

Accepted Manuscript / Manuscrito Aceptado

Title Paper/Título del artículo:

Plagas y enfermedades del cultivo de papaya (*Carica papaya* L.) en la región Costa de Oaxaca: situación actual del conocimiento

Pests and diseases of papaya (*Carica papaya* L.) cultivation on the Oaxaca Coast region: current state of knowledge

Authors/Autores: Gayosso-Rosales, L. Y., Ramirez-Rodas, Y. C., Gayosso-Barragán, O.

ID: e1963

DOI: <https://doi.org/10.15741/revbio.13.e1963>

Received/Fecha de recepción: May 09th 2025

Accepted /Fecha de aceptación: January 19th 2026

Available online/Fecha de publicación: March 05th 2026

Please cite this article as/Como citar este artículo: Gayosso-Rosales, L. Y., Ramirez-Rodas, Y. C., Gayosso-Barragán, O. (2026). Pests and diseases of papaya (*Carica papaya* L.) cultivation on the Oaxaca Coast region: current state of knowledge *Revista Bio Ciencias*, 13, e1963. <https://doi.org/10.15741/revbio.13.e1963>

This is a PDF file of an unedited manuscript that has been accepted for publication. As a service to our customers we are providing this early version of the manuscript. The manuscript will undergo copyediting, typesetting, and review of the resulting proof before it is published in its final form. Please note that during the production process errors may be discovered which could affect the content, and all legal disclaimers that apply to the journal pertain.

Este archivo PDF es un manuscrito no editado que ha sido aceptado para publicación. Esto es parte de un servicio de Revista Bio Ciencias para proveer a los autores de una versión rápida del manuscrito. Sin embargo, el manuscrito ingresará a proceso de edición y corrección de estilo antes de publicar la versión final. Por favor note que la versión actual puede contener errores de forma.

Plagas y enfermedades del cultivo de papaya (*Carica papaya* L.) en la región Costa de Oaxaca: situación actual del conocimiento

Pests and diseases of papaya (*Carica papaya* L.) cultivation on the Oaxaca Coast region: current state of knowledge

Plagas y enfermedades en papaya de la region Costa de Oaxaca/Pests and diseases in papaya from the Oaxaca Coast región

Gayosso-Rosales, L. Y.^{1*} , Ramirez-Rodas, Y. C.¹ , Gayosso-Barragán Odilón² 

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. Melchor Ocampo No. 7, C.P. 68200, Santo Domingo Barrio Bajo, Villa de Etla, Oaxaca, México.

²Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Agricultura Familiar-INIFAP. Carretera Ojuelos-Lagos de Moreno km 8.5, CP. 47540, Ojuelos de Jalisco, Jal., México.

*Corresponding Author:

Luis Yobani Gayosso-Rosales. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. Melchor Ocampo No. 7, C.P. 68200, Santo Domingo Barrio Bajo, Villa de Etla, Oaxaca, México. Teléfono: 55 3871 8700 Ext. 86208 E-mail: gayosso.luis@inifap.gob.mx

RESUMEN

El estado de Oaxaca es el principal productor de papaya a nivel nacional, y la región Costa de Oaxaca, la principal región productora para el estado. Frecuentemente, la producción es afectada por diversas plagas y enfermedades que se presentan en diferentes etapas fenológicas del cultivo, incluso en postcosecha de los frutos. El presente escrito brinda un análisis de la fitosanidad del cultivo de papaya en la Costa de Oaxaca. Entre las plagas de mayor importancia económica, se encuentran los ácaros fitófagos como *Tetranychus urticae* y *Eotetranychus lewisi*, insectos como las moscas blancas (*Aleurotrixus* sp., y *Trialeurodes* spp.) y pulgones (*Aphis* spp., y *Myzus persicae*); daños en la raíz por nematodos agalladores (*Meloidogyne*) y gusanos de alambre (*Agriotes* sp.). Dentro de las principales enfermedades de la papaya, se encuentran las causadas por hongos y oomicetos, como pudriciones de raíz (*Phytophthora*, *Fusarium* y *Pythium*) y pudriciones en flor y fruto (*Colletotrichum* spp., *Asperisporium* spp., y *Phytophthora*); la virosis o chino de la papaya causada por el *Papaya ringspot virus* (PRSV-P) y pudriciones bacterianas causadas por *Erwinia papayae* y *Pseudomonas* spp. Los fitoplasmas de los grupos 16Srl (subgrupo AF), 16SrX y 16SrXIII y las rickettsias asociadas a la enfermedad del "Bunchy Top" también pueden ser una amenaza para el cultivo. Dada la gran diversidad y prevalencia de las plagas y enfermedades del cultivo de papaya en la Costa de Oaxaca, se considera necesario realizar más estudios de diagnóstico y manejo integrado de plagas y enfermedades.

PALABRAS CLAVE:

Ácaros, insectos, hongos, virus, *Carica papaya* L.

ABSTRACT

The state of Oaxaca is the main producer of papaya nationwide, and the Oaxaca Coast, the main producing region for the state. Papaya cultivation is frequently affected by various pests and diseases that occur throughout different phenological stages of the crop, including postharvest. This document provides an analysis of the phytosanitary conditions of papaya cultivation on the coast region of Oaxaca. Among the most economically important pests are phytophagous mites such as *Tetranychus urticae* and *Eotetranychus lewisi*, as well as insects, including whiteflies (*Aleurotrixus* sp., and *Trialeurodes* spp.) and aphids (*Aphis* spp., and *Myzus persicae*); root damage caused by root-knot nematodes (*Meloidogyne*) and wireworms (*Agriotes* sp.). Major diseases affecting papaya, include those caused by fungi and oomycetes, such as root rots (*Phytophthora*, *Fusarium* and *Pythium*) and flower and fruit rots (*Colletotrichum* spp., *Asperisporium* spp., and *Phytophthora*); *Papaya ringspot virus* PRSV-P and bacterial rots caused by *Erwinia papayae* and *Pseudomonas* spp. Phytoplasmas from groups 16SrI (subgroup AF), 16SrX, and 16SrXIII, as well as rickettsia-like organisms associated with “Bunchy Top” disease, may pose a threat to the crop. Given the high diversity and prevalence of pests and diseases in papaya cultivation in the coast region of Oaxaca, further diagnostic studies and the development of integrated pest and disease management strategies are deemed necessary.

KEY WORDS

Mites, insects, fungi, viruses, *Carica papaya* L.

