eweb/edafo/FAO/ElSuelo.htm

Galán, V. 1990. Los Frutales Tropicales en los Subtrópicos. Madrid, España. Ediciones Mundi-Prensa. 133 p

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

García C., J.S. y Martínez M., M.R. S.F. Abonos verdes. SAGARPA- Subsecretaría de Desarrollo Rural- COLPOS. Disponible [en línea]: http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasCOUSSA/Abonos%20Verdes.pdf (25/03/16).

Gómez C., M.A. 2016. Consideraciones para introducir Aguacate (*Persea americana* Miller) en la región Totonacapan en Veracruz. CIIDRI. Presentada como ponencia en el Congreso “Alimentación sostenible: “Desafíos y retos para la agricultura mexicana”. Red de Investigación Socioeconómica en Hortalizas, Flores y Frutos, A. C. (RISHORT)

Gómez C., M.A., Schwentesius R., R. y Gómez T., L. 2006. Agricultura orgánica de México.

Gómez C., M.A., Schwenteius R., R. 2010. Agricultura, Apicultura y Ganadería Orgánicas de México 2009. Universidad Autónoma Chapingo, México. CIIDRI.

Gómez T., L, y Gómez C., M.A. 2004. La agricultura orgánica en México y en el mundo. CONABIO. Biodiversitas 55: 13-55.

Gutiérrez C., L. y Dorantes L., J. 2004. Especies forestales de uso tradicional del estado de Veracruz. Potencialidades de especies con uso tradicional del estado de Veracruz como opción para establecer plantaciones forestales comerciales 2003- 2004. CONAFOR-CONACYT-UV. Veracruz, México. Disponible [en línea]: http://www.verarboles.com/ (10/02/16).

Hernández V., F.L. 2012. Caracterización morfoagronómica de selecciones de aguacate (*Persea amerciana* var. *drymifolia*) donadoras de semilla, en la obtención de portainjertos. Tesis de Licenciatura Ing. agrónomo especialista en Fitotecnia. Universidad Autónma Chapingo. Texcoco, México. 177 p.

Huber, D.M. 1980. The role of mineral nutrition in defense *in* Plant disease, an advanced treatise. Vol. V. Academi Press, New York. Pp: 381- 406.

Ibar, L. 1983. El aguacate *in:* Cultivo del aguacate, chirimoyo, mango y papaya. Editia mexicana, s.a. Impreso en México. p 9-119.

IFOAM. 2014. Agricultura orgánica. En línea: http://www.ifoam.org/

INEGI. 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Disponible [en línea]: http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/topografia/compendio.aspx

INEGI. 2010. Prontuario de información geográfica municipal 2010 Tecolutla, Veracruz de Ignacio de la Llave. Disponible [en línea]: http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/topografia/compendio.aspx

Instituto Nacional de Bosques. S.f. Viveros forestales Manual de viveros forestales, Técnico Forestal. Disponible [en línea]: http://html.rincondelvago.com/viveros-forestales_1.html

Jiménez, W. y Añasco, A. 2005. Cultivo de coberturas y abonos verdes. Corporación Educativa para el Desarrollo Costarricense. Serie Agricultura Orgánica N°8. Costa Rica. 34 p. Disponible [en línea]: http://cedeco.or.cr/files/Abonos_verdes.pdf (30/ 03/16).

JLSVSE. 2013. Importancia histórica y socioeconómica del aguacate. Junta Local de Sanidad Vegetal de Salvador Escalante, Michoacán. Disponible [en línea]: http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:AaTG217GyIYJ:jlsvse.com/%3Fp%3D25+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=mx

Jones, J.B. 1991. Plant tissue analysis in micronutriments *in* Micronutrient in agriculture. 2da edición. SSSA. Madison, Wisconsin. Pp: 492- 494.

Knight, R.J.Jr. 2002. Historia, distribución y usos *in* El palto botánica, producción y usos. Whiley, A.W., Schaffer, B. y Wolstenholme, B.N. CABI Publishing- Ediciones Universitarias de Valparaíso. Pp 13-25

Macías M. A. México en el mercado internacional de aguacate. Revista de Ciencias Sociales, vol. XVII, núm. 3. 2011. pp. 517-532. Universidad del Zulia. Venezuela. Consultado en línea: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=28022767011

Martínez B., R, Cabrera O., J.C. y Estrada N., L. 1994. Manual del técnico aprobado en el manejo fitosanitario del aguacate. Comité Estatal de Sanidad Vegetal. Secretaría de Recursos Hidráulicos SARH. Uruapan, Michoacán. Pp 1-15.

