



**UNIVERSIDAD MICHOCANA DE SAN
NICOLÁS DE HIDALGO**

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

**BIOENSAYO DE PRODUCTOS BIORRACIONALES PARA EL
CONTROL DE LA CHICHARRITA (*Empoasca spp.*) EN PAPAYA**

TESIS QUE PRESENTA:

KARLA DANELY PÉREZ CACHO

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO HORTICULTOR

DIRECTOR DE TESIS

DRA. ESPERANZA LOERA ALVARADO

CODIRECTOR

DR. JOSÉ LUIS ESCAMILLA GARCÍA

Apatzingán, Michoacán, México. - de 20 .

DEDICATORIA

La inteligencia actúa silenciosamente. Es en la quietud donde encontramos la creatividad y la solución a los problemas.

Eckhart Tolle

A Dios: Porque nunca me deja sola.

A mi hijo: Por ser la personita que me motiva a superarme.

A mis padres: Por su gran amor, son el pilar de mi vida, por su esfuerzo, por enseñarme a ser libre.

A mis hermanos: Por su amor y su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS

No hay fórmula mágica para el éxito, todo se reduce a trabajo duro, tomar decisiones correctas y perseverancia.

Michelle Obama

A la doctora Esperanza Loera Alvarado: por todo el tiempo, esfuerzo y paciencia invertidos en mi trabajo.

A DRANCHMEX: Por creer en mí, por convertirse en los cimientos de mi crecimiento profesional.

ÍNDICE DE CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Hipótesis.....	3
1.2 Objetivos.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 Historia y usos del cultivo de la papaya (<i>Carica papaya</i> L.).....	4
2.2 Origen.....	5
2.3 Taxonomía.....	5
2.4 Descripción botánica.....	5
2.5 Requerimientos climáticos y edáficos.....	9
2.6 Reproducción de la planta.....	10
2.7 Labores culturales del vivero.....	13
2.8 Preparación del terreno para trasplante.....	14
2.9 Prácticas culturales.....	19
2.10 Plagas y enfermedades.....	21
2.11 Virus que afectan a la papaya.....	25
2.12 Hongos fitopatógenos de la papaya.....	28
2.13 Consecuencias del uso irracional de agroquímicos.....	33
2.14 Desarrollo de resistencia en las plagas.....	35
2.15 Alternativas para mitigar el impacto de la agricultura en el medio ambiente y la resistencia de plagas.....	36
2.16 La agricultura orgánica.....	37
2.17 Importancia de la agricultura orgánica.....	39
2.18 Productos fitosanitarios orgánicos y certificación.....	40
2.19 Desafíos de la agricultura orgánica.....	43
2.20 La agricultura orgánica en México.....	45
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	46
3.1 Localización.....	46
3.2 Manejo del cultivo.....	46

3.3 Tratamientos.....	47
3.4 Montaje del experimento en laboratorio.....	51
3.5 Análisis de datos.....	52
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	53
4.1 Mortalidad de <i>Empoasca</i> spp. a las 24 horas.....	53
4.2 Mortalidad de <i>Empoasca</i> spp. a las 48 horas.....	53
V. CONCLUSIONES.....	58
VI. RECOMENDACIÓN.....	58
VII. LITERATURA CITADA.....	59
ANEXOS.....	75

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Contenido nutricional en 100 g de pulpa de fruta de papaya.....	8
Cuadro 2. Los nutrimentos, funciones y síntomas de deficiencias.....	16
Cuadro 3. Principales problemas de los productores que aspiran a la certificación orgánica y posibles soluciones.....	44
Cuadro 4. Tratamientos evaluados	48
Cuadro 5. Porcentaje de mortalidad registrada de <i>Empoasca</i> spp., a las 24 y 48 horas de aplicados los tratamientos.....	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización del área de recolecta de insectos y material vegetal	46
Figura 2. Huerta de papaya variedad Formosa, donde se recolectaron los insectos y el material vegetal.....	47
Figura 3. Preparación del experimento en laboratorio: a) cajas Petri con discos de papel absorbente, b) discos de hoja de papaya, c) adultos de chicharrita recolectados, d) cajas Petri con discos de papel absorbente y de hojas, e) preparación del insecticida, f) tratamientos con 10 insectos por caja, colocados al azar.....	52

PRODUCTOS BIORRACIONALES PARA EL CONTROL DE LA CHICHARRITA (*Empoasca* spp.) EN EL CULTIVO DE PAPAYA

Resumen. La chicharrita (*Empoasca* spp.), es una de las plagas más importantes en el cultivo de papaya, causa daños indirectos al transmitir virus y directos al alimentarse del cultivo, lo que repercute en el deterioro de la calidad de la fruta. En el sistema de producción orgánica, esta plaga es más difícil de controlar, debido a las restricciones en el uso de pesticidas, por eso es urgente encontrar productos efectivos, amigables con el medio ambiente, enemigos naturales y menos dañinos para la salud humana. Con el objetivo de determinar la efectividad de diferentes insecticidas biorracionales para el control de *Empoasca* spp., que permitan establecer una rotación de diferentes productos, se plantea el presente trabajo de tesis. En este trabajo de investigación se hizo una evaluación toxicológica a nivel laboratorio, con productos biorracionales para el control de la chicharrita *Empoasca* spp. Para poner en contacto el insecto con los productos, se sumergió un disco de hoja de papaya en el insecticida a la dosis media recomendada por el fabricante, y posteriormente se colocaron 20 adultos de la plaga. El disco de hoja y los especímenes se introdujeron a una caja de Petri acondicionada con una base húmeda. Se realizaron 5 repeticiones por tratamiento incluyendo un testigo absoluto al que sólo se le aplicó agua destilada. Los tratamientos se colocaron al azar dentro de la cámara húmeda y se mantuvieron en condiciones de $25 \pm 2^\circ\text{C}$, 60-70% de HR y fotoperiodo de 12: 12 luz: oscuridad. A las 24 y 48 h, después del tratamiento, se realizaron las observaciones para detectar la mortalidad de los adultos del cicadélidos. Los resultados de mortalidad se sometieron a un análisis de varianza usando el programa SAS 9.0. También se realizó una prueba de separación de medias (Tukey $p \leq 0.05$). Al final de la evaluación todos los tratamientos mostraron diferencias estadísticas en relación al testigo, siendo los extractos vegetales, terramax, terrax, extracto de

cempasúchil y chicalote, así como el terra oil, los productos con mejor actividad insecticida en contra de *Empoasca* spp. El extracto de higuera y el hidróxido de calcio presentaron un control regular de la chicharrita (78% de mortalidad), mientras que el resto de los productos presentaron de un 58% a 60% de mortalidad.

Palabras clave: *Carica papaya* L, producción orgánica, sustentabilidad, plagas biorracional.

BIORRATIONAL PRODUCTS FOR CHICHARRITE CONTROL (*Empoasca* spp.) IN PAPAYA CULTIVATION

Abstracts. Chicharrite (*Empoasca* spp.), is one of the most important pests in the cultivation of papaya, causes indirect damage by transmitting viruses and direct feeding on the crop, which affects the deterioration of fruit quality. In the organic production system, this pest is more difficult to control, due to restrictions in the use of pesticides, so it is urgent to find effective products, friendly to the environment, natural enemies and less harmful to human health. In order to determine the effectiveness of different biorational insecticides for the control of *Empoasca* spp., which allow to establish a rotation of different products, the present thesis is proposed. In this research work a toxicological evaluation was made at the laboratory level, with biorational products for the control of *Empoasca* spp. To put the insect in contact with the products, a disc of papaya leaf was immersed in the insecticide at the average dose recommended by the manufacturer, and then 20 adults of the pest were placed.

The leaf disc and specimens were introduced to a Petri dish conditioned with a wet base. Five repetitions were performed per treatment including an absolute control to which only distilled water was applied. The treatments were placed randomly in the humid chamber and were maintained in conditions of 25 ± 2 ° C,

60-70% RH and photoperiod of 12: 12 light: dark. At 24 and 48 h, after treatment, observations were made to detect adult mortality of the scarids. The mortality results were subjected to an analysis of variance using the SAS 9.0 program. A means separation test was also performed (Tukey $p \leq 0.05$). At the end of the evaluation, all treatments showed statistical differences in relation to the control, with plant extracts, terramax, terrax, cempasuchil extract and chicalote, as well as terra oil, the products with the best insecticidal activity against *Empoasca* spp. The fig extract and calcium hydroxide had a regular control of the chicharrite (78% mortality), while the rest of the products presented a 58% to 60% mortality.

Keywords: *Carica papaya* L, organic production, sustainability, pests.

I. INTRODUCCIÓN

La papaya (*Carica papaya* L.) es la tercera fruta tropical más consumida en el mundo, y, por lo tanto, una de las más importantes desde el punto de vista económico y social al ser una fuente de ingresos para miles de familias y, al mismo tiempo, medio de captación de divisas para algunos países. Entre los principales países productores se encuentran la India, Brasil, México, Indonesia, República Dominicana y Nigeria (FAOSTAT, 2017). México ocupó el tercer lugar en producción de papaya para el año 2017; siendo los principales estados productores Oaxaca, Colima, Chiapas, Veracruz y Michoacán (SIAP, 2018).

La papaya posee propiedades terapéuticas, además de su uso como laxante, antibiótico y antibacteriano; tales características han permitido al fruto ser atractivo para su producción con un mercado al alza. Sin embargo, a pesar de la relevancia del fruto en la economía mexicana, los productores de papaya se enfrentan a diferentes problemas: financieros, falta de tecnología, capacitación, organización, y mermas. Además de las anteriores, también está las que afectan la producción: lluvias, plagas, virus, temperaturas, etc.(Rojo, 2014; Miranda-Ramírez *et al.*, 2018).

Durante la producción, el principal problema es la aplicación de productos para el control de plagas y enfermedades, los cuales se suministran de manera preventiva y continua, originando que el fruto lleve altas cantidades de residuos, los cuales son examinados minuciosamente al pretender exportarlos y en consecuencia son rechazados, más aún, cuando el cultivo está bajo el sistema de producción orgánica (Pérez *et al.*, 2013).

La agricultura convencional se ha basado en el uso de agroquímicos en las últimas décadas, con las consecuencias del deterioro de la salud humana, al ser causa de enfermedades como el cáncer, alteraciones genéticas, intoxicaciones, esterilidad y muerte. Además, el desarrollo de resistencia de

plagas, organismos fitopatógenos y malezas, más contaminación del ambiente, lo que disminuye la producción de los cultivos (Altieri, 2009).

Por esta razón la producción orgánica de alimentos es una alternativa para los consumidores que prefieren alimentos libres de plaguicidas y fertilizantes sintéticos, inocuos y con un alto valor nutricional, así mismo, para un mejor cuidado del ambiente (Cruz, 2007; Willer, 2011).

El mercado orgánico está reducido a unos cuantos productos fitosanitarios aprobados, y la información e investigación para el control de plaga es escasa. Por lo tanto, es importante evaluar productos y determinar cuáles son más efectivos para el control de plagas y que al mismo tiempo, sean amigables con el ambiente (Cardoso, 2017).

La chicharrita (*Empoasca* spp.), es una de las plagas más importantes en el cultivo de papaya orgánica, causa daños indirectos al transmitir virus, además del daño directo al alimentarse del cultivo; detiene significativamente el desarrollo de la planta, disminuye su crecimiento, acorta los peciolos, el cogollo y las hojas se enrollan, así como el endurecimiento de la pulpa; la cual es conocida como “fruta empedernida” (Pérez *et al.*, 2010;). Todo esto repercute en el deterioro de la calidad de la fruta y reduce los mercados que de por sí, ya es muy competitivo. La infestación por chicharrita, puede terminar con una huerta entera en cuestión de meses, aún bajo el sistema convencional esta plaga es difícil de controlar, por eso es urgente encontrar productos efectivos para su control, amigables con el medio ambiente y enemigos naturales, y que al mismo tiempo sean menos dañinos para la salud humana (Mirafuentes *et al.*, 2006; Hernández & Morales, 2008; Cámara, 2018).

1.1 Hipótesis

- Los diferentes insecticidas biorracionales reducen o causan mortalidad en las poblaciones de *Empoasca* spp. en el cultivo de papaya.
- Es posible que al menos un insecticida biorracional cause una alta mortalidad de la plaga.

1.2 Objetivos

Determinar la efectividad biológica de diferentes insecticidas biorracionales en el control de *Empoasca* spp., en condiciones de laboratorio.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Historia y usos del cultivo de la papaya (*Carica papaya* L.)

Como muchas otras frutas que son consideradas como exóticas, la papaya se ha beneficiado de los avances tecnológicos que permiten una mejor conservación de los alimentos perecederos. De esta manera, hoy más que nunca se encuentra disponible en los anaqueles de supermercados de Europa, Estados Unidos y Canadá. Igualmente, conforme la clase media aumenta en los países desarrollados, el gasto en alimentación se incrementa y se ve reflejado en un mayor consumo de alimentos de acuerdo a las tendencias actuales. En este sentido, una de las corrientes más importantes en los Estados Unidos es la de informarse y consumir frutas que aporten mayores beneficios al organismo, dejando atrás las tradicionales como manzanas y naranjas. Esto abre la puerta a una mayor demanda de papaya, ya que ésta cuenta con importantes propiedades como ser auxiliar en problemas digestivos. Sin embargo, la gran mayoría de los consumidores en aquel país no cuenta con información acerca de sus características (Valencia *et al.*, 2017).

La papaya es un cultivo noble, del cual se puede aprovechar además del fruto; el látex blanco de los frutos inmaduros. Este contiene una enzima proteolítica, la papaína, la cual se usa para elaborar medicamentos que combaten la dispepsia y otros trastornos de la digestión, desparasitantes, también se utiliza para elaborar polvos dentífricos y tiene aplicaciones germicidas, en la industria cervecera; para aclarar la cerveza; en el curtido de pieles, en la industria quesera como agente de maduración de quesos; y en la industria alimentaria como ablandador de pieles (Gutiérrez, 1995).

2.2 Origen

La primera referencia que se tienen del origen de la papaya está en la “Historia Natural y General de las Indias”, de Oviedo, mismo que en el año de 1535 escribió una carta dirigida al rey de España donde menciona haber visto crecer esta planta en México y Centroamérica. Este mismo autor afirma que Alfonso de Valverde llevó semillas a lo que ahora es Panamá y República Dominicana en donde los nativos la bautizaron con el nombre de papaya (Standley, 1920). Se cree que en las primeras etapas de la conquista española se extendió en las Antillas, después a Filipinas y al resto del mundo por navegantes españoles y portugueses (Standley, 1920).

2.3 Taxonomía

Reino: Vegetal

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Brassicales

Familia: Caricaceae

Género: *Carica*

Especie: *papaya*

Nombre científico: *Carica papaya* L.

2.4 Descripción botánica

Planta herbácea de rápido crecimiento y vida corta. Con tronco solitario de color grisáceo o verde, liso; marcado con numerosas cicatrices que dejan la caída de hojas viejas; de 8-10 m de largo y 10-30 cm de grosor. Posee raíz

pivotante de hasta un metro de largo con raíces secundarias que presentan otras más pequeñas de color blanco que se desarrollan superficialmente (Guzmán, 1998).

Tallo. La papaya es considerada como una planta arbustiva cuyo tallo es hueco, con excepción de los nudos, puede llegar a tener una altura de 8 a 10 metros al 3 ciclo agrícola y desarrollar un diámetro de 10 a 30 cm. El desarrollo del tallo es de un solo eje, sin embargo, en cada nudo existe una yema, en la cual puede desarrollar una rama (García, 2010).

Hojas. Son grandes con 25-75 cm de diámetro, verde oscuro por el haz y más pálidos por el envés, nervaduras palmeadas; de 7-10 lóbulos grandes, peciolo largos y huecos, de 25-100 cm de longitud, el color va desde el verde amarillento o morado claro y de consistencia frágil. Las flores son blancas, nacen en las axilas de las hojas o en el tallo, de dos a cinco en las plantas femeninas o más de cien en las masculinas, la floración inicia dos o tres meses después del transplante, (Ferwerda, 1987; García, 2010).

Inflorescencia. Existen tres tipos de flores:

Flor femenina (pistilada): con un tamaño de entre 5-6.5 cm de longitud, los racimos se componen de 5-10 flores, no poseen estambres y su ovario es de forma ovoide, desarrolla frutos redondos u ovoides con una cicatriz pentagonal en la base. Este tipo de inflorescencia se caracteriza por ser ancha de la base y delgada en el otro extremo (García, 2010).

Flor masculina (estaminada): presenta sólo flores estaminadas, sin ovario o atrofiado. Crecen en largas panículas o racimos colgantes con muchas flores pequeñas. No producen frutos o son muy pequeños (Samson, 1991; García, 2010).

Flor hermafrodita: Presenta órganos masculinos y femeninos y se clasifican en tres tipos:

Pentandria. Muy semejantes a la flor femenina, su nombre se deriva de la presencia de cinco estambres cortos y cinco carpelos en sus frutos, mismos que produce frutos de forma esférica u ovoide (Guzmán 1998; García, 2010).

Intermedia. Tiene dos a diez estambres, colocados irregularmente en el tubo de la corola y que nacen de la mitad interna de los pétalos (García, 2010). Los filamentos se funden con la pared del ovario y originan frutos globosos deformes a los cuales se les llama “cara de gato” o carpeloides (Guzmán 1998; García, 2010).

Elongata. Tiene ovario funcional alargado y diez estambres, sus pétalos están unidos en aproximadamente $1/3$ de la corola, produce frutos largos, cilíndricos bien formados (Jiménez, 2002). De buena calidad, carnosos y con el espacio interno más reducido que los frutos redondos u ovoides. Algunos árboles pueden presentar reversiones sexuales influenciados por el clima extremo; altas o bajas temperaturas, alta o baja humedad relativa y desarrollará frutos redondos. Esto no quiere decir que haya cambiado de sexo, sino que cambió del tipo elongata a pentándrica (García, 2010).