Introducción

La papaya (*Carica papaya* L.) pertenece a la familia Caricaceae, es un cultivo tropical y subtropical. El fruto es altamente consumido por su alto contenido nutricional y compuestos bioactivos (Jiao *et al.*, 2023). La papaya es el tercer cultivo tropical más cultivado en todo el mundo, siendo México el principal exportador de esta fruta (Chávez-Pesqueira & Núñez-Farfán, 2017). A nivel nacional, de acuerdo a la SIAP (2023), se produjeron 1,148,545.61 t; siendo el estado de Oaxaca el principal productor (318,322.69 t), seguido de Colima (204,924.25 t), Chiapas (160,251.56 t), Michoacán (122,420.73 t) y Veracruz (121,627.57 t). Por otro lado, en la Costa de Oaxaca (15°51'43"N 97°04'02"O) se genera el 95 % de la producción total de papaya para el estado de Oaxaca, lo cual origina una gran derrama económica para el estado (Alfaro *et al.*, 2023; SIAP, 2023). Se considera que, en esta región se producen las papayas de mejor calidad a nivel nacional y las más buscadas para exportación hacia los Estados Unidos de América.

Debido a los requisitos ambientales del cultivo, incluida la alta humedad y temperatura, la papaya es particularmente susceptible a diversas plagas y enfermedades (Ventura *et al.*, 2004). Dentro de las principales plagas que lo afectan, se encuentran los ácaros, principalmente el ácaro cristalino o araña cristalina en estados inmaduros *Eotetranychus lewisi* y el ácaro rojo o arañita roja *Tetranychus*

urticae (Ovando-Cruz *et al.*, 2007; Otero-Colina, 2016), presentándose con mayor incidencia durante las épocas de calor. Otra plaga de importancia económica, son las moscas blancas; siendo las de mayor relevancia, *Aleurotrixus* sp., (Otero-Colina *et al.*, 2016), *Trialeurodes* spp. (Culik & Martins, 2004; Ortega-Arenas & Ruiz, 2020) y *Bemisia tabaci* (Guo *et al.*, 2015), estas dos últimas las de mayor relevancia por su capacidad de transmitir virus. Otros insectos vectores de fitopatógenos en el cultivo de papaya, son los áfidos o pulgones como *Aphis* spp., y *Myzus persicae* (Rivera-Engracia, 2023) que pueden ser vectores del *Papaya ringspot virus* (PRSV-P) y la chicharrita del papayo (*Empoasca* sp.), la cual puede transmitir virus y fitoplasmas (Pérez *et al.*, 2010; Acosta *et al.*, 2017; García-Cámara *et al.*, 2019).

Los nematodos fitopatógenos representan una grave amenaza para el cultivo de papaya; se ha encontrado la presencia de especies de *Meloidogyne* en huertas de papaya en el estado de Morelos, Michoacán y Colima (Cid del Prado *et al.*, 2001). Por otra parte, Martínez-Gallardo *et al.* (2014) reportaron otros géneros asociados al cultivo, *Aphelenchus*, *Ditylenchus*, *Helicotylenchus*, *Paratylenchus*, *Pratylenchus*, *Rotylenchulus*, *Rotylenchus*, *Trophurus*, *Tylenchorrhynchus* y *Tylenchus*. Además de los nematodos como plagas de la raíz, el cultivo de papaya también puede ser susceptible al ataque del gusano de alambre o alfiler (*Agriotes* sp.), el cual se alimenta de las raíces de las plantas y puede permitir la entrada de microorganismos fitopatógenos presentes en el suelo a través de las heridas que ocasiona (Ovando-Cruz *et al.*, 2007).

Las enfermedades ocasionadas por hongos y oomicetos representan uno de los principales desafíos en la producción de papaya. Una de las enfermedades fúngicas más devastadoras, es la antracnosis causada por *Colletotrichum* spp. (Zakaria, 2021), principalmente en frutos en postcosecha. Las pudriciones de raíz, tallo y fruto causadas por *Phytophthora* (Nelson, 2008), la podredumbre apical o pudrición del pedúnculo de la papaya causada por el hongo *Lasiodiplodia* spp. (Wang *et al.*, 2007; Netto *et al.*, 2014), las pudriciones en hoja por *Asperisporium* sp. (Shetty *et al.*, 2021) y *Corynespora cassiicola* (Vawdrey *et al.*, 2008) también pueden afectar gravemente la producción de papaya. El virus de la mancha anular del papayo PRSV-P o el chino de la papaya, es una de las enfermedades virales de mayor importancia económica a nivel mundial (Castro *et al.*, 2004), esta enfermedad causa afectaciones en tejido foliar y daños en la calidad del fruto. En condiciones de alta humedad relativa, la papaya puede ser muy susceptible al ataque por bacterias; en este sentido, se ha reportado a *Erwinia papayae* y *Pseudomonas* spp., como las principales especies patogénicas de la papaya (Gardan *et al.*, 2004). Recientemente, se reportaron fitoplasmas de los grupos 16SrI (subgrupo AF), 16SrX y 16SrXIII en plantas de papaya con la enfermedad del Bunchy Top (Valadez-Ramírez *et al.*, 2024), asimismo, se ha reportado a *Rickettsia bellii* asociada a esta enfermedad (Valadez-Ramírez *et al.*, 2025).

Dada la gran diversidad de plagas y enfermedades, el potencial de adaptación de los fitopatógenos a las variaciones climáticas actuales, el surgimiento de nuevas razas más agresivas, así como la dispersión de forma natural o mediante prácticas humanas, la producción de papaya se ha visto gravemente afectada en los últimos años en la Costa de Oaxaca (Ramos *et al.*, 2007). De acuerdo al SIAP, desde el año 2017 la producción de papaya en Oaxaca ha ido en aumento hasta el año 2022, siendo que, para el año 2023 se observó una caída en la producción, yendo de las

350,195 t producidas en el año 2022 a las 301,009 t producidas en el 2023, lo que representó una disminución de la producción de 49,186 t.

Actualmente, solo existe un documento sobre la producción de papaya en la Costa de Oaxaca (Ovando-Cruz *et al.*, 2007). Por lo que, la presente investigación brinda un análisis sobre la situación actual del conocimiento de las plagas y enfermedades asociadas al cultivo de papaya en la región antes mencionada.

Discusión

Condiciones del cultivo de papaya

La planta de papaya es una especie de origen mesoamericano, con una distribución en la mayor parte de las regiones tropicales y subtropicales. El cultivo de papaya pertenece a la familia Caricaceae, la cual está formada por seis géneros y 35 especies, los géneros pertenecientes a esta familia son: *Carica* (1 especie), *Jarilla* (3 especies), *Horovitzia* (1 especie), *Jacaratia* (7 especies), *Vasconcellea* (21 especies) y *Cylicomorpha* (2 especies) (Fuentes & Santamaría, 2013). El cultivo de papaya se establece principalmente en regiones con temperaturas medias óptimas entre 24 y 30 °C, a una altitud máxima de 400 msnm. Se requieren suelos francos, fértiles y profundos con humedad constante, pH entre 6 y 7.5, con una pluviometría media de 1,800 mm anuales. Este cultivo, es altamente susceptible a inundaciones, no tolera periodos mayores a 48 h con el suelo saturado de humedad (Ovando-Cruz *et al.*, 2007). Dada las condiciones climáticas que demanda el cultivo de papaya como alta humedad y temperatura, estas también favorecen el desarrollo de insectos, ácaros, nematodos, hongos, oomicetos, virus y bacterias.