Martínez N., L., Barranco B., R. y Moreno R., M. 1992. Extracción de aceite de aguacate: Un experimento industrial *in* Grasas y aceites. Vol 1. Disponible [en línea]: http://grasasyaceites.revistas.csic.es/index.php/grasasyaceites/article/viewFile/1190/1196 (15/01/16).

Martínez P., S. 2015. Producción orgánica de aguacate en sistema MIAF como una alternativa al café, en San Bartolomé Loxicha, Oaxaca. Tesis de Licenciatura. Depto. De Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. México. 131 p.

Morales G., J.L, Mendoza L., M.R., Coria A., V.M., Aguirre M., J.L., Sánchez P., J. de la L., Vidales F., J.A., Tapia V., L.M., Hernández R., G., y Alcántar R., J.J. S.F. II. Tecnología- Produce Aguacate en Michoacán. COFUPRO. Michoacán, México. Disponible [en línea]: http://www.cofupro.org.mx/cofupro/archivo/fondo_sectorial/Michoacan/ (15/12/15).

Muñoz P., R y Rogel C., I. 1997. Ensayos sobre propagación clonal de portainjertos de aguacate. CICTAMEX. México. 8 p. Disponible [en línea]: http://www.avocadosource.com/Journals/CICTAMEX/CICTAMEX_1997/fit_3_97.pdf

Musálem, M.A. 2006. Silvicultura de plantaciones forestales comerciales. Universidad Autónoma Chapingo División de ciencias forestales. México. 217 p.

Nicholls E., C.I. 2008. Control biológico de insectos Un enfoque agroecológico. Ed. Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. 278 p.

Olaeta, J.A.2003. Industrialización del aguacate: estado actual y perspectivas futuras *in* Proceedings V World Avocado Congress. pp. 749-754. Disponible [en línea]: http://www.avocadosource.com/WAC5/papers/wac5_p749.pdf (12/01/16).

Ordoñez C., V., Mejía S., M.T. y Bárcenas P., G.M. S.F. Manual para la construcción sustentable con bambú. Comisión Nacional Forestal. Coordinación General de Educación y Desarrollo Tecnológico. México. 98 p.

Pérez Rosales, R.; Villanueva Rodríguez, S.; Cosío Ramírez, R. El aceite de aguacate y sus propiedades nutricionales e-Gnosis, núm. 3, 2005, p. 0 Universidad de Guadalajara, México

Ramírez V., J., Estrada R., F. J. y Sáinz R., R.A. 1996. Cultivo, enfermedades y plagas del aguacatero. Colección Aula Magna. Universidad Autónoma de Sinaloa. Culiacán Rosales, Sinaloa, México. 221 p.

Restrepo R., J. 2005. La luna “el sol nocturno en los trópicos y su influencia en la agricultura”. Fundación Juquira Candirú Colombia- Brasil- México. pp: 80-84.

Restrepo R., J. 2007. Manual práctico el A, B, C, de la agricultura orgánica y harina de rocas. 1era ed. SIMAS. Managua. 260 p.

Reyes A., J.C., Alarcón, A. y Ferrera C., R. 1997. Aspectos relacionados sobre el uso de la endomicorriza arbuscular en aguacate (*Persea americana* Mill) *in*: CICTAMEX. Disponible [en línea]: http://www.avocadosource.com/journals/cictamex/cictamex_1997/ecol_2_97.pdf (10/02/16)

Reyes A., J.C., Alarcón, A. y Ferrera C., R. 1997a. Uso de coberteras en el cultivo de aguacate (*Persea americana* Mill): efectos en nutrición y sanidad *in* CICTAMEX. Disponible [en línea]: http://www.avocadosource.com/journals/cictamex/cictamex_1997/ecol_1_97.pdf (25/03/16)

Ríos C., D. 2003. Variedades de aguacate para el trópico: caso Colombia *in:* Actas V Congreso Mundial del Aguacate. pp. 143-147.

Rivas T., D. 2001. Injerto de árboles. Educación Virtual Chapingo. Disponible [en línea]: http://www.virtual.chapingo.mx/dona/sis.prod.forestal/injerto.pdf (12/02/16)

Rodríguez, F. 1992. El aguacate. Ed. AGT, México.