Fruto: Es una baya que puede ser cilíndrico o alargado, aperado, ovalado o redondo; dependiendo de la variedad y el tipo de flor del cual se forman. Según las variedades los frutos pueden alcanzar los 15-50 cm de largo, de 12-25 cm de diámetro, el peso va desde 0.226 a 11.33 kg o más. Compuesto por tres partes: 1.- exocarpio o cáscara 2.- mesocarpio o pulpa 3.- endocarpio que contiene semillas y mucílago. La pulpa se compone de agua, azúcares, vitaminas, minerales y sustancias colorantes, su contenido nutricional se muestra en el Cuadro 1. Su color va desde el amarillo pálido al amarillo rojizo (García, 2010).

Cuadro 1. Contenido nutricional en 100 g de pulpa de fruta de papaya.

Contenido	Cantidad
Calorías	23.1-25.8 cal
Humedad	85.9-92.6 g
Proteínas	0.08-0.34 g
Grasas	0.05-0.96 g
Carbohidratos	6.17-6.75 g
Fibras	0.50-1.30 g
Cenizas	0.31-0.66 g
Calcio	12.9-40.8 mg
Fósforo	5.30-22.0 mg
Hierro	0.25-0.78 mg
Carotenos	0.0045-676 mg
Tiamina	0.021-0.36 mg
Riboflavina	0.024-0.58 mg
Niacina	0.0227-555 mg
Ácido ascórbico	35.5-71.3 mg
Triptófano	4-5 mg
Metionina	1 mg
Lisina	15-16 mg

Fuente: CIRAD (Centro de Cooperación Internacional en Investigación Agronómica para el Desarrollo), 2009.

Semilla: formada por un embrión pequeño, aplanado lateralmente y rodeado por el endospermo, así como de una cubierta formada por una endotesta dura y muricada y una sarcotesta traslúcida que contiene un fluido delgado mucilaginoso. Cada fruto puede producir de 300-800 semillas (García, 2010).

Raíz: el sistema radical es de color blanco, el desarrollo varía de acuerdo a la profundidad y humedad del suelo, si este es bueno la raíz será profunda y bien desarrollada, mientras que en suelos compactos y húmedos el sistema será superficial (Samson, 1991; García, 2010).

2.5 Requerimientos climáticos y edáficos

Latitud. 32-35 grados norte y sur en zonas tropicales y subtropicales (Purseglove 1979; García, 2010).

Altitud. Los resultados óptimos se reportan en menos de 800 metros sobre el nivel del mar (Guzmán 1998), en mayor altitud el fruto presenta menos dulzura debido a la lentitud en la conversión de azúcares, se alarga el ciclo vegetativo de floración a cosecha, menos productividad, menor tiempo de cosecha, la calidad y el color del fruto se ve disminuido, y en la época más fría se presentan más frutos deformes por la transformación de los estambres en las flores hermafroditas en carpelos (De los Santos *et al.*, 1997). García (2010), menciona que los mejores rendimientos y calidad de la fruta se obtienen entre 0 y 600 msnm.

Temperatura. El cultivo se desarrolla bien en temperaturas de entre 18 a 38 °C (García 2010).

Agua. Las necesidades de agua van de 1500-2000 mm anuales, debe ser provista de agua durante todo el año para evitar interrupciones en la cosecha debido a la constante formación de frutos (García, 2010). Los períodos de lluvia prolongados provocan amarillamiento en las hojas, los tallos se alargan y

adelgazan, disminuye el rendimiento y se dificulta la recolección de frutos (Chirinos, 1999).

Humedad relativa. El rango óptimo va de 60-85 % (García, 2010), aunque algunos estudios revelan que la mayor concentración de azúcares en el fruto se consigue en regiones con baja humedad, por lo tanto, la papaya puede ser cultivada en diferentes condiciones de humedad en el aire, si esta es compensada por la disponibilidad de agua en el riego (Samnson, 1991).

Luminosidad. La papaya requiere alta luminosidad solar para que los frutos alcancen el contenido de azúcares deseable, por lo que no debe ser intercalado con otros cultivos que le provoquen sombra, el exceso de radiación puede generar quemaduras en los frutos (García, 2010).

Suelo. Adaptable a cualquier suelo del trópico, con buena profundidad, retención de humedad, drenaje, fértiles, ricos en materia orgánica, poco contenido de sales, y con leve pendiente para la remoción de agua en caso de ser necesario. Aunque los suelos óptimos son los francos (De los Santos *et al.*, 1997; FAO, 1997). Con un pH de 5.5-7.5 (García 2010). En suelos ácidos se recomienda encalar para elevar el pH (Mirafuente, 1997).

Viento. En lugares con mucho viento se corre el riesgo de que las plantas se caigan por el peso de la fruta y porque el pseudotallo es hueco (García, 2010).

2.6 Reproducción de la planta

La forma más común es por semilla, creando viveros para su posterior trasplante (García, 2010). Es rápido fácil y barato con la ventaja de que los frutos en general poseen varios cientos de semillas (Jiménez, 2002).

Selección de plantas para la producción de semillas. Localizar una plantación de papaya con plantas de altura uniforme de buen rendimiento, sanos, vigorosos y características de crecimiento; uniformidad en tamaño y

forma de los frutos, inicio de floración a baja altura y predominancia del sexo hermafrodita que convenga cultivar según la demanda del mercado, las plantas no deben tener fruta con deformidades originadas por las flores, todo esto es primordial ya que son características heredables. Una vez que las plantas que han sido seleccionadas para la extracción de semilla han comenzado a producir frutos se debe observar que la planta marcada no tenga más de un fruto por pedúnculo, que la fruta no presente ninguna deformidad debido a la mala nutrición, que presenten una buena sanidad y estado nutricional, abundante follaje y adecuado grosor del tallo, ninguna enfermedad presente en la cáscara de los frutos, que sean hermafroditas y de la variedad y tipo deseados (Jiménez, 2002).

Extracción de semilla. Una vez que los frutos seleccionados han llegado a su madurez fisiológica, se cosechan y se extrae la semilla procurando no traer consigo porciones de pulpa; se enjuagan en un recipiente con agua limpia y se tamizan con un colador para eliminar la sarcotesta, y en el último enjuague se eliminan las semillas vanas por flotación (Mirafuentes, 1997). Una vez realizada esta operación, se secan a la sombra sobre papel secante, periódico, etc. (De los Santos *et al.*, 1997). Si se usarán de inmediato se recomienda el uso de un fungicida, de lo contrario, las semillas deben ser guardadas en recipientes cerrados en un ambiente fresco y seco (Jiménez, 2002).

Vivero. El vivero se debe ubicar a más de 1.5 kilómetros de cualquier plantación comercial de papaya para reducir el riesgo de adquirir virosis. Tener suficiente agua, sol y en el mejor de los casos barrera naturales para evitar el ingreso de los insectos vectores (García, 2010). El sustrato utilizado debe contener 33% de arena, 33% de materia orgánica y 33% de suelo franco (Mirafuentes, 1997). Debido al origen de los componentes del sustrato, este puede contener bacterias, hongos, huevecillos de insectos y semillas de maleza, por lo que debe ser desinfectado, para esto hay diferentes métodos: a) solarizado, colocando el sustrato bajo los rayos del sol directamente, b) térmico,

con agua caliente y c) químico, siendo éste el más utilizado por ser menos complicado y por la amplia gama de productos en el mercado (García, 2010). El sustrato comercial es el más utilizado, ya que está procesado y desinfectado; libre de cualquier fitopatógeno (Vargas *et al.*, 2004).

Pregerminación de la semilla: Este proceso tiene como objetivo acelerar la germinación posterior en las charolas; consiste en colocar las semillas durante 48 horas en agua, cambiándola cada 6-8 horas, después de estas 48 horas se retiran y se colocan en franelas húmedas, previamente hervidas para eliminar patógenos, y se envuelven en plástico negro para aislar de la luz y se colocan en un lugar cálido a medida que las semillas muestran radícula de 1 a 2 cm de largo deberán ser colocadas en charolas o bolsas para vivero (García, 2010).

Siembra en bolsas. El tamaño de la bolsa va a depender del tiempo que se piense tener las plantulitas en el vivero. Dentro de las ventajas de emplear este material es que las plantas pueden permanecer en el vivero durante más tiempo sin perder calidad, máximo 70 días, se pueden transportar a la parcela más fácilmente sin que se dañen, al momento del trasplante el daño radicular es menor que cuando se siembran en charolas o en el suelo. La desventaja es que la preparación y el llenado de bolsas es más lento y costoso debido a que se emplea mayor cantidad de mano de obra (Mirafuentes, 1997). El arreglo y acomodo de las bolsas deberá permitir el libre acceso para las labores culturales necesarias para la atención del vivero, 40-60 cm entre los canteros es suficiente (García, 2010). El riego debe mantener el suelo húmedo, sin permitir un exceso de humedad por mucho tiempo para prevenir la pudrición (Jiménez, 2002). No existe un color de bolsas que sea riguroso utilizar, pueden ser negras o transparentes, el agricultor deberá tomar la mejor decisión ya que las bolsas negras son más caras (Vargas *et al.*, 2004).

Siembra en charolas: Se recomienda el uso de sustrato comercial, debido a la fragilidad de las charolas y al poco peso del sustrato, el inconveniente es que este medio de siembra es caro y no siempre podrá estar al alcance del

agricultor (Mirafuentes, 1997). Se puede optar por preparar un sustrato para el llenado de las charolas, a base de suelo, arena, estiércol, y otros materiales orgánicos, y deben ser desinfectados (De los Santos, 1997). El número de semillas por cavidad varía, Carisem (2000), recomienda de 2 a 3 semillas por cavidad, a no más de 1 cm y deben ser depositadas en la parte media de la cavidad de la charola o la bolsa, nunca en los extremos, ya que el calor de las paredes puede dañar la raíz (Mederos, 1998). La desventaja de la siembra en charola es que la estancia de la plántula no debe pasar de los 50 días ya que después de ese tiempo, el crecimiento de la planta se detiene y el sistema radicular se enreda (Mirafuentes, 1997). La germinación se inicia de los 10 a 14 días después de la siembra (De los Santos *et al.*, 1997).

2.7 Labores culturales del vivero

Los problemas más frecuentes en esta etapa son los hongos *Phyitium* spp. *Phytophthora* sp. y *Rhizoctonia* sp. Lo que provoca pudrición del cuello (De los Santos *et al.*, 1997), para esto se recomienda el uso de 3 g de captan, propamocarb más carbendazim a razón de 1-2 mL de cada producto. Para enfermedades del follaje se puede emplear oxiclورو de cobre 3 g, todas las dosis anteriormente mencionadas son para 1 litro de agua, con una frecuencia de aplicación de 7-10 días. Para el control de insectos vectores de virus la aplicación de imidacloprid cada 21 días ayudará a llevar plantas sanas al trasplante (García, 2010), la alternativa orgánica a los productos antes mencionados puede ser extracto de cítricos, o repelentes hechos a base de plantas (Jiménez, 2002). Cuando se emplea sustrato sin nutrientes se sugiere aplicar fertilizante foliar con 30% de fósforo, para proveer el desarrollo radicular, comenzando con la aplicación cuando las plántulas presentan las primeras dos o tres hojas a un intervalo de 8 a 10 días (Mirafuentes, 1997).

2.8 Preparación del terreno para trasplante

Se recomienda iniciar las siguientes labores dos meses antes del trasplante:

Barbecho. Se debe dar un barbecho con arado de 25 a 30 cm de profundidad con la finalidad de permitir un mejor desarrollo radicular, mejorar el drenaje del suelo incorporar los residuos de la cosecha anterior por exposición de los huevecillos a la intemperie (Vargas *et al.*, 2004).

Rastro. Se deben dar dos pasos de rastra de discos, de dos a ocho días después del barbecho y el segundo se debe dar en forma perpendicular al primero. El objetivo de este paso es desmenuzar los terrones y dejar el suelo bien mullido para facilitar el trasplante de la papaya (Vargas *et al.*, 2004). En caso de laderas u otras zonas con pendientes se recomienda seguir las prácticas de conservación del suelo como construcción de bordes, curvas de nivel, entre otras (García, 2010).

Existen productos para el control de hongos en el suelo, sobre todo si el terreno se cultivó antes con papaya, hoy en día el uso de químicos para el suelo en la agricultura orgánica está muy restringido; una alternativa al uso de plaguicidas sintéticos es la rotación de cultivos, o dejar el suelo en barbecho durante un periodo de dos ó tres años sin incluir cultivos que incrementen el inóculo de enfermedades. La incorporación de materia orgánica de tipo compost, estiércoles o bokashi son muy importantes (Jiménez, 2002).

Trasplante. Se realiza cuando las plantas poseen 15 cm de altura o de 6-7 semanas de edad. No se recomienda transplantar cuando tengan más de 20 cm de altura (Jiménez, 2002). A medida que el trasplante se retrasa la altura de la planta aumenta, la fecha de floración se retrasa y por consecuencia la cosecha se dificulta por la altura a la que se producen los frutos (Mirafuentes, 1997). La profundidad para transplantar aquellas plantas que se desarrollaron en bolsas, estará en función del tamaño de éstas; 10 centímetros de diámetro por 15 centímetros de profundidad, independientemente del tamaño del

cepellón, colocando dos plantas por cepa (Mirafuentes, 1997). Para retirar las bolsas se deben abrir de manera longitudinal, para evitar el mal trato a las plántulas (Guzmán, 1998). Al colocar el cepellón en el hoyo se debe procurar que en cuanto el cepellón quede dentro del hoyo, se coloque la tierra alrededor, se debe apretar ligeramente y se aplica un riego ligero para ayudar en el establecimiento del huerto (Guzmán, 1998). La mejor época para transplante son los meses de marzo y abril en los cuales se presentan las condiciones climáticas más favorables, mayores tasas de desarrollo vegetativo y fructífero al mismo tiempo que una baja incidencia de insectos vectores de virus (Munro, 2003). La densidad de siembra se seleccionará de acuerdo al tipo de riego, variedad, y la necesidad de espacio para la maquinaria que se vaya a utilizar; para la variedad Maradol 3 X 2.40 m (Mirafuentes, 1997). Se sugiere que la papaya se establezca en densidades altas para la posterior eliminación de plantas con virus con formas sexuales no productivas como machos, femeninas y estériles de verano (De los Santos *et al.*, 1997 y Mirafuentes, 1997).

Riego. La cantidad de agua dependerán de las variaciones del clima, intensidad del viento, luz, temperatura, el tipo de suelo y edad de la planta, por lo tanto, no hay una norma a seguir para satisfacer los requerimientos de la planta. Por lo general, las plantas jóvenes por la rapidez de su crecimiento y su escaso sistema de raíces necesitan riegos más frecuentes. Por su parte las plantas viejas no necesitan agua con tanta frecuencia debido a su ritmo de crecimiento más lento y un sistema de absorción más desarrollado. Se debe tener presente que una prolongada sequía reduce el rendimiento de la planta y aumenta la presencia de flores estériles de verano o machos. Las primeras horas de la mañana o al final de la tarde son las más adecuadas (Guzmán, 1998).

Fertilización. El cultivo de papaya requiere altos niveles de fertilización con corta frecuencia de aplicación debido a su constante crecimiento, formación de flores y producción de frutos, teniendo esto en cuenta podemos asegurar una

producción ininterrumpida. Se recomienda un análisis del pH del suelo para la elaboración del plan de fertilización y elegir los productos adecuados para cada región. En caso de presentar un bajo pH se debe emplear un producto que eleve este valor; tales como cal dolomita, hidróxido de calcio, magnesio y yeso (García, 2010). En el Cuadro 2 se muestran las funciones de los diferentes nutrimentos y los síntomas que causan sus deficiencias (De los Santos *et al.*, 1997; García, 2010).

Cuadro 2. Los nutrimentos, funciones y síntomas de deficiencias.

Nutrimento	Función	Síntomas de deficiencia
Nitrógeno (N)	Activa el rápido crecimiento, da el color verde intenso a las plantas, aumenta la producción de hojas.	Hojas verde amarillento, entrenudos cortos, lóbulos menos pronunciados de lo normal.
Fósforo (P)	Fundamental en la división celular, aporta energía facilita la formación rápida y crecimiento de las raíces.	Bordes de las hojas con manchas amarillas y negras, hojas nuevas verde oscuro.
Potasio (K)	Regula la disponibilidad de azúcar y la cantidad de esta que la fruta presente, otorga vigor y resistencia, transporte de azúcares de las hojas al fruto.	Hojas inclinadas secas del borde hacia el centro, reducción del número de hojas y frutos.
Calcio (Ca)	Regula absorción de nutrientes, multiplicación y crecimiento de raíces, da consistencia a los frutos.	Hojas de color verde olivo con manchas amarillas.
Magnesio (Mg)	Núcleo central de la clorofila.	Manchas café oscuro en los bordes de las hojas, los espacios entre las

		venas verdes.
Azufre (S)	Translocación de azúcares y formación de las proteínas.	Crecimiento reducido de plantas, ligero amarillamiento en las hojas.
Fierro (Fe)	Síntesis de la clorofila.	Hojas amarillo pálido, la parte apical se oscurece y se quiebra.
Manganes o (Mn)	Activado enzimático y síntesis de proteínas.	Hojas con puntas amarillo pálido .
Boro (B)	Actúa de la mano del calcio en la fertilidad del tubo polínico y translocación de azúcares	Hojas deformes y amarillentas, frutos con tumores o bolas.
Cobre (Cu)	Participa en la formación de la clorofila en conjunto con otros microelementos.	Reducción del crecimiento de las hojas, con las manchas café en las puntas.
Zinc (Zn)	Controla la síntesis de los reguladores del crecimiento vegetal. Necesario para el alargamiento de células y tejidos.	Hojas con reducción del crecimiento y clorosis en las nervaduras plantas con un tamaño bajo y poca floración.
Molibdeno (Mo)	Favorece la formación de aminoácido y proteínas, fijación de nitrógeno y síntesis de clorofila.	Reducción del crecimiento, clorosis en las puntas de las hojas que adquieren apariencia de papel.