Producción de papaya

El cultivo de *C. papaya* es una actividad de gran rentabilidad e importancia social a nivel mundial, dado que, es la tercera fruta tropical más consumida (Alfaro *et al.*, 2023). Su gran consumo en fresco se debe a su alto valor nutritivo y digestivo (Aguilar-Carpio *et al.*, 2019). Este cultivo se establece principalmente en zonas tropicales y subtropicales. Los principales países productores de papaya son: India (5,341,000 t año⁻¹), República Dominicana (1,281,726 t año⁻¹), México (1,139,121 t año⁻¹), Brasil (1,107,761 t año⁻¹) e Indonesia (1,089,578 t año⁻¹) (FAOSTAT, 2022). México es el principal exportador de papaya en el mundo (Aguilar-Carpio *et al.*, 2019). A nivel nacional, los principales estados productores de papaya son: Oaxaca (318,322.69 t año⁻¹), Colima (204,924.25 t año⁻¹), Chiapas (160,251.56 t año⁻¹), Michoacán (122,420.73 t año⁻¹) y Veracruz (121,627.57 t año⁻¹). El estado de Oaxaca es el principal productor de papaya a nivel nacional y la región Costa la principal zona productora para el estado (Alfaro *et al.*, 2023; SIAP, 2023).

En la Costa de Oaxaca se siembran alrededor de 2,680.50 ha de papaya, con un rendimiento de 112.85 a 116.53 t ha⁻¹ y una producción anual de 301,009 t (Alfaro *et al.*, 2023; SIAP, 2023). No obstante, en los últimos años la producción se ha visto afectada por distintas plagas y enfermedades. En el año 2023 se registró una caída en la producción del 14% con respecto a la reportada en el año 2022 (Figura 1).

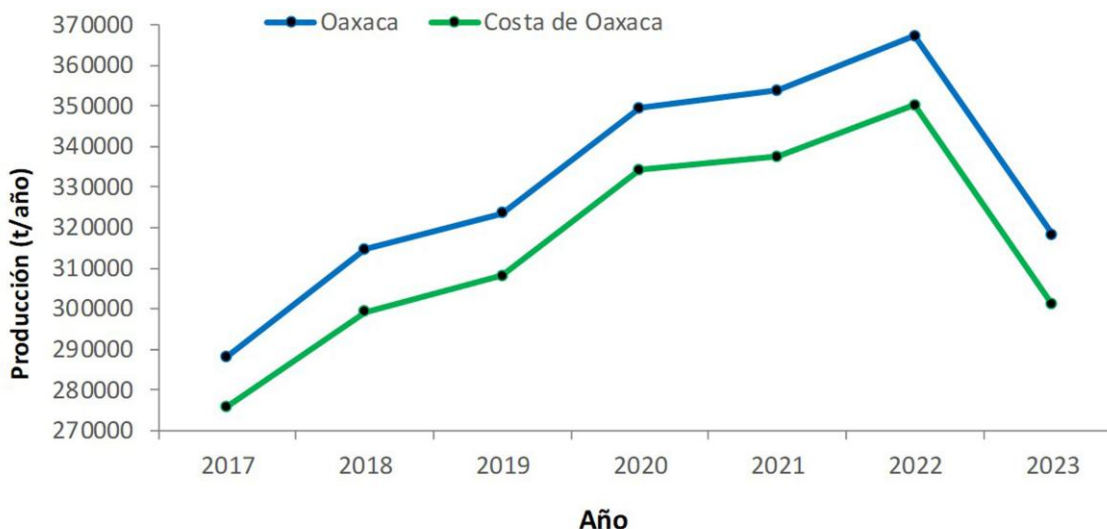


Figura 1. Producción de papaya en el estado de Oaxaca y la Costa de Oaxaca ciclo 2017-2023. SIAP, 2023

Principales plagas y enfermedades que afectan al cultivo de papaya

Daños por ácaros

El cultivo de papaya puede verse afectado por una gran diversidad de ácaros fitófagos (Abato-Zárate *et al.*, 2014). Los principales ácaros reportados en *C. papaya* L. en México son: *Tetranychus urticae*, *T. merganser*, *Eutetranychus banksi*, *Calacarus citrifolii*, *Eotetranychus lewisi* y *Polyphagotarsonemus latus* (Valencia, 2011; Reyes-Pérez *et al.*, 2013; Abato-Zárate *et al.*, 2014; Otero-Colina, 2016). Productores de papaya de la Costa de Oaxaca han reportado fuertes daños por la araña cristalina, principalmente durante la etapa de floración y épocas de calor, no obstante, no se ha realizado ningún reporte científico de la acarofauna asociada al cultivo en la región. Los ácaros fitófagos se alimentan de las hojas, lo que reduce la fotosíntesis y la transpiración. Este estrés fisiológico afecta negativamente el crecimiento de las plantas, el desarrollo de los frutos y el rendimiento (Abato-Zárate *et al.*, 2014; Otero-Colina, 2016) (Figura 2). El control de ácaros se puede realizar mediante la aplicación de acaricidas químicos como el clofentezine, abamectina, óxido de fembutatín, hexitiazox y aceites vegetales (ej. semilla de soja) (Reyes-Pérez *et al.*, 2015). Dado que las arvenses presentes en los cultivos de papaya pueden ser reservorios de ácaros, es necesario hacer un buen control de malezas. El control biológico mediante ácaros depredadores es una alternativa de manejo, se han utilizado algunas especies como: *Neoseiulus idaeus*, *Euseius hibisci* y *Galendromus helveolus*, *Phytoseiulus persimilis*, entre otros (Abato-Zárate *et al.*, 2012; Mena *et al.*, 2020). Los hongos entomopatógenos como *Paecilomyces fumosoroseus*, *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* también representan una alternativa viable para el

manejo de ácaros fitófagos (Shi & Feng, 2004; El-Sharabasy, 2015; Herrera-Palacios *et al.*, 2018).