Rodríguez L, R. 2010. Manual de prácticas de viveros forestales Colección manual de ingeniería forestal. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Instituto de ciencias agropecuarias. Pachuca, Hidalgo. 52 p.

Rubio G., E. y Martínez M., M.R. 2009. Surcado al contorno. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación- Colegio de Postgraduados. Montecillos, Estado de México. 6 p.

SAGARPA. 2010. ACUERDO por el que se dan a conocer las medidas fitosaniatrias que deberán aplicarse para el control del Huanglongbing (*candidatus liberibacter* spp.) y su vector. Diario Oficial de la Federación lunes 10 de agosto de 2010. Disponible [en línea]: http://www.sinavef.gob.mx/MDF/ (10/12/15).

SAGARPA, 2005. Norma Oficial Mexicana NOM-066-FITO-2002, Especificaciones para el manejo fitosanitario y movilización del aguacate. Diario Oficial de la Federación miércoles 18 de mayo de 2005. Disponible [en línea]: http://www.senasica.gob.mx/?id=962 (20/02/16).

SAGARPA, 2005b. Programa de Sanidad Vegetal SAGARPA Ficha técnica Barrenador pequeño del hueso del aguacate. Guanajuato México. Disponible [en línea]: http://www.cesaveg.org.mx/new/fichastecnicas/fichatecnicaconotrachelusaguacatae.pdf (20/02/16)

Salazar G., S., Velasco C., J. de J., Medina T. y Gómez A., J.R. 2004. Selecciones de aguacate con potencial de uso como portainjertos. Revista Fitotecnia Mexicana Vol. 27 (1), 2004 24. 8 p.

Salazar-García. 2002. Nutrición del aguacate, principios y aplicaciones. INIFAP. INPOFOS. México, D.F.

Salazar G., S y Lazcano F., I. 2002. Remoción de nutrientes de cuatro cultivares de aguacate. En: Informaciones Agronómicas. INFOS (47). Pp: 5-7.

Salazar-García, S. y Lazcano-Ferrat, I. 2001. Identifying Fruit Mineral Removal Differences in Four Avocado Cultivars *in:* Better Crops International 15 (1): 28-31.

Salcido, V. 2011. Organic Foods Find Growing Niche in Mexico *in:* Global Agricultural Information Network. .USDA. U.S.A. Disponible [en línea]: http://gain.fas.usda.gov/Recent%20GAIN%20Publications/Organic%20Foods%20Find%20Growing%20Niche%20in%20Mexico_Mexico%20ATO_Mexico_2-11-2011.pdf

Salvo del P., J. y Martínez C., J.P. 2008. Manual de poda del palto *Persea americana* Mill. Cultivar Hass. La Cruz, Chile. Boletín INIA-No. 178. 84 p.

Sánchez G., E.; Bernal V., B; Espíndola B., M. de la C. y Campos R, E. S.F. Variedades de aguacate con potencial de producción en el Estado de México. SAGARPA-COFUPRO. México. 14.

Schwartz, M, Olaeta, J.A, Undurraga, P. y Sepúlveda M.2007. Obtención y almacenamiento de palta (aguacate) en polvo *in* Proceedings VI World Avocado Congress. Viña Del Mar, Chile. Pp: 12 – 16.

SEFIPLAN. 2015. Cuadernillos municipales, 20015 Álamo Temapache. Sistema de Información Municipal. . Secretaría de Finanzas y Planeación del Estado de Veracruz. Veracruz. Disponible [en línea]: http://www.veracruz.gob.mx/finanzas/files/2015/05/%C3%81lamo-Temapache.pdf (25/01/16)

SEFIPLAN. 2014. Anuario Estadístico y Geográfico 2014. Secretaría de Finanzas y Planeación del Estado de Veracruz. Veracruz. Disponible [en línea]: http://www.veracruz.gob.mx/finanzas/anuario-estadistico-y-geografico-2014/ (25/01/16)

SENASICA. 2016. Plagas reglamentadas del aguacatero. Disponible [en línea]: http://senasica.gob.mx/?id=4623 (25/02/16)

SIAP. 20014. Cierre de la producción de la producción agrícola por estado. En línea: http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/ (30/01/16)

SMN. 2010. Normales climatológicas Veracruz. Servicio Meteorológico Nacional. Disponible [en línea]: http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=164&tmpl=component (30/01/16).