Fuente: Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA, 2010).

Fertilización foliar. El fertilizante foliar es altamente soluble por lo que su aplicación con equipo de pulverización es simple. Los fertilizantes solubles se pueden aplicar junto con otros agroquímicos, aunque es mejor aplicarlos por sí solos a una dosis de 500 a 1000 L ha⁻¹ (Jiménez, 2002).

Fertirriego. En la región de tierra caliente Michoacán, el acceso al agua es cada vez más limitado, por este motivo es necesario el empleo de tecnologías que permitan el ahorro de agua y el suministro de los nutrientes de manera fraccionada como el cultivo lo esté requiriendo según su etapa; es un método de ahorro de agua y uso eficiente de los fertilizantes, permite el establecimiento del cultivo en terrenos accidentados y se producen frutos de mayor calidad (Rico *et al.*, 2009). Se sugiere el uso de la cintilla de un gasto mayor a 2.5 LPH m⁻¹ (litros por hora por metro lineal) cal. 8 mil, por su durabilidad en el campo y mayor soporte a presiones de agua. Esta se coloca a doble hilera a una distancia de 20 cm de la planta en la superficie del suelo, para evitar la acumulación de las sales en la zona de raíces del cultivo; en áreas pequeñas se coloca de manera manual mientras que en extensiones más grandes se recomienda el empleo de maquinaria (Rico *et al.*, 2009).

Frecuencia de riego: En la región de tierra caliente en Michoacán, se recomienda de octubre a febrero, con una duración de seis horas por semana, de marzo a junio ocho horas de riego por semana, de julio a septiembre la lluvia proporciona el agua requerida y en caso de no ser así; se recomienda continuar con las ocho horas semanales (Rico *et al.*, 2009).

Dosis y aplicación de fertilizantes: El pH ideal en la solución nutritiva debe ser de 6.5 para que la planta pueda tomar los nutrientes, esto se logra con el fertirriego y el empleo de ácido fosfórico, nítrico o sulfúrico. Las principales fuentes de fertilizantes podrían ser Urea con 46% de nitrógeno, Ácido fosfórico con 75% de fósforo y nitrato de potasio con 44% de potasio. Por su alta solubilidad no causan taponamiento por acumulación de sales en los goteros. La dosis recomendada para la papaya es 200-100-160 de N-P-K, distribuido de

la siguiente manera (Vargas *et al.*, 2004): 100-50-60 quince días después del transplante a inicio de floración; 50-50-50 al inicio de floración hasta el inicio de cosecha; 50-00-50 del inicio de cosecha hasta el primer año del cultivo; continuando así hasta el cierre del cultivo cuidando aplicar de forma proporcional el fertilizante cada siete días (Rico *et al.*, 2009).

2.9 Prácticas culturales

Eliminación de brotes: los tallos del papayo tienden a producir brotes en las axilas de las hojas, si se permite que estos proliferen los frutos del tallo principal y de los brotes tendrán mayor tamaño. Además de ser un punto ideal para la propagación de los ácaros. La eliminación de éstos debe ser a mano ya que si se emplean herramientas se corre el riesgo de diseminar virus (García, 2010).

Raleo de frutos: Cuando el destino de la fruta es el consumo como fruta fresca y de alta calidad, se deben dejar un solo fruto por axila para que éstos tengan un mayor tamaño y sin deformaciones por estar apretados, con esto se permite una mayor aireación en los frutos y se evita la antracnosis. Si el mercado exige frutas pequeñas entonces no se deben eliminar los frutos, pero se corre el riesgo de que aumenten las enfermedades (García, 2010).

Deshoje: Las hojas viejas de la planta deben ser eliminadas ya que son inóculo de enfermedades, generan un microclima en época de lluvias el cual favorece el desarrollo de enfermedades y dificultan las labores de fumigación. Esta actividad se debe realizar a mano sin uso de herramientas para evitar la transmisión de enfermedades virales de plantas enfermas a plantas sanas. De la hoja sólo se retira la lámina foliar, el peciolo se deja unido al tallo, el cual se desprenderá solo posteriormente. Las hojas se deben cortar hasta una altura en la que el sol no queme la fruta (García, 2010).

Siembra de barreras vivas: Estas sirven para evitar el ingreso de insectos chupadores al cultivo, y limpiar su estilete de posibles virus que puedan portar, los cuales los transportan de huertas aledañas infectadas, malezas, cultivos hospederos o de planta a planta dentro de la misma huerta. Las especies más utilizadas para este fin son el maíz, sorgo forrajero ya que éstas son más atractivas para los insectos que el papayo. También se recomienda sembrar jamaica alrededor del cultivo ya que por su color es repelente a los mismos, las barreras vivas se siembran antes de que comience el cultivo y se deben renovar antes de que se sequen (García, 2010).

Apuntalamiento o soporte: Cuando las plantas poseen demasiada carga y el terreno por efecto de la lluvia o del riego está húmedo, las plantas pueden volcarse, para evitar este problema se emplean varas o troncos de madera que soporten el peso de las plantas, también se puede usar cordel o nylon para amarrar las plantas entre ellas (García, 2010).

Sexado: Esta actividad consiste en eliminar las plantas hembras o machos, las cuales producirán frutos sin, o muy bajo valor comercial y dejando las plantas hermafroditas que son las que darán frutos largos. Para esto es necesario sembrar cuatro plantas por cepa, y será hasta el momento de la floración cuando se podrá determinar el sexo de la planta guiándonos por la información que ya conocemos de las flores (García, 2010).

Control de malezas: Las malezas compiten con la planta por agua, luz y nutrientes, son reservorios de plagas e inóculo de enfermedades. Se pueden controlar de manera manual o química, cuando se hace de manera manual se debe procurar no dañar raíces para evitar penetración de patógenos. Los herbicidas se pueden comenzar a emplear al mes de transplante para evitar cualquier daño en las plántulas. Si las malezas están recién germinadas o poseen 2 a 3 hojas verdaderas se pueden emplear herbicidas residuales usando a la dosis máxima en suelos pesados y dosis mínima en suelos livianos. En las malezas que poseen más de tres hojas verdaderas, el herbicida se debe

mezclar con un herbicida de contacto teniendo el cuidado de dirigir la aplicación hacia las malezas y evitar rociar las plantas de papaya. Estas son algunas recomendaciones para que los herbicidas ejerzan un buen control de las malezas: a) el suelo debe tener buena humedad para que el producto baje hasta las raíces b) hacer una buena distribución del herbicida, dependiendo del producto, ya sea en el suelo y/o en el follaje c) no remover el suelo después de la aplicación de herbicidas residuales (García, 2010).

Es recomendable mantener una cobertura vegetal regulada en las entrecalles mediante el control de las malezas con chaponeo o desbrozadora y dejar el control químico solo sobre la cama de siembra. Con este sistema se disminuyen los problemas de erosión por escorrentía sin afectar el rendimiento de este cultivo (Mora y Bogantes, 2004).

2.10 Plagas y enfermedades

Áfidos. Causan daño a las plantas recién trasplantadas y están relacionados con la transmisión del virus de la mancha anular, normalmente no habita en las plantas de papaya, sino en malezas alrededor y al visitar el cultivo lo infecta. Las principales especies de áfidos transmisores de virus son: *Myzus persicae*, *Aphis gossypii*, *Aphis nerii* (Holman, 1974; García, 2010).

Estos insectos extraen nutrientes de las plantas y alteran el balance hormonal, por lo que el crecimiento se detiene, y cuando las plantas son jóvenes los áfidos extraen grandes cantidades de savia debido al bajo contenido proteínico de éstas, las debilitan al mismo tiempo que pueden inyectar virus. Las excretas de estos insectos favorecen el desarrollo de hongos, obstruye la fotosíntesis y mancha la fruta. Como mecanismo de defensa, la planta envía más nutrientes a la zona dañada por los áfidos, lo que favorece a las colonias de esta plaga (Malais y Ravensverg, 1991).

Control. Controlar periódicamente las malezas dentro y en la periferia del cultivo, erradicar rastrojos y las plantas infestadas, así como una nutrición adecuada para que las plantas sean vigorosas desde el comienzo, el establecimiento del cultivo en los meses de marzo y abril que es cuando se reducen las poblaciones de estos insectos, el empleo de trampas amarillas, el establecimiento de barreras vivas de jamaica, sorgo, maíz, o zacate alrededor y dentro del cultivo para que sirvan de distractor a los áfidos y que puedan limpiar el estilete, además de servir como refugio de enemigos naturales (Munro, 2003; García, 2010).

Piojo harinoso (*Planococcus* sp.). El daño lo provoca al succionar la savia, daña follaje y frutos, provocando clorosis y enrollamiento de los bordes de las hojas y escurrimiento de látex en la fruta reduciendo su valor comercial por una mala apariencia. Algunos estudios revelan que ha tenido alta incidencia en los meses con temperaturas más bajas tales como noviembre, diciembre y enero (Sánchez, 1981).

Control: los insectos que controlan naturalmente a esta plaga son la *Chrysoperla* sp. y la catarina *Chilocorus cacti*. En cuanto al control químico será necesario consultar las listas actualizadas de productos permitidos para su uso en el país (Sánchez, 1981; Machaín, 1983).

Ácaros. Los ácaros son de las principales plagas del papayo, provocan enrollamiento de la parte apical de la planta al succionar la savia principalmente en el envés de las hojas, lo que provoca puntos blancos, los frutos se deforman debido a las perforaciones que estos insectos generan y a una especie de roña en la piel de los mismos, viven bajo una telaraña de seda cuando son numerosos, y se aprecia un polvo blanco amarillento con puntos rojos o blancos que corresponden a los cuerpos de los ácaros, una infestación severa puede matar a la planta. Se dispersan por el viento y por medio de la ropa de las personas que trabajan en el campo. Los síntomas pueden llegar a confundirse con los del virus de la mancha anular del papayo (Malais y

Ravennsverg, 1991; De los Santos et al., 1997; Verdecia 1999; Vargas *et al.*, 2004). Entre las principales especies se encuentran la araña roja (*Tetranychus cinnabarinus*) y araña cristalina (*Polyphagotarsonemus latus*) (Malais y Ravennsverg, 1991; Díaz, 2001).

Control. La buena fertilización, riego oportuno y eliminar hojas afectadas para evitar mayor incidencia o que estén en contacto con el suelo, mantener un control de malezas alrededor y dentro del cultivo, es recomendable no entrar de una huerta infestada a otra sana. El uso de productos químicos sólo será ejecutado cuando exista un ataque muy severo (Guzmán 1998, Verdecia 1999). En las épocas más calurosas del año se incrementa la incidencia de ácaros, cuando comienza la temporada de lluvias éstas disminuyen drásticamente y se mantienen en bajos niveles. Durante el periodo de secas es necesario mantener un muestreo periódicamente de las hojas inferiores y cuando se detecten las primeras infestaciones, realizar aplicaciones alternadas de acaricidas (Munro, 2003). El control biológico se recomienda mediante el hongo de *Beauveria bassiana* (García, 2010).

Mosquita blanca. La especie más importante es *Bemisia tabaci*, causa daños al succionar la savia de las plantas ocasionando distorsiones en éstas, disminuye el rendimiento, y la excreción de mielecilla favorece el desarrollo de fumagina, que a la vez interfiere con los procesos fisiológicos de la planta, y por ende en la disminución del valor comercial de la fruta (Sánchez, 1994; Vargas, *et al.*, 2004).

Control. Eliminación de la maleza dentro y fuera del cultivo, eliminar plantas infestadas, evitar transplantar plántulas infestadas, establecer barreras vivas alrededor o intercalados en el cultivo, altas densidades de siembra para no afectar el rendimiento a la hora de eliminar las plantas infestadas (Ortega, 2001). También se recomienda el uso de productos de origen vegetal como neem, chicalote, ajo, higuierilla, entre otros, o jabones de lavandería como vel rosita, zote, tepeyac, camay, uso de variedades o híbridos resistentes,

establecimiento de cultivos en fechas de siembra estratégicas, rotación de cultivos y uso de trampas amarillas (Ortega, 2001). Como enemigos naturales de esta plaga están las Crisopas (*Chrysoperla* spp.), avispa de los géneros *Encarsia* sp., *Eretmocereus*, hongos como *Verticillium lecanii*, *Beauveria bassiana*, *Paecilomyces fumosoroseus*, *Metarhizium anisopliae* y *Aschersonia aleyroidies* (Llorents 1990; Verdecia, 1999 Ortega, 2001;). El control químico debe considerarse como último recurso, y una vez empleándolos se recomienda hacer rotación con diferentes grupos toxicológicos (Lagunes, 1994).

Mosca de la papaya (*Toxotrypana curvicauda*). La papaya es el principal hospedero de esta plaga, tiene aspecto de avispa. Las larvas son apodas, blancuzas o amarillas, se alimentan del mucilago de las semillas, del tejido placentario de la fruta inmadura y de la pulpa; lo que provoca la caída prematura de la fruta (Guzmán, 1998).

Control: para detectar la presencia de esta plaga es necesario monitorear desde que comienza la formación de frutos pequeños, esto consiste en observar frutos chorreados de látex, manchas amarillas anaranjadas en la parte donde la mosca pone los huevos esto es la madurez prematura, y frutos en el suelo (García, 2010). El control cultural consiste en la recolección de frutos caídos o dañados para eliminar las larvas que se encuentran en su interior, aplicar insecticida, enterrarlos a un metro de profundidad sellando bien las esquinas del hueco para evitar que salgan moscas; preferentemente realizar esta actividad unas dos veces por semana. Elegir variedades de pulpa o piel gruesa para evitar que las moscas logren depositar los huevecillos en la cavidad. Mantener un buen control en los bordes del cultivo ya que es ahí donde comienza la infestación. Liberar la avispa *Aceratoneuromiya indica* oviposita los huevecillos de la mosca. En caso de que la infestación sea muy alta y la fruta caída alcance el 20% o más, iniciar con control químico teniendo en cuenta siempre la fitotoxicidad que causan algunas moléculas en la papaya (Guzmán, 1998). El empleo de trampas elaboradas con botellas de plástico y

aberturas de unos 5 cm de alto y 3 cm de ancho, con agua endulzada con azúcar morena en el interior suelen ser más atractivas incluso que el jugo de la papaya madura (García, 2010).

Chicharrita *Empoasca papayae* Oman (Hemiptera: Cicadellidae). Los adultos miden aproximadamente 3 mm de longitud, color verde, las ninfas muy pequeñas son hialinas, los adultos vuelan o brincan al sentirse perturbados y las ninfas se refugian en el envés de las hojas (Vargas *et al.*, 2004). Su incidencia comienza en los meses más secos del año, daña a la planta al succionar la savia y transmitir la enfermedad denominada Bunchy-top o cogollo arrepollado, el agente causal es un micoplasma. Esta enfermedad se caracteriza porque en las partes afectadas no hay flujo de látex (Sánchez, 1981; Machaín, 1983). Además, se le atribuye importantes enfermedades virales (De los Santos *et al.*, 1997). En cuanto a su ciclo de vida, consta de huevo, el cual está en el interior de la hoja, no es visible y eclosiona entre los 6 y 10 días; el estado de ninfa es de color verde pálido, no tiene alas y su ciclo de vida es de 18 días; el adulto tiene alas, salta y oviposita de 8-11 huevos semanalmente hasta por 5 semanas, llega a vivir hasta 60 días (Longevidad, 1986). Transmite la enfermedad del Bunchy Top lo cual provoca el retraso y acortamiento de los entrenudos del cogollo de la planta, clorosis, deformaciones, color amarillento, clorosis, abscisión de la fruta, los peciolos se pueden volver rígidos y más horizontales de lo normal del tallo, una notable reducción del flujo del látex, la planta deja de producir frutos en los casos más severos (Arocha *et al.*, 2003).

2.11 Virus que afectan a la papaya

Virus de la mancha anular (VMAP). De todos los virus que atacan la papaya este es el más letal; ya que puede causar bajas en el rendimiento hasta del 100% (De los Santos *et al.*, 1997).

El virus causa mosaico severo y distorsión de las hojas, anillos concéntricos en los frutos y manchas aceitosas en la parte superior de los tallos y en pecíolos. Impide el crecimiento de la planta y reduce el tamaño y calidad de las frutas (Yeh *et al.*, 2007). Por los daños que el VMAP provoca en las plantaciones, puede limitar las producciones de grandes áreas a solo una cosecha (Gonsalves, 1980). Las plantaciones pueden comenzar la producción luego de ocho meses del trasplante y puede continuar produciendo de manera continua durante dos o tres años bajo condiciones normales.

La propagación de esta enfermedad se puede dar por daño mecánico o injertos, y de manera no persistente por áfidos; entre varias especies de éstos, los mayores transmisores son *Aphis gossypii*, *Myzus persicae* y *Aphis nerii* (De los Santos *et al.*, 1997).

Las cucurbitáceas y las malezas como quelites entre muchas otras, son las hospederas de áfidos que pueden portar el virus durante las épocas frescas del año (Vargas y Munro, 1996).