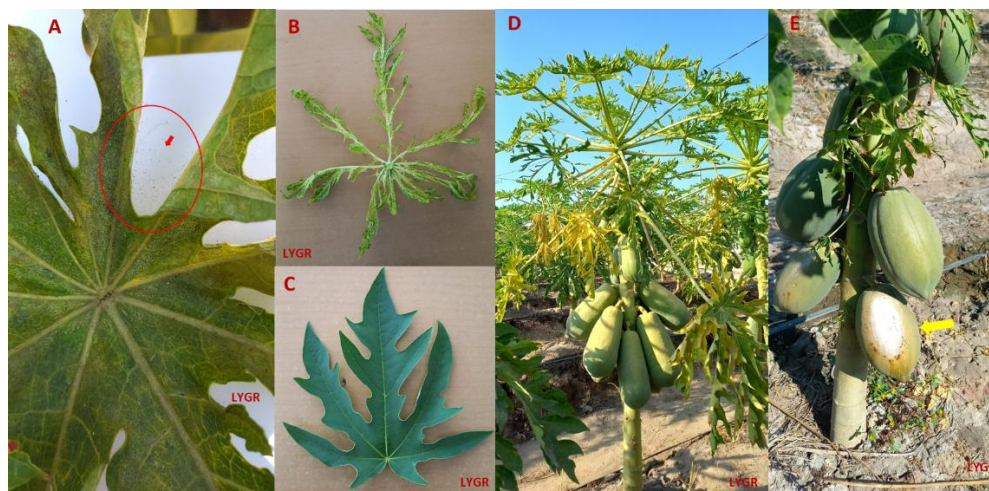


Figura 2. Síntomas de daños por ácaros en hojas de *Carica papaya* L., en la Costa de Oaxaca. A) Araña roja en hojas de papaya (círculo y flecha de color rojo indican la presencia de individuos de araña roja y telaraña), B) hoja de papaya dañada por araña cristalina, C) hoja de papaya sin daños por ácaros, D) reducción del área foliar en papaya causado por araña cristalina y E) daño en fruto de papaya (flecha amarilla) por quemadura de sol.

Moscas blancas

Las moscas blancas (Hemiptera: Aleyrodidae) causan daños a las plantas a través de la alimentación directa y la transmisión de virus fitopatógenos (Ortega-Arenas & Ruiz, 2020). Los principales virus que transmiten son del grupo de los geminivirus, carlavirus, clostovirus y potyvirus (Ortega-Arenas & Ruiz, 2020). Los géneros de mayor importancia asociados al cultivo de papaya son *Aleurotrixus* sp. (Otero-Colina *et al.*, 2016), *Trialeurodes* spp. (Culik & Martins, 2004; Ortega-Arenas & Ruiz, 2020) y *Bemisia tabaci*, siendo estas dos últimas las de mayor relevancia por su capacidad de transmitir virus como el *Papaya meleira virus* (PMeV) (Abreu *et al.*, 2015) y el *Papaya leaf curl China virus* (PaLCuCNV) (Guo *et al.*, 2015).

Generalmente, la mayoría de las moscas blancas tienen hábitos polífagos, se considera que tienen más de 600 especies de plantas hospedantes tanto cultivadas como silvestres (Ortega-Arenas & Ruiz, 2020). Productores de papaya de la Costa de Oaxaca, han observado daños por moscas blancas durante todo el ciclo del cultivo, presentándose principalmente de noviembre a mayo. Las altas poblaciones de moscas blancas, excretan una gran cantidad de mielecilla en las hojas que propicia el desarrollo de enfermedades fúngicas como la fumagina, lo cual afecta el proceso de fotosíntesis de las plantas (Otero-Colina *et al.*, 2016). Para su control se realizan aspersiones al follaje con bifentrina, imidacloprid y flupiradifurona (Ovando-Cruz *et al.*, 2007; Sani *et al.*, 2020), así como el uso de hongos entomopatógenos de los géneros *Verticillium*, *Isaria* y *Aschersonia* y parasitoides como *Encarsia* y *Eretmocerus* (Sani *et al.*, 2020).

Pulgones o áfidos

Los áfidos (Hemiptera: Aphidoidea), también llamados comúnmente “pulgones” en México, causan fuertes daños en la agricultura a nivel mundial, principalmente por ser vectores de virus fitopatógenos (Guillén-Sánchez *et al.*, 2018). Se han descrito alrededor de 4, 700 especies de áfidos en el mundo, de las cuales 202 se encuentran en México y 53 son las de mayor importancia económica en la agricultura en el país (Santiago *et al.*, 2023). En papaya, su mayor relevancia es debido a que son vectores del virus de la mancha anular de la papaya. Martins *et al.* (2016) señalan que se han reportado 21 especies de áfidos como vectores del PRSV-P, siendo *Aphis gossypii*, *A. coreopsidis*, *Myzus persicae* y *Toxoptera citricidus* las especies que han demostrado tener la mayor capacidad de transmitir al virus. Para su control, se recomienda el uso de trampas pegantes de color amarillo, principalmente para el monitoreo de la plaga (Bravo-Portocarrero *et al.*, 2020), uso de enemigos naturales como parasitoides (*Aphelinus* spp.) y depredadores (*Chrysoperla carnea*), empleo de hongos entomopatógenos (*Lecanicillium lecanii*, *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana*) (Vu *et al.*, 2007; Cruz, 2015). Para el control químico, de acuerdo a Kalleshwaraswamy *et al.* (2012) y Osorio-Acosta *et al.* (2016) el imidacloprid y la deltametrina, pueden ocasionar una mortalidad hasta del 100% de los pulgones, mientras que el pymetrozine tiene el potencial de prevenir la transmisión del virus en las plantas. Otras alternativas de control, es el uso de extractos vegetales de ruda (*Ruta graveolens*), cebolla (*Allium cepa*), flor de muerto (*Tagetes* sp.), menta (*Mentha pulegium*) (Vélez-Ruiz *et al.*, 2022) y aceite de neem (*Azadirachta indica*) (Kalleshwaraswamy *et al.*, 2012).

Chicharrita del papayo (*Empoasca* sp.)

Es un insecto perteneciente a la familia Cicadellidae, comúnmente llamados cicadélidos, salta hojas o chicharritas (Arroyo *et al.*, 2015). Es un insecto que se alimenta de la savia de las hojas dejando pequeñas manchas amarillentas en el área de la cual se alimenta. Se ha detectado que las chicharritas pueden ser vectores de fitoplasmas y virus en plantas de papaya. *Empoasca papayae* puede transmitir fitoplasmas y rickettsias causantes de la enfermedad del Bunchy Top (cogollo arrellado) (Pérez *et al.*, 2010; Acosta *et al.*, 2017) y es un vector del virus *Papaya meleira virus*-variante mexicana (García-Cámara *et al.*, 2019). Para su control, actualmente se han evaluado algunos productos biorracionales como extractos vegetales de *Azadirachta indica*, *Allium sativum*, *Phytolacca* spp., *Syzygium aromaticum*, *Spartina* spp., y *Cymbopogon* spp. (Pérez-Cacho *et al.*, 2021). Para su control químico se utiliza imidacloprid, thiamethoxám, bifentrina, deltametrina, cypermetrina, entre otros (Pimentel, 2002), los cuales han mostrado buen control de la plaga.