SNIIM. 2016. Anuarios Estadísticos del Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados Frutas y hortalizas: Aguacate. Disponible [en línea:] www.economia-sniim.gob.mx/SNIIM-AN/estadisticas/e_fyhAnuarioa.asp?

Téliz, D., Mora, A. *et al.* 2007. El aguacate y su manejo integrado Segunda Edición. Editorial mundi- prensa. México. 321 pp.

Terry, P.J. S.F. Manejo de las malas hierbas en bananos y plátanos *in* Manejo de malezas para países en desarrollo. Depósito de documentos de la FAO. Disponible [en línea]: http://www.fao.org/docrep/t1147s/t1147s0k.htm (25/01/16).

Thompson B., E. 1985. Seedling morphological evaluation. What you can tell by looking. Duryea, M. L. (ed.). Evaluating seedling quality: principles, procedures, and predictive abilities of major test. Oregon State University, Corvallis. pp: 59-71

UNCTAD. 2003. Organic Fruit and Vegetables from the Tropics. Market, Certification and Production for Producers and International Trading Companies. United Nations Conference on Trade & Development. New York and Geneva. Pp: 84- 93.

Urias L., M.A. y Salazar G., S. 2008. Poblaciones de gusano telarañero y barrenador de ramas en huertos de aguacate 'Hass' de Nayarit, México. Agricultura Técnica en México Vol. 34 Núm. 4 Octubre-Diciembre 2008 p. 431-441

Vásquez G., C.E. 2012. Manejo fitosanitario del cultivo del aguacate Hass *(Persea americana* Mill) Medidas para la temporada invernal. Instituto Colombiano Agropecuario. 75 p.

Vergara, M. 2012. Notas curso de fertilidad de suelos. Departamento de Suelos. Universidad Autónoma Chapingo.

Whiley, W., Schaffer, B. and Wolstenholme, B.N.2002. The avocado: Botany, Production and uses. CABI Publishing. 37 p.

IX. ANEXOS

Anexo A: Recetas fungicidas e insecticidas

Pasta bordelesa

Ingredientes:

- 500 g de sulfato de cobre
- 4 kg de cal para construcción
- 10 L de agua
- 2 botes de plástico limpios

Procedimiento:

En uno de los botes debe de mezclarse 2 L del agua y el sulfato de cobre.

En el otro bote se mezcla la cal con el agua restante para disolver la cal y obtener una consistencia pastosa.

Una vez que se disolvieron los materiales por separado debe de vaciarse **el** sulfato de cobre sobre **la** cal y revolverse. Es muy importante que se haga de este modo y no al revés debido a la reacción específica que esto provoca.

La pasta debe usarse el mismo día que se preparó y debe colocarse sobre las heridas mecánicas al realizar la poda o sobre desgajamientos o bien sobre los hongos que se están desarrollando sobre el tronco.

Caldo sulfocálcico

Ingredientes:

- 10 L de agua
- 2 kg de azufre
- 1 kg de cal
- Una cubeta de aluminio

Procedimiento:

Se debe mezclar el azufre y la cal. Se debe poner el agua a hervir para después colocar la mezcla de azufre y cal, mover hasta que suelte el primer hervor y retirar del fuego.

Se debe de usar 0.5 L por cada 100 L de agua aunque en huertas de naranjo se ha utilizado al 3 % para el control de ácaros y hongos del follaje con muy buenos resultados.

El caldo puede ser almacenado hasta por tres meses en un envase de vidrio oscuro, debe de llenarse la botella y sellar con un chorrito de aceite para después taparla con la finalidad de no permitir el paso del aire al caldo.

Caldo bordelés

Ingredientes:

- 100 g de sulfato de cobre
- 100 g de cal para construcción
- 10 L de agua
- 2 recipientes de plástico

Procedimiento:

En una cubeta se debe disolver el sulfato de cobre en la mitad del agua y en la otra cubeta debe disolverse la cal. Posteriormente debe de vertirse el cobre sobre la cal y no a la inversa debido a la reacción especifica que esto produce.

En el caso de frutales debe de aplicarse al 50 % o sea 1 L de caldo por 1 L de agua, en el caso de hortalizas se aplica 1 L de caldo por cada 3 L de agua.