Control. Ésta enfermedad no tiene cura, pero se puede disminuir la incidencia destruyendo las plantas viejas por ser las más susceptibles a la enfermedad, recorriendo los campos dos veces por semana para eliminar y sacar las plantas enfermas sin tocar las plantas sanas, desinfectando las herramientas cada vez que se toque una planta infectada, aunque algunos autores aseguran que los áfidos no se alimentan de árboles que tienen más de dos horas de haber sido derribados, es por eso que en algunas partes estas plantas no las sacan una vez en el suelo (Mandujano, 1990). Mantener el cultivo libre o controlado de malezas y en la periferia, así como evitar la presencia de cucurbitáceas, solanáceas y quenopodiáceas cerca del cultivo (Mosqueda, 1986; Mandujano, 1990). Se recomienda la rotación de cultivos y no plantar nuevas huertas cerca de las que ya están en producción porque así se propaga más el virus, no usar los restos de la cosecha con abono para el campo ni para semilleros, no abandonar las huertas una vez que se ha concluido la cosecha; deben ser

eliminadas totalmente (Fariñas, 1983). En cuanto a las barreras físicas, los cultivos de papaya rodeados de caña de azúcar, o alternado con banano mostraron menor incidencia de virosis (Mosqueda, 1986). El control químico no es eficiente en este caso, ya que los vectores no permanecen mucho tiempo en el cultivo, la aplicación de insecticidas los vuelve más activos e infectan más plantas antes de morir (Fariñas, 1983), mismo que sucederá en cuestión de segundos (García, 1987).

Mosaico del papayo. Los síntomas se presentan como clorosis en las venas, las hojas se tornan rugosas y se detiene el crecimiento. En los frutos jóvenes aparecen manchas verde olivo las cuales a veces desprenden gotitas de látex (Fariñas, 1983). El crecimiento de los peciolo cesa, se atrofian hacia abajo, el tallo se defolia totalmente hasta quedar un solo penacho en la punta y finalmente la muerte de la planta (Fariñas, 1983).

Control. Destrucción de plantas viejas, eliminación periódica de plantas que comienzan a presentar síntomas, rotación de cultivos en las tierras donde se ha cultivado papaya únicamente durante varios años, controlar las malezas y plantas hospederas para evitar incidencia de los vectores y no usar los restos de cosecha como abono. Los aceites ligeros como la citrolina al 2% pueden ayudar a ahuyentar a estos insectos (Becerra y De León 1991).

Bunchy top o cogollo arrepollado. En el fruto aparecen manchas verdes pálido y la totalidad del fruto aparece sin látex, siendo éste uno de los síntomas más confiables para el diagnóstico, los frutos se deforman (Krochmal, 1974; Fariñas, 1983). La incidencia y propagación de la enfermedad del cogollo arrepollado depende de la presencia del vector *Empoasca papayae*, el cual es un cicadélido conocido comúnmente como chicharrita (Fariñas, 1983).

Control. Como particularidad de esta enfermedad, su extensión hacia la parte baja de la planta es muy lenta, cuando aparezcan los primeros síntomas se corta la planta por debajo del punto donde fluye el látex, los retoños axilares tendrán un desarrollo sano (Fariñas, 1983). Prácticas culturales tales como la

destrucción de plantas viejas, eliminar periódicamente plantas que presenten síntomas, mantener el cultivo libre de malezas para evitar que se hospede el vector, y la rotación de cultivos pueden ayudar a retrasar la incidencia (Fariñas, 1983; Mosqueda, 1986; Mandujano, 1990). Existen recomendaciones de aplicaciones insecticidas para el control de esta enfermedad. Se ha observado la disminución en los síntomas en plantaciones infectadas, regando el suelo con 100 partes por millón con clorotetraciclina (Cook, 1975).

2.12 Hongos fitopatógenos de la papaya

Antracnosis (*Colletotrichum gloesporioides*). Esta enfermedad puede presentarse tanto en campo como en postcosecha. En las hojas aparecen manchas café sobre todo en los márgenes, al aumentar el daño las lesiones se unen y afectan a toda la hoja propiciando la caída, en la flor el daño aparece con pequeñas manchas redondas de color amarillento, y cerca del pedúnculo, lo que provoca el secamiento y su caída. En los frutos chicos el daño se presenta como una coloración rosada u oscura cerca del pedúnculo, al avanzar el daño las lesiones se necrosan lo que hace que los frutos se sequen y caigan. En los frutos grandes aparece como manchas amarillas grandes que comienzan en la unión del fruto con el pedúnculo y avanza hacia el ápice. En la fruta próxima a cosecharse y en postcosecha, causan lesiones hundidas color café oscuro, a medida que la enfermedad avanza las lesiones se tornan café claro y oscuro, en su interior aparecen esporas de color amarillo y naranja. En ocasiones se presenta un exudado gomoso antes de aparecer los hundimientos de la corteza, este hongo es el responsable del “pelado de la fruta” la cual hace que la cascara de la fruta madura se desprenda y este daño es más frecuente en época de lluvias (Garza *et al.*, 2001).

Control: Se recomienda una distancia en las plantaciones para permitir el aireamiento del cultivo, rotar los cultivos cada dos o tres años, plantar cultivares

resistentes a esta enfermedad y eliminar los frutos infectados con este patógeno (Agrios, 1985; Becerra, 1992). Evitar el maltrato y lesiones en la fruta al momento de cosechar (Garza *et al.*, 2001). Calendarizar las aplicaciones de fungicidas dependiendo del clima (Mandujano, 1990) alternándolos para evitar la resistencia del patógeno; captán 300 g, benomyl 60 g, mancozeb 300 g por ha⁻¹; con una frecuencia de 10-15 días al inicio de la floración, hasta 20 días antes de la cosecha (De los Santos *et al.*, 1997).

Mancha del fruto por *Alternaria* sp. Afecta frutos pequeños manifestándose como lesiones hundidas redondas, color verde y con abundante micelio algodonoso, cuando la enfermedad avanza provoca la momificación y la caída de los frutos (Becerra, 1992).

Control: es recomendable la regulación de la humedad del ambiente, empleando adecuadas distancias de plantación que permitan airear el cultivo, así como la eliminación de frutos infectados con el patógeno (Conover, 1979). Los productos recomendados para esta enfermedad son el captán a dosis de 300 g, benomyl 60 g y mancozeb 300 g por ha⁻¹ alternados para evitar la resistencia (De los Santos *et al.*, 1982, Mandujano, 1990).

Mancha del fruto por *Ascochyta caricae* Pat. Afecta frutos pequeños y grandes de la papaya manifestándose con lesiones húmedas de consistencia blanca color oscuro con un borde oscuro bien definido con frecuencia en los bordes de las hojas causando un tizón marginal rojizo (Becerra, 1992; Mendoza, 1992).

Control. Como medida preventiva se recomienda la destrucción de fruta contaminada y tejidos vegetales, así como la rotación de cultivos cada dos o tres años (Agrios, 1985). Aplicaciones de clorothalonil, alternando con mancozeb, a razón de 300 g por ha⁻¹ cada 10-15 días al inicio de la fructificación (González, 1988; Mosqueda, 1989).

Mancha del fruto por *Fusarium* sp. Esta enfermedad puede provocar pérdidas de hasta el 80% (Mendoza, 1988). Afecta los frutos pequeños del papayo y se manifiesta con lesiones hundidas pequeñas y algodonosas de color verde oscuro con abundante micelio algodonoso, a medida que la enfermedad avanza la fruta se momifica para finalmente caer (Dianese, 1981; Becerra, 1992).

Control: la planta debe ser tratada con fungicidas antes del trasplante, rotar cultivos cada tres años, una buena fertilización; ya que el bajo contenido de nitrógeno y un alto contenido de potasio reducen notablemente la enfermedad, se recomienda aplicar cal hidratada al suelo (Mendoza, 1992). Para el manejo químico se deben calendarizar y alternar los siguientes productos: clorotalonil 300 g, maneb 300 g y mancozeb a razón de 300-500 cc por ha⁻¹ cada 15 días al inicio de la fructificación.

Pudrición del fruto (*Botryodiplodia theobromae* Pat). Este hongo se caracteriza por provocar un ennegrecimiento en gran parte o en la totalidad del fruto, acompañado de un arrugamiento del mismo, que al avanzar se momifica los frutos y estos caen (Ruiz, 1986). En los peciolo y tallos se presenta una mancha húmeda, oscura y el tallo se necrosa, lo que provoca la muerte de la planta (Becerra, 1992).

Control: rotación de cultivos y la eliminación de frutos y tallos infectados ya que éstos son fuente de inóculo (Mosqueda, 1989). Como control químico se pueden emplear el clorotalonil, mancozeb a razón de 300 g, benomyl a dosis de 60 g por ha⁻¹, cada 10-15 días al inicio del fructificación.

Cenicilla polvorienta (*Oidium caricae*). Aparece como un polvo blanco fino fácilmente desprendible en el envés de la hoja, conforme avanza la enfermedad las hojas adquieren un color amarillo, los tejidos comienzan a morir, los limbos se marchitan y las hojas finalmente caen; ataca los pedúnculos de las hojas y también los frutos (Cook y Milbrath, 1975; Mendoza, 1988; Mandujano, 1990).

Control: las plantas débiles son más propensas a este hongo, por lo tanto, se recomienda su eliminación; también la destrucción de las hojas que han caído al suelo (Chalfound y D' Arc, 1986; Mosqueda, 1986). La aplicación alternada de azufre a razón de 700 g, benomyl 60 g, y zineb a 180 g por ha⁻¹; aplicado al follaje cada 10-15 días (Mosqueda, 1986; Mandujano, 1990).

Falsa roya foliar (*Asperisporium caricae*). Ataca hojas y frutos causando defoliaciones severas y por lo tanto una reducción significativa del rendimiento. Se presenta como una mancha polvorienta en el envés de las hojas (1.5 a 6.0 mm) circulares de color negro; en el haz adquiere una forma irregular y en color blanco grisáceo, rodeadas de un círculo clorótico. Al avanzar el ataque las hojas se tornan de un color amarillento, después café claro, permanecen adheridas al tallo durante un tiempo y después caen (Mandujano, 1990; Mosqueda, 1986).

Control. Se recomienda la rotación de cultivos, la eliminación de hojas infectadas para reducir la fuente de inóculo, también han sido efectivas las aplicaciones de azufre (Agrios, 1985; Chalfound y D' Arc, 1986). Los productos recomendados son el captán, a dosis de 300 g por ha⁻¹; oxiclóruo de cobre 125 g por ha⁻¹, aplicados alternadamente durante 10 días dirigido al follaje (Mosqueda, 1986; Mandujano, 1990).

Mancha foliar (*Corynespora cassicola*). Aparece como una mancha color blanco en el haz de las hojas, cuando la lesión se seca el tejido se desprende quedando como "tiro de munición" (De los Santos, 1997). Esta enfermedad puede causar una prematura defoliación y una considerable reducción de la producción, en el fruto ocasiona madurez prematura, lesiones hundidas circulares de color negro que finalmente provocan la caída (Ruiz, 1986; Becerra, 1992; De los santos *et al*, 1997)

Control: manejar distancias de plantación que permitan regular la humedad en el ambiente, y eliminación de maleza para permitir la aireación del cultivo (Conover, 1979). Otra medida preventiva es la aplicación semanal al inicio de la

fructificación de alguno de estos productos oxiclورو de cobre 300-400 g por ha⁻¹, mancozeb 300-500 cc por ha⁻¹ (González, 1988).

Pudrición de la raíz (*Phytophthora parasítica*). Al comenzar la enfermedad, la planta en su parte aérea presenta clorosis y marchitez general, en la raíz aparece una pudrición acuosa blanda; los tallos presentan manchas acuosas, cuando la enfermedad está avanzada, los frutos se pudren en la planta y caen, y por último se produce el estrangulamiento de raíz y tallo (De los Santos *et al.*, 1982; Mosqueda, 1986; Mandujano, 1990; Becerra, 1992).

Control: emplear semillas y plántulas sanas, desinfección previa del almácigo, eliminar residuos de frutos caídos y malezas hospederas del hongo, hacer rotación de cultivos, evitar establecer el cultivo en terrenos que se encharquen, llenar las cepas con tierra de textura franca desinfectada en las cepas donde se establecerá la papaya (De los Santos *et al.*, 1982; Mosqueda *et al.*, 1989; Mandujano, 1990; Mendoza, 1992;). El dasomed a razón de 40 g/cepa desinfecta las cepas antes de sembrar, para los cultivos donde ya se ha manifestado el ataque de la enfermedad se puede emplear el metan sodio con dosis de 700-935 g por ha⁻¹ de agua después de regar (González, 1988).

Pudrición de la raíz (*Sclerotium rolfsii*). Se presenta en la raíz del papayo, provocando marchitez en la planta, pudriciones fétidas, se forma unos cuerpos esféricos de color blanco, que al madurar adquieren un color café, al avanzar llega a podrir completamente la raíz y se le atribuye la muerte de las células, debido al exudado de ácido oxálico que produce (Mendoza y Pinto 1983; Ruíz, 1986).

Control: se recomienda la rotación de cultivos, arado profundo para enterrar los restos de la vegetación, tratar el suelo con cal para ajustar el pH a 7.0, desinfectar el vivero y trasplantar plántulas sanas (Agrios, 1985). El control químico consiste en la desinfección del suelo del vivero o almácigo, en la cepa antes de trasplantar aplicar quintoceno 30 g por ha⁻¹, y después de regar, el

metan sodio a razón de 700-935 cc por ha⁻¹ (Mendoza y Pinto 1983; González, 1988).

2.13 Consecuencias del uso irracional de agroquímicos

Los plaguicidas o agroquímicos se definen como cualquier sustancia o mezcla de sustancias destinadas a prevenir, destruir o controlar cualquier plaga, incluyendo los vectores de enfermedades humanas o de los animales, las especies no deseadas de plantas o animales que causan perjuicio o que interfieren de cualquier otra forma en la producción, elaboración, almacenamiento, transporte o comercialización de alimentos, productos agrícolas, madera y productos de madera o alimentos para animales, o que pueden administrarse a los animales para combatir insectos, arácnidos u otras plagas en o sobre sus cuerpos. El término incluye las sustancias destinadas a utilizarse como reguladoras del crecimiento de las plantas, defoliantes, desecantes, agentes para reducir la densidad de fruta o agentes para evitar la caída prematura de la fruta, y las sustancias aplicadas a los cultivos antes o después de la cosecha para proteger el producto contra el deterioro durante el almacenamiento y transporte (FAO, 1990). Sin embargo, se reconoce que son sustancias químicamente complejas, que una vez aplicadas en el ambiente, están sujetas a una serie de transformaciones a nivel físico, químico y biológico (fenómenos de absorción y adsorción sobre suelos y plantas, volatilización, fotólisis o degradación química o microbiana). Además, que también pueden ser arrastrados por las corrientes de aire y agua que permiten su transporte a grandes distancias; hay que añadir que los residuos volátiles pasan a la atmósfera y regresan con la lluvia a otros lugares (López *et al.*, 1992). Estas transformaciones pueden conducir a la generación de fracciones o a la degradación total de los compuestos que en sus diversas formas pueden llegar a afectar en los diferentes niveles de un ecosistema (Garrido *et al.*, 1998). Los

plaguicidas, metales pesados y otras impurezas son considerados por la Agencia de Protección al Ambiente (EPA) como contaminantes de acuíferos debido a su alta toxicidad, persistencia y movilidad, además de que afectan importantes cargas hidráulicas, lagunas y canales de irrigación; y sus propiedades fisicoquímicas, son resistentes a la degradación biológica (Hirata, 2002).

El empleo de agroquímicos en cultivos agrícolas ha sido de uso indiscriminado, por lo cual, como ya ha sido comentado por expertos investigadores de este ámbito, en referencia a la nueva cultura de conciencia ambiental que se ha venido registrando desde hace más de una década, principalmente en los países europeos ya existe un mercado muy amplio de productos orgánicos.

El uso desmedido de agroquímicos puede dañar la biodiversidad en áreas adyacentes a los campos y matar a peces u otros animales, insectos y plantas acuáticas de importancia; también puede dañar la productividad agrícola al matar a insectos como abejas u otros polinizadores, o a insectos benéficos de los campos. Pero, por otro lado, el no usar estos productos resulta en caídas en la productividad, lo cual tiene su propio impacto ambiental adverso (Bishop y Clay, 2003).

Por otro lado, el manejo de los envases vacíos es un serio problema que deriva de la agricultura y representa alto riesgo ambiental y de salud, debido que según Albert (2005), se generan 7 mil toneladas anuales de residuos, de las cuales la mayoría quedan dispersos en los campos; la distribución de los plaguicidas no se limita únicamente a los cuerpos de agua y su bioacumulación en la biota presente, sino a productos de consumo humano. Izquierdo *et al.* (2004) encontraron plaguicidas organoclorados (POC) en formulas infantiles, elaboradas a partir de leche en polvo, aceites vegetales o mezcla de éstos, siendo el más detectado endrín y en menor concentración DDT (diclorodifeniltricloroetano) y BHC (benceno hexacloruro). Terrones *et al.* (2000), reportaron la presencia de hasta 6 POC en la leche materna, suero materno y

el cordón umbilical. Los plaguicidas identificados fueron DDT (suma de p, p-DDT y de su principal metabolito p,p-DDE diclorodifenildicloroetano), el metoxicloro, los BHC se detectaron los isómeros beta y gama (lindano).

2.14 Desarrollo de resistencia en las plagas

La resistencia es un proceso evolutivo básico que involucra a todos los seres vivos sin excepción, y puede definirse como la habilidad de una población de tolerar cierta dosis de un tóxico, la que para el resto de la especie sería letal. Es un fenómeno preadaptativo que surge como consecuencia de la presión de selección con el tóxico, es una característica codificada genéticamente y es heredable (Sosa, 1992).

Los genes de resistencia ocurren naturalmente en plagas individuales debido a mutaciones genéticas y de carácter hereditario. Los genes se diseminan a través de las poblaciones de plagas debido a un proceso de selección provocado por el uso repetido del plaguicida. Las poblaciones resistentes se desarrollan debido a que los individuos resistentes sobreviven y se reproducen posteriormente, y el rasgo de resistencia es “seleccionado” en la siguiente generación, mientras que los individuos susceptibles son eliminados por el tratamiento plaguicida. Si se continúa con el tratamiento, el porcentaje de sobrevivientes aumentará y la susceptibilidad de la población declinará hasta un punto que el plaguicida no podrá más proporcionar un nivel aceptable de control. Algunas prácticas de control de plagas han mostrado consistentemente que exacerban la pérdida de poblaciones susceptibles de plagas y el desarrollo de la resistencia (FAO, 2012).