Daños por nematodos en papaya

Los nematodos fitoparásitos causan pérdidas económicas considerables en la agricultura a nivel mundial, las cuales ascienden a más de \$ 157 mil millones de dólares anuales (Lilley *et al.*, 2024). En México, se han reportado daños por nematodos fitopatógenos en cultivos de frutales y hortalizas (Cid del Prado *et al.*, 2001; Martínez-Gallardo *et al.*, 2014). En cultivos de papaya, se ha reportado la

presencia de especies de *Meloidogyne* en el estado de Morelos, Michoacán y Colima (Cid del Prado *et al.*, 2001). Martínez-Gallardo *et al.* (2014) reportaron otros géneros asociados al cultivo como: *Aphelenchus*, *Ditylenchus*, *Helicotylenchus*, *Paratylenchus*, *Pratylenchus*, *Rotylenchulus*, *Rotylenchus*, *Trophurus*, *Tylenchorrhynchus* y *Tylenchus*. Los principales síntomas observados en plantas de papaya infectadas por nematodos son: el retraso en el crecimiento de las plantas, clorosis en hojas y plantas inclinadas o incluso arrancadas de raíz debido al daño de los nematodos o por hongos que entran por las heridas ocasionadas por estos fitopatógenos (Gaviláñez, 2024). Para el caso de la presencia de especies pertenecientes al género *Meloidogyne* sp., y *Rotylenchus* sp., se puede observar la presencia de agallas y necrosis en las raíces (Peraza-Padilla, 2021; Gaviláñez, 2024). El control de nematodos se hace mediante nematicidas químicos como fluopyram y fluazaindolizine (Schleker *et al.*, 2022), técnicas culturales como la solarización e inundación de las parcelas previo al establecimiento del cultivo, variedades resistentes y control biológico a través de microorganismos antagonistas a nematodos como *Pochonia chlamydosporia* (Coutinho *et al.*, 2009) y extractos vegetales (Andrés, 2002).

Gusano de alambre o alfiler (*Agriotes* spp.)

Se considera que *Agriotes* spp., pertenece la familia Elateridae, se encuentra presente en México en todas las áreas sembradas con cultivos hospederos (DGSV-CNRF, 2020). Los daños son causados por el estadio larvario del escarabajo. Estos insectos generalmente son de ciclos de vida largos, de 2 a 5 años dependiendo de las condiciones ambientales (Zurita-García *et al.*, 2014). Se ha reportado que cada hembra adulta pone de 75 a 100 huevos en la capa superficial del suelo. Una vez que los huevos eclosionan, las larvas comienzan a buscar semillas y raíces para alimentarse, considerando que los gusanos de alambre necesitan varios años para completar su ciclo de desarrollo y alcanzar la etapa adulta (escarabajo), muchos campos infestados pueden presentar altas poblaciones larvarias con distintas etapas de desarrollo y con varias especies juntas si no se lleva a cabo un buen control (DGSV-CNRF, 2020; Furlan *et al.*, 2021). Se considera que las larvas se alimentan principalmente de gramíneas como el maíz, no obstante, en algunos casos pueden ser la principal plaga en cultivos de papaya (Ovando-Cruz *et al.*, 2007; DGSV-CNRF, 2020). Los cambios recientes en la distribución de las poblaciones de gusanos de alambre y la disponibilidad de insecticidas efectivos para controlarlos, han llevado a la búsqueda de alternativas de manejo de esta plaga, como es el control biológico a través de hongos entomopatógenos (*Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopli*) (Ritter & Richter, 2013) y nematodos entomopatógenos (*Steinernema* spp. y *Heterorhabditis* spp.) (Morton & García-del-Pino, 2017; Ögretmen *et al.*, 2020; Kabaluk *et al.*, 2024). Para el control químico del gusano de alambre, se ha utilizado clorpirifos, bifentrina, imidacloprid entre otros compuestos activos (Van Herk *et al.*, 2015).

Antracnosis (*Colletotrichum* spp.)

La antracnosis, es una enfermedad causada por el hongo *Colletotrichum* spp., la cual puede afectar una amplia diversidad de huéspedes como legumbres, cereales, hortalizas y frutales (Torres-Calzada *et al.*, 2013). La papaya, es uno de los cultivos más afectados por la antracnosis, la enfermedad se puede presentar tanto en plantas

en producción como en frutos en postcosecha (Figura 3) (García-Mateos *et al.*, 2021). Se considera que la antracnosis puede llegar a ocasionar pérdidas por más del 50% en el cultivo (Torres-Calzada *et al.*, 2013). En México, se ha demostrado que esta enfermedad en papaya es causada por *C. gloeosporioides* y *C. capsici*. Recientemente, se reportó la presencia de *Colletotrichum brevisporum* causante de la enfermedad de antracnosis en frutos de papaya var. Maradol cultivados en la Costa de Oaxaca (Pacheco-Steva *et al.*, 2023). El manejo de la enfermedad se realiza principalmente mediante el uso de fungicidas químicos como clorotalonil, azoxystrobin, mancozeb, thiabendazol, prochloraz, etc., (Santamaría-Basulto *et al.*, 2011).

Se han evaluado productos biológicos para el manejo de la enfermedad en floración y en postcosecha, extractos vegetales (García-Mateos *et al.*, 2021) y microorganismos antagonistas como *Trichoderma* spp., y *Bacillus* spp., (Valenzuela *et al.*, 2015; Nigro *et al.*, 2018), los cuales pueden actuar por antibiosis, competencia y micoparasitismo (Aquino-Martínez *et al.*, 2008; Helal & Shamsi, 2019). Se ha reportado que, *Trichoderma viride* (Valenzuela *et al.*, 2015) y *Penicillium rolfsii* (Lv *et al.*, 2024) disminuyen la infección y colonización por *C. gloeosporioides* en frutos de papaya en postcosecha. García-Mateos *et al.* (2021) observaron que el extracto metanólico de *Phytolacca icosandra* mostró una efectividad biológica del 60-70% contra la antracnosis en etapa de floración en papaya y 71.4% en frutos postcosecha.

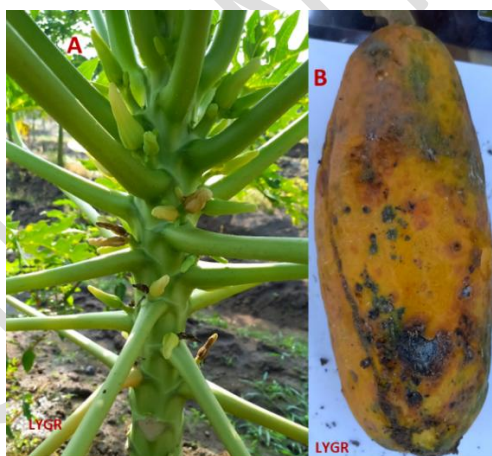


Figura 3. Síntomas asociados a la antracnosis en *Carica papaya* L., en la Costa de Oaxaca. A) Pudriciones en flor. B) Pudrición del fruto, mostrando lesiones hundidas y húmedas.

Pudriciones de raíz, tallo y fruto por *Phytophthora* spp.