Cultivo de microorganismos

Ingredientes:

- 30 % de microorganismos de zonas vírgenes
- 40 % de salvado de trigo u olotes molidos, también puede utilizarse maseca
- 10 % de melaza, piloncillo o si no podemos conseguir alguno de estos puede utilizarse azúcar
- 10 % de leche bronca o leche de envase, no utilizar formula láctea
- Superficie plana y limpia, puede ser una lona

Procedimiento:

1. Fase sólida

Sobre una superficie limpia se debe de colocar el salvado de trigo y los microorganismos. En una cubeta debe de mezclarse la melaza con la leche hasta disolverla.

La mezcla de salvado de trigo y microorganismos debe de mojarse poco a poco con la mezcla de melaza y leche hasta que al momento de tomar un poco de la mezcla y apretarla con el puño no gotee y al soltarla no se deshaga la forma, al lograr esto la mezcla esta lista para almacenarse durante treinta días en un recipiente herméticamente sellado. Al colocar la mezcla en este último recipiente debemos de hacer una capa de 20 cm y apizonar perfectamente para colocar la siguiente capa y apizorla de nuevo hasta colocar la totalidad de la mezcla.

En el caso de los microorganismos debemos conseguirlos en zonas vírgenes completamente, debemos mover un poco la hojarasca y extraer la parte que está en plena descomposición que podemos identificar por la presencia de puntos blancos en ella además que esta zona no tiene la apariencia de ser tierra negra.

2. Fase liquida

Ingredientes:

- 5 % de leche, puede omitirse este ingrediente
- 5 % de melaza
- 5 % de la mezcla preparada
- 85 % de agua
- Tela o colador

Procedimiento:

En un bote se coloca la mezcla de todos los ingredientes excepto la mezcla preparada en la fase sólida y deben de mezclarse perfectamente.

En la tela debe de colocarse la mezcla obtenida de la fase sólida y debe de amarrarse de tal modo que no puede salirse nada, esta tela debe dejarse colgar dentro del bote con la mezcla liquida recién preparada y el bote debe taparse para evitar que las moscas ovipositen en ella. Se debe dejar 20 días y posteriormente se puede utilizar de manera foliar al 3 % o en aplicaciones al suelo al 5 %. En el caso del uso foliar este debe de mojar completamente a la plaga.

Anexo B: Recetas de biofertilizantes

Caldo ceniza

Ingredientes:

- 20 L de agua
- 10 kg de ceniza
- 1 kg de jabón amarillo de barra
- Cuchillo
- Cubeta de aluminio

Procedimiento:

Con la ayuda del cuchillo debe de picarse el jabón con la finalidad de facilitar la disolución de este.

Se debe poner a hervir el agua, al soltar el primer hervor se debe de colocar el jabón picado y hervir hasta soltar el siguiente hervor para colocar la ceniza bien cernida dentro de la cubeta con la mezcla. Cuando la mezcla vuelva a soltar un hervor debe de retirarse del fuego

La mezcla debe de utilizarse dentro de los siguientes seis meses y debe de utilizarse al 3 % en el caso de aspersión a hortalizas pequeñas, maíz, frijol y calabaza; en el caso de frutales se debe utilizar al 5 % y en caso de flores se debe de usar al 2 %.

Es importante que el jabón a utilizar sea amarillo de barra para mantener bajos costos, el jabón ayuda a disolver los minerales que contiene la ceniza, principalmente el silicio, fósforo y potasio, debido al contenido de sosa caustica además que ayuda al control de mosquitas debido a que estas respiran por debajo de las alas y al aplicar jabón sobre éstas deja una capa que impide que levanten sus alas y por lo tanto que se ahoguen.

El pH de este caldo es alcalino por lo que también nos ayuda a controlar hongos como la mancha grasienta en cítricos y a limpiar la fumagina debido a que estos requieren de pH ácido para prosperar.

Hidrolizado de pescado

Ingredientes:

- 90 kg de pescado picado
- 70 L de suero de leche o leche bronca
- 40 L de melaza
- 2 kg de hidróxido de potasio
- 1 tambo que pueda sellarse herméticamente

Procedimiento:

De preferencia debemos de remojar un instante el pescado en agua a 60 °C y después picarlo.