Éstas incluyen:

- Uso continuo y frecuente de un mismo plaguicida o de plaguicidas estrechamente relacionados sobre una población de plagas.

- Uso de dosis de aplicación que están por debajo o por arriba de las recomendadas en la etiqueta.
- Pobre cobertura del área bajo tratamiento.
- Tratamiento frecuente de organismos con grandes poblaciones y cortos tiempos de generación.
- Falta de otras prácticas no plaguicidas de control.
- Tratamiento simultáneo de los estadios larvales y adultos con compuestos sencillos o relacionados (FAO, 2012).

Además, el fallo de adherirse a las buenas prácticas agrícolas, tales como la rotación de cultivos y la limpieza de los equipos agrícolas, que pueden ayudar a prevenir la diseminación de las semillas y esporas de plagas, pueden agudizar la expansión de la resistencia (FAO, 2012).

Los plaguicidas son y serán necesarios para combatir plagas, insectos, patógenos, malezas y otros organismos nocivos. Su uso ha contribuido a incrementar la producción y calidad de los alimentos, como así, también erradicar enfermedades transmitidas por insectos. No obstante, el uso masivo de insecticidas ha ocasionado efectos perjudiciales sobre el agroecosistema tales como: adquisición de resistencia, resurgimiento de plagas secundarias o provocadas, contaminación del medio ambiente. No es necesario prescindir del control químico, sino usarlo racionalmente tratando de disminuir sus efectos nocivos (Sosa, 1992).

2.15 Alternativas para mitigar el impacto de la agricultura en el medio ambiente y la resistencia de plagas

Manejar la resistencia requiere: primero, el uso racional de las estrategias de control de plagas basado en los principios de manejo integrado de plagas o vectores, el cual reduce el uso del plaguicida y, por ende, la presión de selección a la resistencia; y segundo, la implementación de un Plan de Manejo

de Resistencia (PMR) exhaustivo y bien planeado, adaptado a la plaga, cultivo y la región, lo que es parte integral del Manejo Integrado de Plagas (MIP). Un principio clave del MIP es usar los plaguicidas solamente cuando sean absolutamente necesarios y usar técnicas alternativas de manejo de plagas siempre que sea posible, evitar aplicaciones de productos donde se ha detectado resistencia a éstos, reducir el número de tratamientos, emplear control biológico y rotación de insecticidas (Sosa, 1992). El MIP, por lo tanto, constituye un enfoque fundamental para el manejo de la resistencia al minimizar la presión de selección que provoca la resistencia (Pérez, 2004).

2.16 La agricultura orgánica

El Codex Alimentarius define agricultura orgánica como un sistema holístico de producción que promueve y mejora la salud del agroecosistema, engloba la biodiversidad, los ciclos biológicos y la actividad biológica del suelo, prefiriendo la elaboración de los insumos utilizando los recursos tanto dentro como fuera de éste, tomando en cuenta las condiciones regionales de sistemas adaptado a las condiciones locales. Esto se logra utilizando en lo posible métodos culturales, biológicos y mecánicos en oposición a materiales sintéticos para satisfacer cualquier función específica dentro del sistema (Codex Alimentarius, 1999; Gómez y Gómez, 2002).

Un sistema de producción orgánico debe:

- Mejorar la diversidad biológica dentro del cultivo y sus alrededores.
- Maximizar la actividad biológica del suelo.
- Conservar la fertilidad del suelo a largo plazo.
- Reciclar desechos animales o vegetales para devolver los nutrientes al sistema, minimizando el uso de fuentes no renovables.

- Contar con recursos renovables en sistemas agrícolas localmente organizados.
- Promover el uso saludable del agua, el suelo y el aire, así como minimizar todas las formas de contaminación que pueden resultar de la producción agrícola.
- Manejar los productos agrícolas en su procesamiento con el cuidado de no perder la integridad orgánica en el proceso.
- Establecer el cultivo después de un período de conversión, cuya duración estará determinada por factores específicos de cada sitio, tales como el historial del terreno y el tipo de cultivos y ganado producido (Codex Alimentarius, 1999).

Por su origen, la agricultura orgánica surge desde una concepción integral, donde se involucran elementos técnicos, sociales, económicos y agroecológicos. No se trata de reemplazar los insumos químicos por insumos naturales. La agricultura orgánica es una opción integral de desarrollo capaz de consolidar la producción de alimentos saludables en mercados competitivos y crecientes (Amador, 2001).

La agricultura orgánica se fundamenta en el respeto de las relaciones existentes en la naturaleza, principio mediante el cual se propicia la conservación de los recursos naturales y del medio ambiente, se contribuye a la salud de los productores y consumidores, y al desarrollo de sistemas productivos agropecuarios basados en un equilibrio ecológico, económico y social. También es conocida como la agricultura biodinámica, la permacultura, la tecnología apropiada y la agroecología (Cussaianoviich, 2001).

La agricultura orgánica se identifica, generalmente, como una técnica que evita el uso de fertilizantes y plaguicidas sintéticos. Los principios básicos que caracterizan la actividad, entre ellos:

- Proteger el ambiente y promover la salud.

- Mantener la fertilidad del suelo en el largo plazo mediante la optimización de condiciones para la actividad biológica.
- Favorecer la biodiversidad en la unidad productiva y sus alrededores.
- Promover el reciclaje de materiales de la unidad productiva.
- Crear condiciones óptimas para la explotación pecuaria.
- Mantener la integridad de alimentos y productos procesados orgánicos desde la producción inicial hasta el punto de venta (Cussaianoviich, 2001).

2.17 Importancia de la agricultura orgánica

En la agricultura orgánica, el manejo de plagas puede ser el reto más difícil de resolver. Se requiere aprender a administrar los recursos disponibles en bienestar de la generación sin afectar a las futuras generaciones. Se deben valorar y aprovechar las innumerables especies vegetales con potencial repelente o insecticida. Es importante aprovechar la guerra interna que se desarrolla en la clase Insecta, encontrar y desarrollar los enemigos naturales de las plagas que amenazan los cultivos. El ser humano tiene ante sí otra oportunidad de demostrar su capacidad de ingenio y creatividad para sostenerse como parte de los ecosistemas del planeta. Hasta el momento el hombre ha sido capaz de defenderse de sus enemigos naturales para permanecer sobre la faz de la tierra, la utilización de técnicas limpias como la agricultura orgánica son probablemente la mejor alternativa para superar las condiciones actuales (García *et al.*, 2009a). Al comparar sistemas de producción convencionales respecto a sistemas orgánicos tenemos que existen mayor incidencia de plagas en predios convencionales aun aplicando pesticidas en dicho sistema, lo que permite concluir que en el sistema orgánico se da un equilibrio natural (Gerritsen y González, 2008). Bernal (1995) y Navejas (2002), mencionan que lo esencial contra la lucha de los insectos y

enfermedades en los sistemas orgánicos, es la prevención y que en la actualidad hay productos permitidos por las normas internacionales de productos orgánicos, los cuales son todos a base de extractos vegetales.

Los alimentos orgánicos son producidos mediante prácticas que promueven la fertilidad del suelo y la diversidad biológica, y excluyen todos aquellos productos químicos que se usan en la agricultura convencional. En regiones aisladas este tipo de producción no presenta serios inconvenientes, ya que el mismo sistema protege los cultivos de altos niveles de plagas y enfermedades. La demanda de alimentos orgánicos se ha incrementado desde hace dos décadas, por lo que producir en baja escala y en forma aislada no puede satisfacer los requerimientos del mercado. Esta demanda se ha convertido en una oportunidad de desarrollo importante en varios países. En superficies mayores tienden a aumentar las poblaciones de plagas y enfermedades, por lo que es necesario implementar actividades que ayuden al sistema a reducir dichas poblaciones. Este tipo de agricultura permite el control biológico, cultural, mecánico y físico, aunque su utilización la limitan los estándares y reglamentos señalados por las agencias certificadoras. Los productores deben determinar el manejo óptimo de plagas mediante estrategias que estén consideradas dentro del ambiente regulatorio del movimiento orgánico (García *et al.*, 2009a).

2.18 Productos fitosanitarios orgánicos y certificación

Los sistemas de certificación fueron motivados originalmente por los agricultores y, en cierta medida, por los comerciantes que participaban en el mercado incipiente de productos orgánicos. En un esfuerzo por proteger su mercado del fraude y por garantizar la autenticidad del sello orgánico, los agricultores comenzaron a estructurar sistemas de autorregulación para

asegurar que los alimentos orgánicos del mercado correspondieran con las técnicas ecológicas de producción y de preparación del suelo que le dan su significado al término (Gómez y Gómez, 2002; González y Nigh, 2005). La comercialización de los productos orgánicos implica inspección y certificación de los métodos de producción empleados, los cuales son realizados principalmente por agencias extranjeras. En 1998 las zonas de producción orgánica en el País fueron certificadas por OCIA, Naturland, QAI, Oregon Tilth, entre otras (Gómez y Gómez, 2001; Pérez, 2004). La certificación de productos y procesos orgánicos se realiza mediante toda una serie de trámites de campo y administrativos en los que se verifica que efectivamente la producción, transformación y comercialización de bienes certificados han respetado un conjunto de normas, estándares y procedimiento en las que se basan las prácticas de producción orgánicas (García *et al.*, 2009b). El término orgánico se aplica a los productos que se han producido con base a unas normas orgánicas a lo largo de la fase de producción, manipulación, elaboración y comercialización y que se han certificado por un órgano o autoridad de certificación debidamente constituida. Por consiguiente, el término orgánico se refiere más a un proceso que a un producto; con ello no debe entenderse necesariamente que los alimentos producidos sean más sanos, más inocuos o totalmente naturales; simplemente significa que el producto se ajusta a las normas de producción y manipulación establecidas (Quintero y Gioanetto, 2006).

Existe un organismo internacional que inicio la normalización en la Agricultura Orgánica en 1977, el “IFOAM (International Federation of Organic Agriculture Movements)”, dicho organismo ha servido de base para la elaboración de Normas en muchos países. Actualmente, en varios países rigen o se aceptan las Normas de IFOAM, no obstante, en algunos países, se debe acatar la normatividad interna (Queitsch, 2004). Por otro lado, Márquez *et al.* (2009), señalan que las entidades encargadas de hacer cumplir las Normas y llevar a

cabo la certificación, son las agencias certificadoras. Para que un producto se venda en el mundo como orgánico, se requiere de un sello, otorgado por una agencia certificadora. La agencia certificadora, es un organismo que avala que el sistema de producción cumple estándares definidos internacionalmente. En México se encuentran presentes, entre otras, Bioagricert, OKO GARANTIE, METROCERT, OMRI, CERTIMEX, OCIA, IMO Suiza, Oregon Tilth (Márquez *et al.* 2009).

A continuación, se presentan los pasos a seguir en un proceso de certificación orgánica de un predio o producto (Márquez *et al.*, 2009)

- Llamar a la agencia certificadora manifestando el interés de certificar un predio o producto.
- La agencia certificadora envía cuestionario para recabar información general sobre lo que se desee certificar.
- Contestar cuestionario y enviarlo a la agencia certificadora.
- La agencia certificadora evalúa el cuestionario y si es factible la certificación, informa del costo de la certificación.
- Depositamos un pago parcial a la agencia certificadora para iniciar el proceso.
- La agencia certificadora envía un inspector que revisa el predio, los registros de los trabajos, semilla, cosecha, transporte, planta de proceso, etc. y envía el informe a la agencia certificadora de lo que observó y lo que platicó con el productor.
- La agencia certificadora mediante un comité, recibe el informe del inspector y lo revisa, y son ellos quienes deciden si se puede certificar el predio o no.
- La agencia certificadora visita al menos una vez el predio, no obstante, algunas agencias realizan visitas sorpresa.
- Al momento de la visita, los productores deben contar con: mapa o croquis del predio, historial de manejo, registro de actividades, plan anual de

actividades, lista de insumos utilizados, incluyendo las facturas, registro de producción de abonos orgánicos y la producción vendida con recibos de entrega o facturas de venta.

- Si se cumple la normativa, se autoriza la finca y se otorga el certificado orgánico.

2.19 Desafíos de la agricultura orgánica

La conversión a la agricultura orgánica trae consigo grandes cambios. Como primer paso, la composición de los insumos cambia. Al mismo tiempo que se dejan de emplear fertilizantes químicos y pesticidas, se da un incremento de otros insumos, como material orgánico, mano de obra y maquinaria. Al mismo tiempo los sistemas de plantación y rotación cambian afectando los rendimientos e ingresos (Descamps *et al.*, 2004).

En el Cuadro 3 que se muestra a continuación, se presentan los principales problemas que enfrentan los productores de productos orgánicos y las posibles soluciones.

Cuadro 3. Principales problemas de los productores que aspiran a la certificación orgánica y posibles soluciones.

Principales problemas	Soluciones planteadas
Desconocimiento del tema de certificación.	Reconocer proyectos exitosos de la agricultura orgánica y replicarlos.
Escaso concepto sobre la agricultura orgánica.	Intercambio de conocimiento y experiencia entre los productores. Consejos por parte de los productores exitosos.
Casi nula cultura por parte de los productores para organizarse y hacer bitácoras.	Inversión en documentación de registro de actividades, compras, etc. Archivar documentación generada.
Falta de asesoría técnica profesional en todas las etapas de la producción.	Apoyo y asesoría de profesionales de dependencias gubernamentales en todas las etapas de la cadena.
Falta de recursos económicos para la certificación.	Búsqueda de apoyos gubernamentales, alianzas, cooperaciones y proyectos productivos para cofinanciamiento.
Falta de buena comercialización para cubrir los gastos de certificación.	Vinculación con el mercado orgánico y formación de alianzas para la comercialización.
Desinterés entre los productores sobre la agricultura orgánica.	Capacitación y motivación para incursionar en la agricultura orgánica.

Fuente: FAO, 2003.

El productor necesita acceso a:

- Insumos; equipo y productos fitosanitarios permitidos y efectivos.

- Variedades vegetales y frutales adaptados al sistema de producción orgánico.
- Métodos de compostaje y fuentes de nutrición apropiadas para el cultivo en cada región.
- Prácticas culturales efectivas y validadas (FAO, 2003).

2.20 La agricultura orgánica en México

A nivel mundial México ocupa el cuarto lugar como productor de alimentos orgánicos, siendo Oaxaca, Chiapas y Michoacán los estados que concentran casi el 50% de la superficie destinada a esta actividad. Países como Japón, EEUU, y la Unión Europea reciben alimentos orgánicos mexicanos. En México se cultivan más de 45 productos orgánicos, en primer lugar, está el café, por superficie cultivada; en segundo lugar, están el maíz azul y blanco, en tercero el ajonjolí, y le siguen en importancia: hortalizas, agave, hierbas aromáticas, mango, naranja, frijol, manzana, papaya y el aguacate. Aunque en menor superficie, también se produce soya, plátano, cacao, vainilla, cacahuate, piña, jamaica, limón, coco, nuez, litchi, garbanzo, maracuyá y durazno. Por otra parte, aunque los productos orgánicos tienden a ser más caros, el mercado interesado en consumir este tipo de productos crece anualmente 10%. Las generaciones nacidas entre 1979 y 2000 es quien está impulsando este mercado, pues se consideran consumidores más saludables y naturales, además gustan de probar alimentos étnicos y artesanales (SAGARPA, 2017).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización

El material vegetal y los insectos se recolectaron en la huerta de papaya “La Pista”, en el municipio Múgica, Michoacán (Figura 1). En las coordenadas lat. 18.994811° y long. -102.0900.40° a una altitud de 364 [1]. El tipo de clima es cálido semi-seco (BS) (semi seco cálido con lluvias en verano), precipitación de 600 a 801 mm por año y una temperatura media anual de 26 a 30.1 °C, humedad relativa de 55 a 60.1% (Comisión Nacional del Agua, 2017).

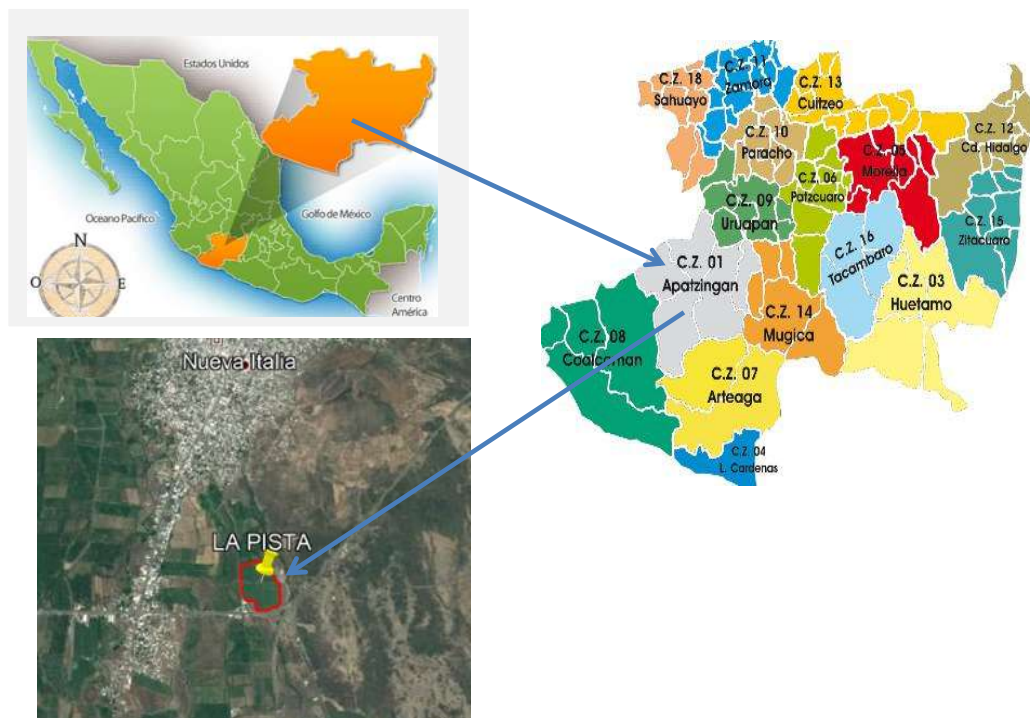


Figura 1. Localización del área de recolecta de insectos y material vegetal (Google earth, 2018).