El género *Phytophthora* es capaz de infectar todas las partes de la planta de papayo, causando pudriciones en raíz, tallo y fruto, además de causar tizón en las hojas y marchitamiento en plántulas (Nelson, 2008). Las principales especies detectadas en papaya son *P. palmivora* (Sukhada *et al.*, 2011; Rodríguez-Alvarado *et al.*, 2020), *P. parasitica* (Hunter & Buddenhagen, 1969) y *P. nicotianae* (Roberts & Trujillo, 1998). *Phytophthora* se presenta más en época de lluvias (Sukhada, 2011). Los síntomas de la enfermedad en frutos jóvenes, son lesiones con abundante

humedad, exudan látex lechoso, eventualmente pueden llegar a momificarse y caerse, mientras que, en frutos maduros, al inicio de la enfermedad se presentan lesiones húmedas, pequeñas y circulares. Se pueden llegar a observar lesiones grandes, estas inician en la base del fruto que se encuentra en contacto con el tallo, están cubiertas de micelio de color blanco y masas de esporangios de *Phytophthora*, posteriormente, las frutas tienden a podrirse y caer prematuramente. Los tallos pueden presentar canchales, lo que hace que las plantas se vuelvan más susceptibles al viento o carga de la fruta (Nelson, 2008). Las raíces de plantas de menos de 3 meses de edad, en suelos mal drenados pueden ser más susceptibles a pudriciones por *Phytophthora*, estas se vuelven oscuras y comienzan a podrirse, lo que provoca un retraso en el crecimiento de la planta, las hojas se amarillan y colapsan (Roberts & Trujillo, 1998; Nelson, 2008). En infecciones severas, las plantas mueren y tienden a caerse por la carga de los frutos, las plantas con raíces podridas se vuelven más susceptibles a la sequía (Nelson, 2008).

En la Costa de Oaxaca se han observado frutos de papaya con síntomas típicos de *Phytophthora*, no obstante, el patógeno no ha sido aislado para su identificación (Cruz-Vázquez *et al.*, 2016). Para su control, se recomienda eliminar los frutos contaminados, evitar el exceso de riego y tener buenos drenajes del suelo en las huertas. Como control químico y preventivo, se realizan aplicaciones de fosfitos de potasio y silicio, como productos curativos se utiliza metalaxil, metiram + piraclostrobin, clortalonil entre otros (Vawdrey *et al.*, 2015).

Pudrición del pedúnculo (*Lasiodiplodia* spp.)

La podredumbre apical o pudrición del pedúnculo de la papaya es causada por el hongo *Lasiodiplodia* spp., es una enfermedad altamente devastadora (Wang *et al.*, 2007; Netto *et al.*, 2014), puede presentarse durante el desarrollo del fruto y después de la cosecha, lo que ocasiona grandes pérdidas en la producción. La alta incidencia de la enfermedad en el fruto en precosecha puede estar influenciada por las altas precipitaciones, temperatura mayor a 30 °C, estrés hídrico y bajos niveles de nutrición de la planta (Netto *et al.*, 2014; Chen *et al.*, 2020). Los síntomas de la enfermedad, generalmente comienzan con pudriciones en el pedúnculo de la papaya y avanzan a lo largo de todo el fruto. En postcosecha, la enfermedad se presenta en la región del extremo cortado del pedúnculo afectando la parte basal del fruto (Netto *et al.*, 2014). Las lesiones iniciales causadas por *L. theobromae* son difusas, acuosas y presentan una superficie arrugada debido a la erupción de los picnidios alrededor del pedúnculo. En algunos casos puede aparecer micelio superficial alrededor del pedúnculo, así como un exudado acuoso de color café (Picos-Muñoz *et al.*, 2015). Para el control biológico de *L. theobromae* en papaya, se han evaluado microorganismos como *Bacillus subtilis* Y1336, *Streptomyces candidus* Y21007-2 y *Trichoderma* spp., los cuales han mostrado ser una alternativa de manejo de la enfermedad (Wang *et al.*, 2007; Bedine *et al.*, 2022), el control químico se realiza mediante fungicidas como el tebuconazol, tiabendazol, procloraz e imazalil (da Silva *et al.*, 2012).

Mancha o peca negra (*Asperisporium caricae*)

Entre las enfermedades emergentes de la papaya, la mancha negra causada por *A. caricae* es la más letal; la cual fue detectada en hojas y frutos de papaya por

primera vez en 1992 en Sri Lanka (Adikaram, & Wijepala, 1995). La enfermedad se presenta con mayor intensidad en condiciones de temperaturas entre 23 a 27 °C y altas precipitaciones o riego por aspersión (Shetty *et al.*, 2021). El síntoma principal de la enfermedad, es la presencia de manchas negras irregulares en la superficie abaxial de las hojas, generalmente los síntomas comienzan en las hojas más viejas y posteriormente se extienden a las hojas más jóvenes. Los frutos también pueden presentar síntomas, aunque generalmente la cantidad de manchas negras es menor que en el follaje. En el haz de la hoja, al inicio de la enfermedad las lesiones pueden ser redondas o un poco angulares, de color marrón claro con un halo amarillo, márgenes oscuros y abundante humedad (Shetty *et al.*, 2021), posteriormente, las lesiones se vuelven necróticas y adquieren un color blanco grisáceo o manchas secas de color beige (Shantamma *et al.*, 2018; Ventura *et al.*, 2004), las lesiones tanto en hojas como en frutos, pueden estar cubiertas con masas de esporas negras bicelulares del hongo, que aparecen como puntos oscuros, estas pústulas pueden llegar a cubrir toda la lesión (Shetty *et al.*, 2021). Estas lesiones provocan la reducción del área fotosintética afectando el valor comercial de los frutos, además de causar senescencia foliar y defoliación de las plantas (Ventura *et al.*, 2004; Gabrekiristos & Dagnew, 2020; Shetty *et al.*, 2021).

Para el manejo de la enfermedad, se recomienda la aplicación de fertilizantes y micronutrientes utilizando análisis de suelo, tratamiento de inmersión de plántulas y aspersión foliar de *Trichoderma viride* (5 g L⁻¹), aspersiones con mancozeb, difenoconazol, clorotalonil o propiconazol y hexaconazol (Shetty *et al.*, 2021).