Debe de mezclarse todo y al final el hidróxido de potasio, es importante tener cuidado al agregarlo debido a que puede causar quemaduras. Debe quedar completamente sellado el recipiente y debe de hacerse un pequeño hoyo por el cual debe de pasarse una manguera y al otro extremo colocarlo en una botella con agua para atrapar los gases.

Debemos de mover la mezcla una vez por semana hasta los 90 días en que ya podemos utilizar el preparado a una dosis del 0.3 % cuando lo usamos 90 días después y de 1 % cuando lo usamos después de 30 días de la preparación.

Este preparado aporta fosforo, cinc, calcio y nitrógeno además de omegas que se ha reportado que controlan en cierto grado a los virus.

Súper magro completo

Ingredientes:

- Tambor de 200 L
- 50 kg de estiércol fresco
- 70 L de suero
- 10 L melaza
- 2 kg de sulfato de zinc fraccionado en dos aplicaciones
- 2 kg de sulfato de magnesio fraccionado en dos aplicaciones
- 2 kg de nitrato o cloruro de calcio fraccionado en dos aplicaciones
- 1.5 kg de bórax fraccionado en dos aplicaciones
- 100 g de molibdato de sodio
- 300 g de sulfato de hierro
- 50 g de sulfato de cobalto
- 400 g de sulfato de manganeso
- 300 g de sulfato de cobre

Procedimiento:

Mezclar el estiércol, el suero y la melaza. Tapar herméticamente el tambor y hacer un hoyo para pasar una manguera a la que se le debe colocar una botella con agua para permitir la salida de los gases debido a la fermentación y evitar la entrada de oxígeno. Al tercer día debemos de aplicar la primera sal. Cada sal debe aplicarse a los tres días y junto con esta pueden aplicarse 100 g de ceniza, 100 g de harina de rocas y no más de 4 L de agua.

Diez días después de aplicar la última sal, o cuando ya no haya fermentación, se puede hacer uso del súper magro completo en dosis del 5 % al 10 %.

Bocashi

Ingredientes:

- 20 costales de tierra de montaña o de hojarasca
- 20 costales de pulidura de arroz o trigo o bien olotes molidos
- 20 costales de paja picada
- 1 costal de carbón
- 5 kg de melaza, o según lo indique la prueba del puño
- 20 kg de harinas de rocas
- 10 a 20 kg de ceniza
- 500 g de levadura en el caso de clima frío

Procedimiento:

Debe hacerse la mezcla de todos los ingredientes e ir agregando la melaza según la prueba del puño. La melaza debe de disolverse en un poco de agua.

La mezcla debe de hacerse a la sombra y debe de voltearse dos veces por día durante la primera semana. Durante la segunda semana debe de voltearse una vez por día.

Al utilizar bocashi dentro de mezclas para vivero o germinación de hortalizas debe de colocarse el 80 % de tierra y el 20 % de bocashi. En el caso de siembras debe de colocarse hasta 100 g de bocashi por planta.

En el caso de vivero para frutales debe de colocarse el 60 % de tierra el 40 % de bocashi. Cuando se pretenda fertilizar árboles frutales deben de colocarse una vez por mes 6 kg de bocashi por árbol.

Composta

Ingredientes:

- Estiércol fresco
- Hojarasca
- Paja
- Hierba verde picada

Procedimiento:

Debe de realizarse a la sombra y sobre una superficie limpia y firme, en campo puede hacerse sobre algún plástico.

Debe colocarse una capa de 20 cm de hojarasca y rastrojo, una capa de 20 cm de estiércol, una capa de paja de 20 cm y una capa de hierba verde también de unos 20 cm, debe repetirse este orden en las capas hasta obtener una altura de entre 1.4 m y 1.6 m.

La composta debe voltearse cada quince días durante tres meses. También es recomendable que durante el volteo de la composta se le agreguen 20 kg de harina de rocas y 20 kg de ceniza por tonelada de composta. Es recomendable humedecer la composta con un consorcio de microorganismos.

La hierba verde y el rastrojo se recomiendan picados debido a que esto facilita el trabajo de volteo. Algunas personas colocan un tubo de PVC al centro de la composta para permitir aireación y saber la temperatura de la composta, algunos también colocan troncos y sobre estos hacen la composta.

En frutales se colocan hasta 100 kg por árbol, de 2 a 6 $t \bullet ha^{-1}$ de maíz y de 3 a 6 $t \bullet ha^{-1}$ de frijol.