3.2 Manejo del cultivo

La huerta fue transplantada en los meses de marzo-abril de 2016, la densidad de población fué de 2 X 2 m (2,500 plantas por hectárea) en un arreglo topológico de tresbolillo (Figura 2). Las diferentes labores culturales como:

manejo de enfermedades y de plagas, fertilización, control de malezas y manejo poscosecha, se realizaron bajo las normas y estándares establecidos en el reglamento estadounidense NOP (The National Organic Program), el cual establece las especificaciones para las operaciones orgánicas oficiales del Departamento de Agricultura de Estados Unidos de América (USDA), publicado en el Código de Regulaciones Federales (CRF); bajo los esquemas del certificado Primus GFS, que garantiza un estándar de seguridad alimentaria; y bajo el protocolo Global GAP (Buenas Prácticas Agrícolas).



Figura 2. Huerta de papaya variedad Formosa, donde se recolectaron los insectos y el material vegetal.

3.3 Tratamientos

Los tratamientos evaluados se muestran a continuación (Cuadro 4), éstos fueron proporcionados por una empresa que los emplea dentro de su manejo integrado de plagas.

Cuadro 4. Tratamientos evaluados en bioensayos para el control de *Empoasca* spp.

Tratamiento	Compuesto	Dosis/ha
T1.- Testigo	Agua destilada	n/a
T2.- Caldo sulfocálcico	Azufre humectable e hidróxido de calcio	3.5 L
T3.- Hidróxido de calcio	Cal hidratada de alto calcio	250 g
T4.- Jabón potásico	Hidróxido de potasio y aceite de soya (<i>Glycine max</i>)	500 mL
T5.- Tierra diatomea	Silicio	250 g
T6.- Terra oil	Extracto de <i>Chrysanthemum spp.</i> , <i>Asagraea officinalis</i> , <i>Azadirachta indica</i> y <i>Quillaja saponaria</i>	250 mL
T7.- Extracto de neem	<i>Azadirachta indica</i> A.	250 mL
T8.- Extracto de higuera	<i>Ricinus communis</i> L.	250 mL
T9.- Extracto de chicalote	<i>Argemone mexicana</i>	250 mL
T10.- Extracto de cempasúchil	<i>Tagetes erecta</i>	250 mL
T11.- Terramax	Extracto de <i>Azadirachta indica</i> A	250 mL
T12.-Terrax	Piretrina, piridina y lignina	250 mL

Fuente: elaboración propia con datos de los productos evaluados.

Biorracionales:

Caldo sulfocálcico: Obtenido a partir del tratamiento térmico del azufre y la cal, es conocido principalmente por su efecto fungicida (Smilanick y Sorenson, 2001; Montag *et al.*, 2005), acaricida e insecticida (Guerra, 1985; Penteadó, 2000; Guirado, 2001).

Hidróxido de calcio: Este producto posee un gran potencial para utilizarse en la agricultura, es inocuo para el medio ambiente, barato, y no es fitotóxico (MINAG, 2004). Mezclado con agua y asperjado en el follaje deshidrata por completo a algunos insectos como pulgones en todos los estadios con un control del 100% (Guía para el uso de la cal agrícola, 2015).

Tierra Diatomea: Éste producto actúa por abrasión y adsorción de los lípidos cuticulares del insecto lo que produce su desecación (Korunic 1998). Éstos lípidos no sólo regulan el balance de agua (Hadley, 1994; Gibbs, 1998), también participan en la absorción de sustancias químicas e insecticidas (Juárez, 1994; Juárez y Calderón, 2007; Pedrini *et al.*, 2007; Blomquist, 2010)

Terramax: Compuesto de Azadiractina; un tetranortriterpenoide natural (NIIR Board, 2004), encontrado en el árbol de neem *Azadirachta indica*. puede reducir la alimentación; supervivencia, viabilidad de ninfas, e incluso puede producir toxicidad aguda (Nisbet *et al.*, 1993), provoca mortalidad de *Aphis nerii* Boyer, aunque no logra prevenir que éste transmita el virus de la mancha anular del papayo (Hernández *et al.*, 2005). la alicina se genera al interactuar la enzima llamada alinasa y genera el olor característico del ajo (*Allium sativum*); y con el cual los insectos son ahuyentados de la planta infectada, contiene compuestos de azufre (tiosulfatos) que sobreexcitan el sistema nervioso de insectos y ácaros desorientándolos además de repelerlos, también tiene acción bactericida y fungicida (Bordones *et al.*, 2018). Phytolacca presenta propiedades tóxicas, eugenol; es un líquido oleoso de color amarillo pálido extraído de ciertos aceites esenciales, especialmente del clavo de olor, la nuez moscada y la canela (Weininger & Stermitz, 1988). Spartina obtenida a partir de algunas poáceas, cymbopogón o hierba limoncillo, veratrina, extraída de las liláceas (Weininger & Stermitz, 1988).

Terra oil: Dentro de su composición cuenta con piretro; obtenido a partir de los crisantemos, esta sustancia provoca convulsiones, hiperactividad y derribo en los insectos (Casida y Quistad, 1995) sabadilla, la cual se extrae de las

semillas de lirio (Isman, 2006). Neem y quillaja saponaria extraída de la planta de quillay que tiene actividad antifúngica y ruptura de la tensión superficial del agua (San Martín y Briones, 1999).

Terrax: Pyretrin, fenilpropanoides; obtenidos de un arbusto silvestre mexicano *Coreopsis mutica*, comúnmente conocido como manzanilla silvestre o nopala (Maldonado *et al.*, 1998). Piridina; es un líquido incoloro con un desagradable olor, puede provocar stornudos, es empleado como insecticida (Collado, 2014) y lignina la cual es un biopolímero presente en todas las plantas y forma parte de la pared celular de estas (Sustainable Forestry for Bioenergy & Bio-based Products, 2007).

Jabón potásico: Ayuda a la dispersión de finas gotas de agua para su repartición y a la fijación sobre la parte a tratar de la planta, al mismo tiempo que mata por asfixia a los insectos; taponando los poros respiratorios (Failor, 2001; Weininger & Stermitz, 1988).

Extractos de plantas:

Extracto de neem (*Azadirachta indica*): Tiene un efecto antialimentario y repelente en los insectos (Brechelt y Fernández, 1995).

Extracto de higuera (*Ricinus communis*): Sus hojas provocan mortalidad al ser ingeridas, por contacto y tienen efecto repelente además de ser insectistático; inhiben el desarrollo normal de los insectos (Caro *et al.*, 1990; Álvarez *et al.*, 1996; Rodríguez, 2005).

Extracto de chicalote (*Argemone mexicana*): Es una hierba anual robusta que mide de 80 cm a 1 m de altura; tiene el tallo verde-azulado, espinoso; hojas verde-azuladas, sésiles, glaucas con líneas azul brillante sobre las venas principales, que miden hasta 20 cm de longitud, con las divisiones dentado espinosas, flores grandes solitarias de 4 a 7 cm de diámetro, rodeadas de algunas hojas reducidas y sésiles; pétalos de color amarillo brillante o algunas veces amarillo pálido; fruto capsular, oblongo ampliamente elíptico de 24 a 45

mm de largo por 12 a 20 mm de ancho, no incluyendo las espinas. El fruto es una cápsula con espinas, semillas redondas y negras. La raíz es pivotante (NaturaLista, 2016; Vibrans, 2009). Inhibe y bloquea el comportamiento de búsqueda y alimentación de los insectos y afecta la síntesis proteica, membranas celulares y el sistema nervioso central provocando la tetanización de los músculos y muerte de los insectos (Vidal *et al.*, 2008).

Extracto de cempasúchil (*Tagetes erecta*): Es una planta con una altura que va desde los 10 cm a 15 cm, su floración empieza durante el verano y el otoño químicamente está conformada por xantofilicos, carbono, lianol, ocimeno, dextro-limoneno, palmitato y miristato de xantofila, presenta propiedades insecticidas, nematicida, larvicida, atrayente o repelente de insectos, abono verde y barrera contra plagas. La parte con más propiedades son las raíces (Alfaro y Evangelista, 2001). Sus cualidades insecticidas, se atribuyen supuestamente a causa de los aceites irritantes que le dan también el olor pungente (Coon, 1974).

3.4 Montaje del experimento en laboratorio

El experimento en condiciones de laboratorio consistió en la evaluación de los insecticidas biorracionales, utilizando la dosis media recomendada por el fabricante, sobre adultos de *Empoasca* spp (Figura 3). El método de contacto entre el insecto y el producto, consistió en sumergir un disco de la hoja de papaya en insecticida y colocarle 10 adultos de chicharrita. Los discos de hoja con los especímenes se introdujeron a una caja de Petri acondicionada con una base húmeda. Se realizaron cinco repeticiones por tratamiento incluyendo un testigo absoluto al que sólo se le aplicó agua destilada. Los tratamientos se colocaron al azar dentro de la cámara húmeda y se mantuvieron en condiciones de $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$, 60-70% de HR y fotoperíodo de 12:12 luz: oscuridad.

Cuando transcurrieron 24 y 48 hrs, después del tratamiento se realizaron las observaciones para detectar la mortalidad de los adultos del cicadélido.

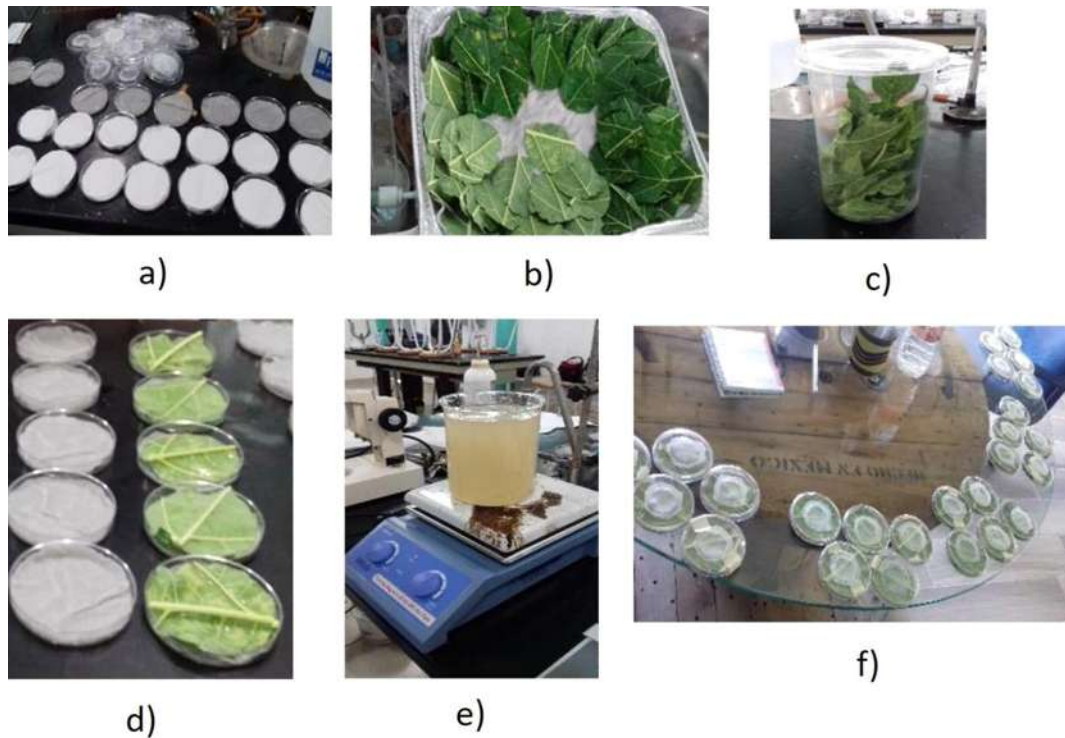


Figura 3. Preparación del experimento en laboratorio: a) cajas Petri con discos de papel absorbente, b) discos de hoja de papaya, c) adultos de chicharrita recolectados, d) cajas Petri con discos de papel absorbente y de hojas, e) preparación del insecticida, f) tratamientos con 10 insectos por caja, colocados al azar.

3.5 Análisis de datos

Los datos de mortalidad se sometieron a un análisis de varianza usando el programa SAS 9.0. También se realizó una prueba de separación de medias (Tukey $\alpha= 0.05$).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Mortalidad de *Empoasca* spp. a las 24 horas

Los tratamientos evaluados presentaron diferencias estadísticas significativas ($P < 0.001$) en el porcentaje de mortalidad de *Empoasca* spp. Los resultados indican que los mejores tratamientos a las 24 horas fueron el caldo sulfocálcico, extracto de chicalote, terrax, terra oil, extracto de cempasúchil y terramax con 54, 60, 68, 70 84 y 84% de mortalidad respectivamente, el jabón potásico y el extracto de higuera mostraron un 45 y 46% de mortalidad respectivamente mientras que la menor mortalidad después de 24 horas del tratamiento resultó para el testigo, hidróxido de calcio, tierra diatomea y extracto de neem con 6, 30, 36 y 42% de mortalidad respectivamente (Cuadro 5).

4.2 Mortalidad de *Empoasca* spp. a las 48 horas

Los resultados de los tratamientos aplicados muestran diferencias estadísticas significativas ($P < 0.01$) en la mortalidad de *Empoasca* spp. después de 48 horas. Se aprecia que el jabón potásico, hidróxido de calcio, extracto de higuera, terra oil, extracto de cempasúchil, terrax, extracto de chicalote y terramax resultaron los mejores tratamientos con 75, 78, 78, 80, 94, 94, 96 y 96% de mortalidad respectivamente, una respuesta intermedia se obtuvo con caldo sulfocálcico, extracto de neem y tierra diatomea con 58, 58 y 60% de mortalidad y para el caso del testigo se registró 8% de mortalidad (Cuadro 5). Al establecer las diferencias en la mortalidad que hubo entre las 24 y 48 h para cada tratamiento, se tiene que el hidróxido de calcio presentó el mayor efecto con 48% de mortalidad, le siguieron el extracto de chicalote, el extracto de higuera y el jabón potásico con 36, 32, y 30% respectivamente (Cuadro 5). Por otra parte, el tratamiento con menor efecto en la mortalidad de la chicharrita resultó el caldo sulfocálcico con 4%.

Cuadro 5. Porcentaje de mortalidad registrada de *Empoasca* spp., a las 24 y 48 horas de aplicados los tratamientos.

Tratamiento	24 horas	48 horas
1.- Testigo	6 d	8 d
2.- Caldo sulfocálcico	54 abc	58 c
3.- Hidróxido de calcio	30 cd	78 abc
4.- Jabón potásico	45 bc	75 abc
5.- Tierra diatomea	36 bcd	60 bc
6.- Terra oil	70 abc	80 abc
7.- Extracto de neem	42 bcd	58 c
8.- Extracto de higuera	46 bc	78 abc
9.- Extracto de chicalote	60 abc	96 a
10.- Extracto de cempasúchil	84 a	94 abc
11.- Terramax	84 a	96 a
12.-Terrax	68 abc	94 abc

Medias con la misma letra dentro de la misma columna, no presentan diferencia significativa ($\alpha=0.05$).

Tanto a las 24 como a las 48 horas, los mejores resultados se obtuvieron con productos a base de extractos vegetales, terrax, terramax, extractos de cempasúchil y de chicalote.

El terrax, cuyo ingrediente activo es la piretrina, compuesto que se obtiene de algunas asteráceas (*Chysanthemum cinerariaefolium*), tuvo buena actividad

insecticida en ambos periodos de evaluación. Calabuig y Nácher (2015) reportan buenos resultados; entre el 65 y 95% en el control de *Empoasca vitis* Goethe en el cultivo de uva (*Vitis vinífera*), en campo abierto mediante una formulación a base de piretrina natural, lo que sugiere que este compuesto puede ser una excelente solución a incluir en los sistemas de Manejo Integrado de Plagas en cultivos como la papaya.

El terramax está elaborado a base de extractos de neem (*Azadiractina indica*), es uno de los productos de origen vegetal más usados en el control de insectos. Contiene una serie de compuestos (salanina, melianrol y azadiractina) con actividad antialimentaria, reguladora del crecimiento, inhibidora de la oviposición y esterilizante (Lagunes, 1994; Schmutterer, 1995). En el presente trabajo, fué un producto que ocasionó un 84 y 96 % de mortalidad de chicharrita a las 24 y 48 horas respectivamente.

Los extractos de cempasúchil y chicalote también tuvieron buenos efectos insecticidas en en la población de chicharrita al registrar un 94 y 96% de mortalidad a las 24 y 48 horas respectivamente. Carrillo-Rodríguez *et. al.*, 2011, evaluaron bajo condiciones de laboratorio, extractos hidroetanólicos de *Azadirachta indica* A. (Juss), *Ricinus comunis* L., *Chenopodium ambrosioides* L., *Argemone mexicana* L., *Tagetes erecta* L., y *Melia azedarach* L., a dosis de 1, 5, 10, 15 y 20%, sobre la mortalidad de araña roja (*Tetranychus urticae* Koch). Obtuvieron que todos los extractos causan mortalidad de *T. urticae*, particularmente los extractos de *A. indica*, *R. communis*, *C. ambrosioides* y *A. mexicana* ocasionaron una mortalidad de adulto mayor al 50%. en dosis de 10 a 20%, mostraron una mortalidad estadísticamente similar al testigo químico (abamectina).