Virus de la mancha anular de la papaya

Se han reportado que los principales virus que afectan al cultivo de papaya son: el *Papaya leaf distortion mosaic virus* (PLD-MV), *Papaya lethal yellowing virus* (PLYV), *Papaya mosaic virus* (PapMV), PMeV y el *Papaya ringspot virus* (PRSV-P) (Abreu *et al.*, 2015). Se considera que la enfermedad de la mancha anular de la papaya, es una de las de mayor importancia económica para el cultivo (Castro *et al.*, 2004). Esta enfermedad es causada por el PRSV-P, el cual puede ser transmitido en forma no persistente por más de 21 especies de áfidos, incluyendo a *Aphis gossypii*, *A. spiraecola*, *A. nerii*, *Myzus persicae* y *Macrosiphum euphorbiae* (Castro *et al.*, 2004; Cortez-Madrigal & Mora-Aguilera, 2008). El PRSV-P está clasificado dentro de la familia Potyviridae, género *Potyvirus*. Los síntomas ocasionados por el virus son los mosaicos, clorosis, distorsión en las hojas y manchas en forma de anillo en el fruto (Figura 4). Se considera que el PRSV-P, puede ocasionar pérdidas del 50 al 90% en el cultivo y 30 al 40% en frutos en postcosecha (Bermúdez-Guzmán *et al.*, 2018). Hay reportes del PRSV-P afectando al cultivo de papaya en la Costa de Oaxaca (Noa-Carrazana *et al.*, 2006), siendo la variedad Maradol, la más cultivada y afectada por este patógeno. Como alternativas de control del patógeno, se ha implementado el uso del control biológico y químico del vector, mediante barreras naturales de maíz (*Zea mays*), sorgo (*Sorghum* spp.) y jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) (Rivas-Valencia *et al.*, 2008; Mederos *et al.*, 2013), uso de trampas amarillas pegajosas (Cortez-Madrigal & Mora-Aguilera, 2008; Osorio-Acosta *et al.*, 2016), variedades resistentes al virus (Ordaz-Pérez *et al.*, 2017), manejo de malezas, eliminación de plantas enfermas y manejo de viveros con mallas antiáfidos (Mederos *et al.*, 2011).



Figura 4. Síntomas típicos del virus de la mancha anular del papayo en la Costa de Oaxaca. A) Síntoma del chino o arripollado en hojas y brotes. B) Frutos de papaya con manchas anulares.

Meleira o enfermedad pegajosa de la papaya

El *Papaya meleira virus* (PMeV), es el agente causal de la meleira o enfermedad pegajosa de la papaya. Existen reportes del PMeV en huertas de papaya de la Costa de Oaxaca (Perez-Brito *et al.*, 2012), actualmente, la incidencia de la enfermedad en la región es baja, se considera necesario hacer una descripción de la enfermedad en el presente trabajo, dado que existe el riesgo de mayores incidencias en los próximos años. Este virus puede ocasionar pérdidas considerables de rendimiento en los cultivos de papaya en períodos de tiempo relativamente cortos. En Brasil, la incidencia de la enfermedad puede alcanzar el 100% y causar pérdidas totales de rendimiento en huertas de papaya (Abreu *et al.*, 2015). A la fecha, solo se ha reportado que este virus puede ser transmitido por semilla (Tapia-Tussell *et al.*, 2015), transmisión mecánica a través del latex contaminado mediante prácticas agrícolas, por el cicadélido *Empoasca papayae* (García-Cámara *et al.*, 2019) y moscas blancas (Abreu *et al.*, 2015). Los principales síntomas de la enfermedad son: la exudación espontánea de látex fluido y translúcido de la fruta y la posterior oxidación de este látex en la superficie del fruto de papaya, lo que afecta de manera cualitativa a los frutos para la comercialización (Tapia-Tussell *et al.*, 2015, Magaña-Álvarez *et al.*, 2016). Actualmente, no existe control químico o genético de la enfermedad, la única alternativa son las prácticas culturales, las cuales han resultado ser efectivas (Ventura *et al.*, 2004), utilizar material vegetal de propagación libre del patógeno, establecer huertas alejadas de parcelas con plantas enfermas, eliminación de plantas con síntomas de la enfermedad, buen control de plagas y malezas que pueden ser hospedantes del patógeno, desinfestación de las herramientas utilizadas en prácticas culturales y de cosecha, reducir al máximo la cantidad de heridas en plantas durante el manejo del cultivo (Abreu *et al.*, 2015).

Bacterias y fitoplasmas

En época de lluvias puede ocurrir alta incidencia de bacterias como *Erwinia* spp., y *Pseudomonas* spp. Gardan *et al.* (2004) describieron por primera vez a *E. papayae*

como el agente causal del cancro bacteriano de la papaya. Los síntomas de la enfermedad son lesiones y manchas aceitosas y acuosas en las hojas que posteriormente se vuelven angulares, presencia de canchros firmes y acuosos que pueden provocar el derribo de las plantas. Se han identificado otras especies del género *Erwinia* infectando plantas de papaya como *E. psidii* (Chai *et al.*, 2017) y *E. mallotivora*, las cuales producen la muerte regresiva de la papaya, los síntomas típicos de la enfermedad son lesiones grasosas y acuosas en los tallos, manchas marrones en las hojas, sin evidencia de canchros en los tallos. También se ha reportado la presencia de *Pseudomonas syringae* pv. *tabaci* causando manchas foliares en plántulas de papaya (Beriam *et al.*, 2006).

Por otro lado, la enfermedad del “Bunchy Top” la cual puede estar asociada a la presencia de fitoplasmas, rickettsias o virus, puede afectar significativamente la producción de papaya (Arocha *et al.*, 2009; Valadez-Ramírez *et al.*, 2024). En las plantas afectadas por la enfermedad, se observa el acortamiento de entrenudos, lo cual origina el arrepollamiento de las hojas apicales, además, se puede presentar clorosis, amarillamiento, deformación o necrosis marginal de las hojas (Acosta *et al.*, 2013; Valadez-Ramírez *et al.*, 2024). Recientemente, se reportaron fitoplasmas de los grupos 16SrI (subgrupo AF), 16SrX y 16SrXIII y a *Rickettsia bellii* en plantas de papaya con síntomas de “Bunchy Top” en plantaciones comerciales en México (Valadez-Ramírez *et al.*, 2024; Valadez-Ramírez *et al.*, 2025). Se ha reportado que la chicharrita *Empoasca papayae* (Hemiptera: Cicadellidae), puede ser un vector simultáneo de fitoplasmas y rickettsias asociadas al síntoma del Bunchy Top (Acosta *et al.*, 2017).

Para el control de enfermedades bacterianas de la papaya, se ha estudiado el uso de microorganismos antagonistas. Mohd *et al.* (2019) observaron que la aplicación del consorcio bacteriano *Weissella cibaria* y *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* PPSSD39 redujeron significativamente la enfermedad de muerte regresiva de la papaya causada por *Erwinia mallotivora*. El uso de antibióticos como oxitetraciclina y la estreptomycinina, pueden ayudar al control de enfermedades bacterianas (Hanagasaki *et al.*, 2023). Dado que las malezas son un reservorio importante de inóculo de fitoplasmas y rickettsias, hacer un buen control de estas, así como de los insectos vectores (Hemiptera: Cicadellidae), podría ayudar a reducir la incidencia de enfermedades bacterianas en el cultivo de papaya (Arocha *et al.*, 2007).