Otro de los productos que ocasionó alta mortalidad de la chicharrita, fue el terra oil; producto insecticida a base de aceites, en su mayoría elaborados por una mezcla de terpenoides, tienen actividad insecticida contra un amplio espectro de insectos, sobre las que pueden actuar de contacto, repelentes, afectar la

alimentación, desarrollo, reproducción y comportamiento (Isman, 2006; Regnault-Roger *et al.*, 2012). Werdin González *et al.* (2011) reportaron actividad insecticida contra chinches. Es probable que el buen control de la plaga por el terra oil, en el presente trabajo, se deba a la mezcla de extractos vegetales que contiene el producto.

Los productos a base de extractos vegetales que tuvieron menor control, fueron el neem, y el extracto de higuierilla. Sin embargo, Zambrano (2018), reporta un control de *Empoasca* sp y *Diabrotica spaciola* (mariquita) en el cultivo de *Vigna unguiculata*, con extracto de higuierilla a una concentración del 30% con promedios de entre 8.25 y 9.63 *Empoascas* por planta y 2,31 y 3,25 diabroticas por planta.

El caldo sulfocálcico es uno de los productos más antiguos usados en la agricultura para el control de enfermedades como cenicillas y royas, además de plagas como trips, cochinillas, broca, pulgones, y principalmente ácaros (Restrepo, 2007; Soto, 2009; Soto *et al.* 2011). Está compuesto por azufre y cal, el efecto tóxico de ese producto a los insectos y ácaros es debido a la liberación de gas sulfídrico (H₂S) y azufre coloidal, cuando se aplica sobre las plantas (Abbot, 1945).

Los polvos inertes como la tierra diatomea, poseen propiedades “desecantes” es decir, provocan deshidratación y muerte por desecación. El control de plagas con polvos insecticidas está ligado a fenómenos muy diversos como: repelencia, disuasión de la oviposición, efectos antialimentarios, incertidumbre durante el reconocimiento de la planta hospedera, interferencias en la sujeción al hospedero y mortalidad directa (Puterka *et al.*, 2000), que deben ser analizados en cada caso particular.

El hidróxido de calcio a diferencia de los plaguicidas orgánicos convencionales, muestra una gran actividad química, a dosis muy bajas, puede cambiar instantáneamente el pH del agua a valores superiores de 12, valor donde hongos, bacterias, nematodos e insectos, inclusive los virus, no pueden

sobrevivir a esa alcalinidad. Además, el hidróxido de calcio, es inocuo a los animales superiores incluido el hombre y su impacto ambiental es muy bajo (Cardona y Castaño, 2016). El hidróxido de calcio, usado como fungicida, puede actuar como insecticida, ya que afecta la cubierta serosa de los insectos, lo que provoca su desecación, también afecta la eclosión de los huevos, lo que reduce las poblaciones. Se ha reportado su acción insecticida, principalmente contra lepidópteros y pulgones. Sin embargo, en el presente trabajo, no presentó buenos resultados, probablemente porque su efecto en campo sea más eficiente al entrar en contacto con el insecto.

En el presente trabajo, el jabón potásico tuvo un de control intermedio de las chicharritas, debido a que el producto no entró en contacto directo con el insecto, dado que este se asperjó sobre hojas. Los productos a base de sales de potasio de ácidos grasos, además de tener propiedades insecticidas, suelen ser adherentes, humectantes y mojantes. Esta sal potásica es inocua e ideal para limpieza de melazas y residuos de insectos que dificultan las funciones vegetales propias, por ejemplo, para la remoción de fumagina, polvo y mielecilla. El modo de acción de estos jabones es remoción de la cutícula del insecto, lo que da lugar a la muerte por deshidratación. Se suelen utilizar contra plagas de cuerpo blando, principalmente moscas blancas, pulgones, aunque también contra algunas chinches (Butler *et al.*, 1993; Trdan *et al.*, 2006).

V. CONCLUSIONES

Bajo condiciones de laboratorio, los productos con mejor actividad insecticida en contra de *Empoasca* spp., colectados en plantas de papaya fueron los extractos vegetales de cempasúchil y chicalote, biorracionales terramax, terrax, extracto, así como el terra oil. El extracto de higuera y el hidróxido de calcio presentaron un control regular de la chicharrita (78% de mortalidad), mientras que el resto de los productos presentaron de un 58% a 60% de mortalidad.

VI. RECOMENDACIÓN

Debido a que los bioinsecticidas obtenidos a partir de las plantas actúan como repelentes, fagorepelentes o antialimentarios, venenos por contacto, venenos estomacales, acción de disfrazar olores, etc. No es suficiente evaluarlos a nivel de laboratorio para demostrar su nivel de eficiencia de un producto, es necesario complementarlos con estudios de campo, donde los productos puedan expresar todo su potencial insecticida o ser afectados por la acción de diferentes factores abióticos y bióticos.

VII. LITERATURA CITADA

- Abbot, C. E. 1945. The toxic gases of lime-sulfur. *Journal Economic Entomologist*. 38(5):618-620.
- Abdiel, B. Norvis, D., Domiciano, D., Reinier, R. & Alma, Chen. 2018. Licenciatura en Ingeniería Electromecánica; Centro Regional de Veraguas Universidad Tecnológica de Panamá, Centro Regional de Veraguas, Universidad Tecnológica de Panamá. Comparación de la efectividad en la protección de cultivos de tomates con insecticidas orgánicos a base de: ajo (*Allium sativum*) y nim (*Azadirachta indica*). Pp. 42.
- Agrios, G. N. 1985. Fitopatología. Primera edición en español. Ed. Limusa. México. 201 - 413; 661 - 681.
- Albert, L. A. 2005. Panorama de los plaguicidas en México. *Revista de Toxicología*. (En línea). Disponible en: <http://www.sertox.com.ar/retel/n08/01.pdf>.
- Alfaro M. M. Á., Evangelista O. V., 2001. Catalogo de plantas útiles de la sierra norte de puebla, México Instituto de biología UNAM. México pp. 59.
- Altieri, M. 2009. La agricultura moderna: impactos ecológicos y la posibilidad de una verdadera agricultura sustentable. University of California, Berkeley, Department of Environmental Science, Policy and Management. Berkeley, CA, USA.
- Álvarez, C. J. Pinzón R., Bautista E., Rivera A. & Molina, V. D. 1996. Actividad insecticida del extracto etéreo y fracciones aisladas de hojas de *Ricinus communis* L. sobre *Sitophilus oryzae* L. *Revista Colombiana de Ciencias Químico-farmacéuticas*. No. 25.

- Amador, M. 2001. La situación de la producción orgánica en Centro América. Ponencia presentada en el Taller de Comercialización de Productos Orgánicos en Centro América. Abril, 2001. IICA.
- Arocha, Y., Horta, D. Peralta, E. & Jones, P. 2003. First report on molecular detection of phytoplasmas in papaya in Cuba. *Plant Disease*, 87: 1148.
- Becerra, L. E. N. & De León, M. 1991. Evaluación de varias prácticas culturales para reducir la incidencia del virus de la Mancha Anular del Papayo. Sociedad Mexicana de Fitopatología, In. Memorias del XVIII Congreso Nacional de Fitopatología, Puebla, 24 - 26 de Julio.
- Becerra, L. E. N. 1992. Apuntes del cultivo de la papaya. Instituto de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), en prensa.
- Bernal, R. C. R. 1995. Control de plagas y enfermedades de hortalizas bajo el sistema orgánico. *En: Memoria de Manejo Fitosanitario de Hortalizas*. Culiacán, Sinaloa, México.
- Bishop, G. & Clay, L. 2003. "The Boons of Biotech" en *Farming the Environment: Agriculture's Environmental Triumph*, por J. Bishop Grewell y Clay Laundry, Purdue University Press.
- Blomquist, G. J. & Bagnères, A. G. 2010. History and overview of insect hydrocarbons. pp 3-18. *En: Insect Hydrocarbons: Biology, Biochemistry and Chemical Ecology*, Cambridge Press. G J. Blomquist and A-G Bagnères (Eds.).
- Brechelt, A. & Fernández, C. L. 1995. El árbol para la agricultura y el medio ambiente. Experiencias en la República Dominicana. Publ. Fundación Agricultura y Medio Ambiente. 133 p.
- Butler, G. D. J. Henneberry, T. J. Stansly, P. A. & Schuster, D. J. 1993. Insecticidal effects of selected soaps, oils and detergents on the

sweetpotato whitefly: (Homoptera: Aleyrodidae). Florida Entomologist, 76: 161-167.

Calabuig, A., & Nácher, X. 2015. Nuevas herramientas para el Control Integrado en vid. Phytoma España: La revista profesional de sanidad vegetal, (274), 10.

Cámara, G. I. G. 2018. Evidencia de la transmisión del *Papaya meleira virus* (PMeV) por insectos en *Carica papaya* L (Doctoral dissertation, Centro de Investigación Científica de Yucatán).

Cardona, L. F. & Castaño, J. 2016. Efecto del hidróxido de calcio sobre la brotación, tizón tardío y rendimiento en papa "Criolla". Temas agrarios, 21(1): 65-76.

Cardoso, L. A. M. 2017. Guía para la certificación orgánica de alimentos hortofrutícolas.

Carisem, 2000. El cultivo de la papaya maradol roja (*Carica papaya* L.) marca "CARISEM". La semilla del caribe. Gerencia de investigación y desarrollo. Folleto técnico. Guadalajara, México. 30 p.

Carlos, R. 2015. Fertilidad de la tierra. Septiembre 2019, de La Fertilidad de la tierra Sitio web: <https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdfFerti/Ferti200293233.pdf>

Caro, M. P. H., Ayala, O. J. L. & Rodríguez, H. C. 1990. Extractos acuosos vegetales para el control del picudo del ejote *Apion* spp. (Coleóptera: Curculionidae) en Chapingo, México. Memorias de II Simposio Nacional sobre Substancias Vegetales y Minerales en el Combate de Plagas. Oaxaca, México. 142 p.

- Chalfound, S. M. & D'Arc, L.R. 1986 Doencas causadas por fungos e nematoides em Momoeiro. Inf. Agropec. Belo Horizonte, Brasil. 12 (134): 40-44.
- Chirinos, U. H. 1999. Fertilización de papayo. Breves agronómicas. Instituto de la potasa y el fósforo A. C. vol. 3 (5): pp. 13-14. Querétaro, México.
- CIRAD (Centro de Cooperación Internacional en investigación Agronómica para el Desarrollo) 2009.
- Codex Alimentarius. 1999. Guidelines for the production, processing, labeling and marketing of organic produced products. GL-32 – 1999. Rev. 2001.
- COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA, 2017: <https://www.gob.mx/conagua>.
- Conover, R.A. 1979. Cariflora a papaya ringspot virus tolerant papaya for south Florida and the caribbean. HortScience 21(4): 1072.
- Cook, A. A. & Milbrath, G. 1975. Virus Diseases of papaya on OAHU (Hawaii) and identification of additional diagnostic host plantas. Plant Disease Report. 55:785 - 788.
- Coon, N. 1974. The dictionary of uselul plants. Rodale Press. Emmaus, Pa. USA.
- Cruz, M. A. G. 2007. La agricultura orgánica en México. Revista Vinculando.
- Cruz-Rodríguez, J., Hernández-Cruz, B., Chávez-Servia, J. L., Vera-Guzmán, A. M. y Perales-Segovia, C. 2011. Efecto de extractos vegetales sobre la mortalidad de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae), en laboratorio.
- Cussaianoviich, P. 2001. Una aproximación a la agricultura orgánica. Agricultura Orgánica, 1: 23-26.
- De los Santos, de la R. F., Machaín, L. M. & Díaz B. V. 1982. Manual de producción de papaya en el Estado de Veracruz. ARH. INIA. CIAGOC. Folleto para productores n° 4. 21p.

- De los Santos, F., Becerra, L. E. N., Mosqueda, V. R., Vázquez, H. A. & Vargas, G. A. B. 1997. Manual de producción de papaya en el estado de Veracruz. Folleto técnico No. 17. SAGARD-INIFAP-CIRG-CE. Cotaxtla, Veracruz, México. 85 p.
- Descamps, P., Garibay, S. V., & Soto Muñoz, G. 2004. La investigación en la agricultura orgánica y su importancia. *In* Encuentro Mesoamericano y del Caribe; Encuentro Costarricense de Agricultores Experimentadores e Investigadores en Producción Orgánica1; 325-27 Ago 2003 Alajuela (Costa Rica) (No. 631.584 E56 2003). Editorial del Norte.
- Dianese, J. C. 1981. Especies de hongos do genero *Furarium* asociados com a rizosfera do abacaxizeiro em Monte Alegre - Minas gerais. *Fitopatología Brasileira*, 3(1): 217-221.
- Díaz G. G. 2001. Guía para producir papaya en la región del Pacífico Centro de México. Folleto técnico No. SAGARD-INIFAP-CIRPAC-CE. Costa de Jalisco, México. 65 p.
- Failor, C. 2001. Jabones Líquidos (Color). *Disfruto y hago*. 40 p.
- FAO, 1997. Especies forestales productoras de frutas. Ejemplo de América Latina. Papaya. FAO. Roma Italia. Pp 55-56.
- FAO, 2003. Código Internacional de conducta para la distribución y utilización de plaguicidas. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. Roma. 40 p.
- FAO, 2012 Directrices sobre la Prevención y Manejo de la Resistencia a los Plaguicidas. Pp 5 y 6.
- FAO, SAGRAPA. 2009. Artículo de Tecnologías de mitigación.
- FAO, 1990. Código Internacional de Conducta para la Distribución y Utilización de Plaguicidas. (Versión enmendada). Roma.

- FAOSTAT. 2017. Datos sobre alimentación y agricultura. 2019, de FAO Sitio web: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>.
- Fariñas, M. E. 1983. Las enfermedades virales de la fruta bomba *Carica papaya*. Boletín de reseñas, cítricos y otros frutales. Ministerio de Agricultura, La Habana, Cuba. pp 10 - 55.
- Ferwerda, W. 1987. Genotecnia de cultivos tropicales perennes de Agt. Editor, S.A. México.
- García, H. J. L., Valdez C. R. D., Servín, V. R., Murillo, A. B., Rueda, P. E.O., Salazar, S. E., Vázquez, V. C. & Troyo D. E. 2009a. Manejo de plagas en la producción de hortalizas orgánicas. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10 (1): 15-28.
- García, H. J. L., Valdez, C. R. D., Salazar, S. E., Fortis, H. M., Preciado, R. P., Márquez, H. C., Rueda, P. E. & Troyo D. E. 2009b. Regulación y certificación orgánica en México. *En: Orona C.I., Salazar S.E., Fortis H. M., Trejo E. H. I.,*
- García, M. A. 2010. Guía técnica del cultivo de la papaya. Centro nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal "Enrique Álvarez Córdova" El Salvador. 8 p.
- Garrido, T., C. Costa, J. Fraile, E. Orejudo, J. Niñerota, A. Ginebreda, L. Olivilla & M. Figueras. 1998. Análisis de la presencia de plaguicidas en diversos acuíferos de Cataluña. Jornadas sobre la contaminación de las aguas subterráneas: un problema pendiente. Valencia, España. 7 p.
- Garza, L. G.; Munro, O. D. & Díaz G. G. 2001. Principales enfermedades de la papaya en Colima. Folleto para productores No. 2. INIFAP-CIRPAC-CE Tecomán Colima 18 p.
- Gerritsen, W. P. R. & González, F. R. 2008. Comparación de cuatro sistemas productivos en el ejido de La Ciénega, costa sur de Jalisco. *Invest. Geog.* 65: 66-81.

- Gibbs, A. G. 1998. Water-proofing properties of cuticular lipids. *Am Zool.* 38, 471-482.
- Gómez, T. L. & Gómez C. M. A. 2001. Desafíos de la agricultura orgánica: certificación y comercialización. Ed Mundi-Prensa. México. p.52.
- Gómez, T. L. & Gómez C. M. A. 2002. "La importancia de la agricultura orgánica en México y su sector hortofrutícola", en M. A. Gómez Cruz y R. Gonsalves, D. & Ishii, M. 1980. Purification and serology of Papaya ringspot virus. *Phytopathology* 70: 1028- 1032.
- González, A. A. & Nigh, R. 2005. ¿Quién dice que es orgánico? La certificación y la participación de los pequeños propietarios en el mercado global. *Gaceta Ecológica* 77: 19-33.
- González, M. A. 1988. Diccionario de especialidades agronómicas. 2a. edición. edit. PLM. México. 645 p.
- Google Earth. 2018. Google Earth. 03/08/2019, de Google Mx Sitio web: <https://earth.google.com/web/@19.88593725,-100.76098456,12260.13345088a,3103400.83816499d,35y,0h,0t,0r>
- Gracia, G. M. 1987. Pruebas de transmisión por áfidos (Homoptera: Aphididae) del virus de la mancha anular de la papaya *Carica papaya*. Tesis de Licenciatura en Ciencias Biológicas. Universidad Veracruzana. pp 24 - 56.
- Guerra, M.S. 1985. Receituário caseiro: alternativa para o controle de pragas e doenças de plantas cultivadas e seus produtos. Brasília: EMATER. 166 p.
- Guirado, N. 2001. Extracto de plantas no controle da leprose dos citros. *In*: Hein, M. (org.), Primer Encontro de Processos de Proteção de Plantas: Controle ecológico de pragas e doenças (pp.147-159). Agroecológica, Botucatu.
- Gutiérrez, A. J. G. 1995. Diagnóstico y Evaluación de Enfermedades Fungosas del Fruto de Papaya en Pre y Postcosecha. Tesis de Licenciatura,

- Departamento de Parasitología Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México. 78 p.
- Guzmán, D. G. 1998. Papaya (*Carica papaya* L.) Caricaceae. Ministerio de agricultura y ganadería. Sistema unificado de información institucional. (SUNI) Serie: cultivos tradicionales. San José, Costa Rica, p. 30.
- Hadley, N. 1994. Water relations of terrestrial arthropods. San Diego, California, Academic Press. 356 pp.
- Hernández, F. M., & Morales, A. A. 2008. Azteca, primer híbrido de papaya para el trópico de México. Revista Fitotecnia Mexicana, 31(3), 291-293.
- Hernández-Castro, E., V Utrera L., J. A. Villanueva-Jiménez, D. A. Rodríguez-Lagunes, & M. M. Ojeda-Ramirez. 2005. Extractos de neem en el comportamiento de *Aphis nerii* Boyer y la transmisión del virus de la mancha anular del papayo. J. Agr. U. Puerto Rico 89(1-2): 75-84.
- Hirata, R. 2002. Carga contaminante y peligros a las aguas subterráneas. Revista Latino-Americana de Hidrogeología. São Paulo, Brasil, 2: 81-90.
- Holman, J. 1974. Los áfidos de Cuba. Ed. Organismos. Instituto cubano del libro, La Habana Cuba. 3304 p.
- Isman, M. B. 2006. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. Annual Review of Entomology, 51: 45-66.
- Izquierdo, P. A. M. Torres-Gabriel, A. García & M. Piñero. 2004. Residuos de plaguicidas organoclorados en formulas infantiles. 14(2): 147-152.
- Jiménez, D., 2002. Manual práctico para el cultivo de la papaya hawaiana. 1ra edición editorial EARTH. 108 p.
- Juárez, M. P. 1994. Inhibition of cuticular lipid synthesis and its effect on insect survival. Arch Insect Biochem Physiol. 25 (3): 177-191.

- Juárez, M. P., Calderón, G. 2007. Cuticular hydrocarbons of triatomines. *Comp. Biochem. and Physiol. Molecular and Integrative Physiology*, 147: 711-130.
- Korunic, Z. 1998. Diatomaceous earths, a group of natural insecticides. *J. of Stored Prod. Res.* 34 (2/3), 87-97.
- Krochmal, A. 1974. Some common diseases of papaya. *Ceiba* 18 (1/2):19-31.
- Lagunes, T. 1994. Toxicología y manejo de insecticidas (No. 04; SB951. 5, L33).
- Llorents, J. M. 1990. Homópteras I. cochinillas de los cítricos y su control biológico. Fotocomposición Agramat S. L. impresora: Artes gráficas Mateu Tormo. S. A. Valencia.
- Longevidad, F. Y. S. D. E. 1986. Biología y ecología poblacional de *Empoasca kraemeri* Ross y Moore (Homoptera: Cicadellidae) en caraota (*Phaseolus vulgaris*), II. Ciclo de vida, longevidad, fecundidad y sobrevivencia de *E. kraemeri* bajo condiciones de laboratorio. *Agronomía Tropical*, 36(4-6), 15-27.
- López-Geta, J. A., C. Martínez-Navarrete, L. Moreno-Merino, P. Navarrete-Martínez. 1992. Las aguas subterráneas y los plaguicidas. Instituto Geológico y minero de España. Pp. 149.
- Machain, L. M. 1983. Plagas del papayo en Veracruz y sus depredadores. SARH - INIA.CIAGOC. Folleto Técnico n°.1.23p.
- Malais, R. & Ravensberg, W. J. 1991. Conocer y reconocer. Biología de las plagas de invernadero y sus enemigos naturales. Koppert, biological system. 109 p.
- Maldonado, E., Ramírez, M. T. & Pérez-Castorena, A. L. 1998 Anti-inflammatory activity of phenyl propanoids from *Coreopsis mutica* Var. *mutica*. *Planta Medica*, 64: 660-661.

- Mandujano, B. R. 1990. Generalidades del cultivo del papayo, *Carica papaya* L. Apuntes. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Veracruzana, Xalapa, Ver. 54 p.
- Márquez, H. C., Cano R. P., Rodríguez D. N., Moreno R. A., De La Cruz L. E., García H. J. L., Preciado R. P., Castañeda G. G. y García de la Peña C. 2009. Producción en invernadero de tomate orgánico. En: Cano R. P., Orona C. I. y Reyes J. I.
- Mederos, O. E. 1998. Cultivo de la fruta bomba. Fruticultura. Ed. Pueblo y educación. La Habana, Cuba. 14 p.
- Mendoza, Z. C. & Pinto, B. 1983. Principios de fitopatología y enfermedades causadas por hongos. Universidad Autónoma de Chapingo. Departamento de parasitología agrícola. Chapingo, México. pp 889 - 109, 150-180.
- Mendoza, Z. C. 1988. Enfermedades de la fresa *Fragancia Chiloensis* var. Ananasa en Villa Guerrero, Estado de México I. Identificación e incidencia de hongos que atacan al follaje XV Congreso nacional de Fitopatología. Resúmenes de ponencias. Veracruz. 35 p.
- Mendoza, Z. C. 1992. Manejo fitosanitario de las hortalizas en México. Centro de Entomología y Acaralogía, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, Colegio de Posgraduados. Chapingo, México. pp 89 - 109.
- MINAG (Ministerio de la Agricultura de Cuba) 2004. Estrategias de producción fitosanitarias para las hortalizas. Departamento Programa de Defensa. La Habana, Cuba. 10 p.
- Mirafuentes Hernández, F., Palacio Martínez, V., & Alonso Báez, M. 2006. Manual de producción de papaya (*Carica papaya*, L.) para el trópico húmedo de México.

- Mirafuentes, H. F. 1997. Manual para producir papaya en Tabasco. Folleto para productores No 9 SAGARPA-INIFAP. Instituto para el desarrollo del sistema de producción del trópico húmedo. Huamanguillo Tabasco. 24 p.
- Miranda-Ramírez, J. M., Aguilar-García, O., Aguilar-García, J., Miranda-Medina, D., & del Val-Díaz, R. 2018. Productividad agrícola-económica del cultivo de papaya (*Carica papaya* L.) en Buenavista Michoacán, México. *Revista de la Facultad de Contaduría y Ciencias Administrativas*, 3(6), 53-63.
- Mora, E., & Bogantes, A. 2004. Evaluación de híbridos de papaya (*Carica papaya* L.) en Pococí, Limón, Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*, 15 p.
- Mosqueda, V. R. 1986. Apuntes para el primer taller de fitopatología tropical. Centro Regional de Enseñanza, Capacitación e Investigación para el Desarrollo Agropecuario para el Trópico Húmedo. Sociedad Mexicana de Fitopatología. México. pp 172 - 185.
- Mosqueda, V. R. 1989. Catálogo de tecnología disponible. Centro Regional de Enseñanza, Capacitación e Investigación para el desarrollo Agropecuario para el Trópico Húmedo. Sociedad mexicana de Fitopatología. Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y agropecuarias, Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 82 p.
- Munro, O. D. 2003. Informe técnico anual de labores del proyecto tecnología de producción de papaya (*Carica papaya* L.) para el trópico seco del centro del pacífico de México CEVA- CIRPAC-INIFAP.
- Natura Lista. 2016. *Argemone mexicana*. Consultado en julio de 2016 en: <http://naturalista.conabio.gob.mx>.
- Navejas, J. J. 2002. Producción orgánica de tomate. INIFAP-CIRNE. Desplegable técnica No. 5. Constitución, B. C. S. México.

- NIIR (National Institute of Industrial Research, India) Board. 2004. Handbook on Neem and Allied Products. National Institute of Industrial Research. New Delhi, India. 478 p.
- Nisbet, A. J., Woodford, J. A.T., Strang, R. H. C. and Connolly, D. 1993. Systemic antifeedant effects of azadirachtin on the peach-potato aphid *Myzus persicae* Sulzer. Entomol. Exp. Appl. 68(1): 87-98.
- Ortega, A. L. D. 2001. Control alternativo de la mosca blanca. Red de acción de plaguicidas y alternativas en México. RAPAM, Colegio de Postgraduados. CONACYT. México. 1-16 p.
- Pedrini, N., Juárez, M.P. & Crespo, R. 2007. Biochemistry of insect epicuticle degradation by entomopathogenic fungi. Comp. Biochem. and Physiol. Toxicology & Farmacology 146, 124-137.
- Penteado, S. R. 2000. Controle alternativo de pragas e doenças com as caldas bordalesa, sulfocálcica e Viçosa. Campinas: Buena Mendes Gráfica e Editora. 95 p.
- Pérez, C. J. 2004. Agricultura ecológica: una alternativa al desarrollo sustentable en el campo mexicano. El Cotidiano 20 (127): 95-100.
- Pérez, K. A., Piñol, B., Rosete, Y. A., Wilson, M., Boa, E., & Lucas, J. 2010. Transmission of the phytoplasma associated with bunchy top symptom of papaya by *Empoasca papayae* Oman. Journal of phytopathology, 158(3), 194-196.
- Pérez, M. A., Navarro, H., & Miranda, E. 2013. Residuos de plaguicidas en hortalizas: problemática y riesgo en México. Revista Internacional de Contaminación Ambiental, 29, 45-64.
- Purseglove, J. W. 1979. Tropical crops. Dicotyledons. Longman group limit. London pp. 45-51.

- Puterka, G. J., D. M. Glenn, D. G. Sekutowski, T. R. Unruh, & S. K. Jones. 2000. Progress toward liquid formulations of particle films for insect and disease control in pear. *Environ. Entomol.* 29: 329-339.
- Queitsch, K. J. 2004. Preguntas y respuestas sobre la agricultura ecológica. Universidad Autónoma Chapingo. Depto. de Agroecología. Serie Testimonios Num 2. Chapingo, México. México. 20 p.
- Quintero R. & Gioanetto F. 2006. Agricultura orgánica en México. En: Gioanetto F. y Quintero R. (eds.). Agricultura orgánica. Fundación Produce Morelos. Cuernavaca, Mor. 550 p.
- Regnault-Roger, C. Vincent, C. & Arnason, J. T. 2012. Essential oils in insect control: low-risk products in a high-stakes world. *Annual Review of Entomology*, 57: 405-424.
- Restrepo, J. R. 2007. Manual Práctico. El A, B, C, de la agricultura orgánica y harina.
- Rico, P. H. R., Tapia, V. L. M., Munro, O. D., & Vargas, G. E. 2009. Producción de papaya Maradol con fertiirrigación en el Valle de Apatzingán, Michoacán. INIFAP-CIRPAC. Campo Experimental Valle de Apatzingán. Folleto para productores Núm. 1, Apatzingán, México. 9 p.
- Rodríguez, H. C. 2005. Plantas contra plagas 2; epazote, hierba de la cucaracha, paraíso, higuera y sabadilla. RAP-AL, RAPAM, SOMAS, CP E ITA Tlaxcala. Primera edición. Texcoco, Estado de México. México. 290 p.
- Rojo, I. E. J. 2014. *Carica papaya*: una planta con efecto terapéutico. *Horizonte sanitario*, 12(2), 35-36.
- Ruíz, B. F. 1986. Identificación de hongos presentes en papaya (*Carica papaya* L.) en los principales municipios productores del Estado de Veracruz. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Biológicas. pp 28 - 31, 39-44, 48-50, 59-68.

- Samson, J. A. 1991. Fruticultura tropical. Ed. Noriega. México. 305-310 p.
- San Martín, R.; Briones, R. 1999. Industrial Uses and Sustainable Supply of Quillaja saponaria (Rosaceae) Saponins. *Econ Bot.* 53 (3): 302-311.
- Sánchez, A. D. H. 1981. Fluctuación de poblaciones Artrópodos perjudiciales o benéficos en el cultivo del papayo en Veracruz. Informe de Actividades del Programa de Fruticultura, Ciclo 1980. SARH - INIA, CIAGOC. Mimeografiado.
- Sánchez, G. F. 1994. Control biológico de plagas en invernadero, araña roja, mosca blanca, pulgones y trips. *Agro guía mundi-presa.* 84 p.
- Schmutterer, H. 1995. The neem tree, Weinheim, VHC, Germany. 696 p.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, 2017. Producción de alimentos orgánicos, tendencia exitosa para México. <https://www.gob.mx/sagarpa/articulos/produccion-de-alimentos-organicos-tendencia-exitosa-para-mexico>.
- Secretaría de Desarrollo Rural, gobierno del estado de Colima. 2015. Guía para el uso de la cal agrícola. Folleto 11 p.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2018. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. 12/08/2019, de gobierno de México Sitio web: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Smilanick, J. L. and Sorenson, D. 2001. Control of postharvest decay of citrus fruit with calcium polysulfide. *Postharves Biology and Technology*, 21, 157-168.
- Sosa, 1992. Resistencia de plagas a los insecticidas, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Argentina. 5-10 p.
- Soto, A. 2009. Control del ácaro *Oligonychus ilicis* con calda sulfocálcica. *Revista Agronomía. U. Caldas.* 17(1):7-11.
- Soto, A., Oliveira, H., & Pallini, A. 2018. Integración de control biológico y de productos alternativos contra *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación*

- Científica, 14(1), 23-29. Recuperado a partir de <https://revistas.udca.edu.co/index.php/ruadc/article/view/753>.
- Standley, P. C. 1920. Trees and Shrubs of Mexico. Contribution to the US. National herbarium. Washington DC. Volumen 23 part 4. Pp 851-853.
- Subramanyam, B. H., & Roesli, R. 2000. Inert dusts, pp. 321-380. *En: Alternatives to pesticides in stored-product IPM*. Subramanyam, B.H. and Hagstrum, D.W. (eds.). Kluwer Academic Publishers, Boston, Massachusetts.
- Sustainable Forestry for Bioenergy & Bio-based Products. 2007. Obtenido de <http://learn.forestbioenergy.net/>, fecha de acceso: Mayo, 2018.
- Terralia. 2019. Extracto de chicalote. Septiembre 2019, de Terralia Sitio web: https://www.terralia.com/agroquimicos_de_mexico/view_composition?bookid=3&compositionid=13834%202018.
- Trdan, S. Znidarcic, D. & Valic, N. 2006. Field efficacy of three insecticides against cabbage stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae) on two cultivars of white cabbage. *International Journal Pest Management*, 52: 79-87.
- Valencia K., Duana, D., & Hernández, T. J. 2017. Study of the Mexican papaya market: an analysis of its competitiveness (2001-2015). *suma de negocios*, 8(18): 131-139.
- Vargas, G. E. & Munro, O. D. 1996. Colecta e investigación taxonomica de malezas hospederas de áfidos en el Valle de Apatzingán. Memoria del XVII Congreso Nacional de la Ciencia de la Maleza. Cuernavaca, Morelos, México.
- Vargas, G. E., Munro, O. D., Rico, P. H. R., Diaz G. G., Garza L. J. G. & González, R. C. 2004. Nuevos cultivares de papaya (*Carica papaya* L.) para el trópico seco de México. INIFAP-CIRPAC Campo Experimental Valle de Apatzingán. Folleto técnico Núm. 4, Apatzingán, México. 40 p.
- Verdecia, P. P. 1999. Tecnología para la producción de papaya "Maradol en la zona costera del estado de Nayarit. FONAES. SEDESOL.

- Vibrans, H. 2009. Malezas de México. CONABIO. *Argemone mexicana*. Consultado en julio de 2016 en: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/papaveraceae/argemone mexicana/fichas/ficha.htm>.
- Vidal, J., Carbajal, A., Sisniegas, M., & Bobadilla, M. 2008. Efecto tóxico de *Argemone subfusiformis* Ownb. y *Tagetes patula* Link sobre larvas del IV estadio y pupas de *Aedes aegypti* L. *Revista Peruana de biología*, 15(2), 103-110.
- Weininger, S. J., & Stermitz, F. R. 1988. *Química orgánica*. Reverté. 1171 p.
- Werdin, J. O., Gutiérrez, M. M., Murray, A. P. & Ferrero, A. A. 2011. Composition and biological activity of essential oils from Labiatae against *Nezara viridula* (Hemiptera: Pentatomidae) soybean pest. *Pest Management Science*, 67: 948-955.
- Willer, H. 2011. Organic agriculture worldwide - the results of the FiBL/Ifoam survey. En IFOAM-FiBL, H. Willer, y L. Kilcher (Edits.), *The world of organic agriculture. Statistics y emerging trends 2011*. (pp. 34-60). Rheinbreitbach, Germany.
- Yeh, S. D., Bau, H. J., Kung, Y. J. & Yu, T. A. 2007 Papaya. En: Pua, E. C., Davey M. R. (Eds) *Biotechnology in Agriculture and Forestry*, pp. 73-96.
- Zambrano, M. G. A. 2018. Evaluación de extractos vegetales y dosis de aplicación para control de *Empoasca* sp. (lorito verde) y *Diabrotica spaciola* (mariquita) en el cultivo de *Vigna unguiculata* (*Fréjol caupi*) (Bachelor's thesis, JIPIJAPA-UNESUM).

Referencia (1) Sitio web: <https://earth.google.com/web/@19.88593725,-100.76098456,12260.13345088a,3103400.83816499d,35y,0h,0t,0r>

ANEXOS

ANEXO I. Análisis de varianza de mortalidad de chicharritas a las 24 hrs.
después del tratamiento.

F.V	G. L	S. C	C. M	F. C	Pr>F
Tratamiento	11	28526.14	2593.29	9.78	<.0001
Error	45	11930.00	265.11		
Total	56	40456.14			

$\alpha=0.05$; $R^2=0.70$; C. V=31.04; RMSE=16.28; Media=52.45

ANEXO II. Análisis de varianza de mortalidad de chicharritas a las 48 hrs.
después del tratamiento.

Fuente de variación (F.V.)	Grados de libertad (G. L.)	Suma de cuadrados (S. C.)	Cuadrado medio (C. M.)	F. C	Pr>F
Tratamiento	11	34420.89	3129.18	13.37	<.0001
Error	45	10530.00	234.00		
Total	56	44950.88			

$\alpha=0.05$; $R^2=0.77$; C. V=21.01; RMSE=15.30; Media=72.80