Sanidad del cultivo de papaya en la Costa de Oaxaca

Los agricultores y asesores técnicos, durante el paso de los años han desarrollado capacidades para detectar plagas y enfermedades de las plantas con base en su experiencia. Se han reportado distintas plagas y enfermedades asociadas al cultivo de papaya en la Costa de Oaxaca, mediante comunicación personal de productores, asesores técnicos, foros regionales y folletos técnicos (Ovando-Cruz *et al.*, 2007). No obstante, son pocos los estudios en los que se ha realizado una identificación robusta y con rigor científico del agente causal de las enfermedades o daños asociados al cultivo (Tabla 1).

Tabla 1. Diagnósticos de fitopatógenos asociados al cultivo papaya en la Costa de Oaxaca.

Patógeno	Enfermedad	Síntomas	Referencia
<i>Gilbertella persicaria</i>	Pudrición blanda de la papaya	Frutos con lesiones de aspecto húmedo de aproximadamente 1 cm de diámetro, presencia de micelios blancos con presencia de esporangios, posteriormente se observa el desarrollo de abundantes micelios y esporangios de color marrón claro a oscuro y gris a negro.	Cruz-Lachica <i>et al.</i> (2017)
<i>C. brevisporum</i>	Antracnosis	Lesiones hundidas y empapadas de agua con masas de conidios de color salmón en la superficie del fruto de la papaya.	Pacheco-Esteva <i>et al.</i> (2023)
<i>C. chrysophilum</i>	Antracnosis	Lesiones pequeñas empapadas de agua en la superficie de la fruta, que luego se agrandaron a lesiones circulares hundidas con márgenes translúcidos de color marrón claro.	Pacheco-Esteva <i>et al.</i> (2022b)
<i>C. siamense</i>	Antracnosis	Lesiones necróticas hundidas en frutos.	Pacheco-Esteva <i>et al.</i> (2022a)
<i>C. fruticola</i>	Antracnosis	Frutos con pequeñas lesiones con bordes hundidos e irregulares y esporulación de color blanco a gris.	Marquez-Zequera <i>et al.</i> (2018)
<i>Papaya ringspot virus</i> (PRSV)	Virosis o el chino de la papaya	Amarillamiento de hojas nuevas y aspecto “arrepollado”, posteriormente se adelgazan (ahílan) y presentan moteados. Manchas de apariencia aceitosas alargadas en peciolo de hojas y tallos.	Noa-Carranza <i>et al.</i> (2006)
<i>Papaya meleira virus</i> (PMeV)	Meleira o “lloroso” de la papaya	Frutos con presencia de anillos o manchas con apariencia aceitosas en media luna, que posteriormente se vuelven de color gris o plateado. Exudación de látex por los frutos de manera espontánea o por heridas de mayor fluido en comparación con el látex lechoso típico encontrado en plantas sanas, éste se oxida volviéndose negro, siendo el síntoma más común de meleira. Necrosis en el ápice de las hojas jóvenes.	Perez-Brito <i>et al.</i> (2012)

A través de encuestas a productores de papaya, realizadas en la Costa de Oaxaca durante los años 2024-2025, se registró que, los acáros actualmente son la plaga de mayor relevancia económica en el cultivo, presentándose generalmente en épocas de calor y en cualquier etapa fenológica de las plantas. Con respecto a las enfermedades, dada las condiciones climáticas como alta humedad relativa y temperatura presentes en la región, las podredumbres causadas por hongos y oomicetos son problemas recurrentes a lo largo del ciclo del cultivo, además de una alta incidencia de la enfermedad regionalmente conocida como “el chino de la papaya”, la cual es causada por el PRSV-P. Se considera que las principales afectaciones causada por las plagas y enfermedades asociadas al cultivo de papaya

en la Costa de Oaxaca, es la baja producción, seguido de los aumentos en los costos de inversión y la baja calidad del fruto (Figura 5).

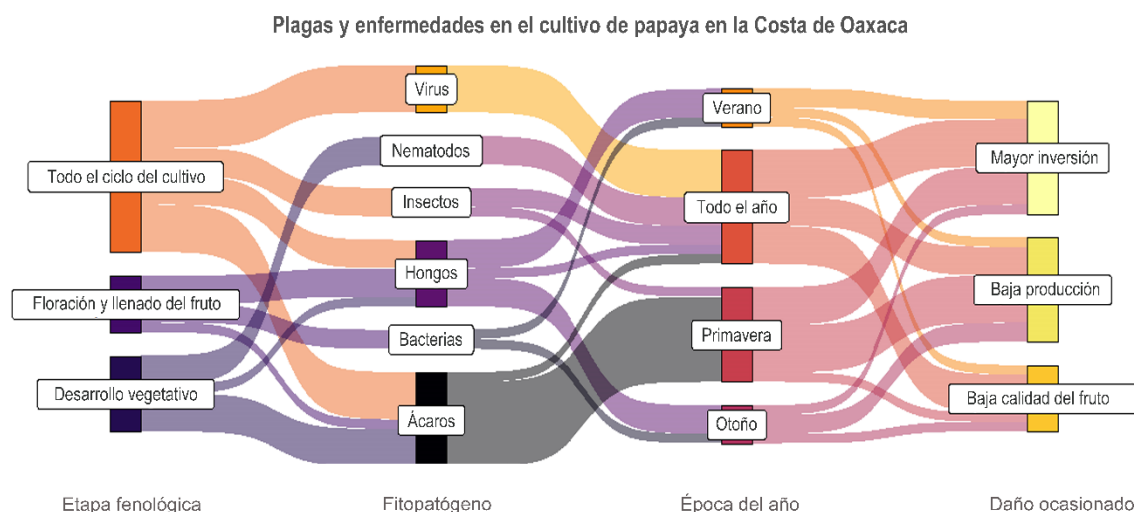


Figura 5. Análisis de la fitosanidad del cultivo de papaya en la Costa de Oaxaca.

Perspectivas y conclusiones

El cultivo de papaya en la Costa de Oaxaca, representa una actividad agrícola de gran importancia económica y social. Sin embargo, su productividad y calidad se ven seriamente amenazadas por la presencia de diversas plagas y enfermedades que afectan todas las etapas fenológicas del cultivo. Entre las plagas más relevantes se encuentra la araña roja (*Tetranychus urticae*) y la araña cristalina (*Eotetranychus lewisi*), moscas blancas (*Aleurotrixus* sp. y *Trialeurodes* spp.) y pulgones (*Aphis* spp. y *Myzus persicae*), mientras que, las enfermedades más perjudiciales, son las pudriciones de raíz causadas por *Phytophthora*, *Fusarium* y *Pythium* y pudriciones en flor y fruto causadas por *Colletotrichum* spp., *Asperisporium* spp., y *Phytophthora*; la virosis o chino de la papaya (*Papaya ringspot virus*) y pudriciones bacterianas causadas por *Erwinia papayae* y *Pseudomonas* spp., así como fitoplasmas y rickettsias asociadas al síntoma de "Bunchy Top".

El manejo integrado de plagas y enfermedades (IPDM) se presenta como la estrategia más efectiva y sostenible para hacer frente a estos desafíos. La combinación de prácticas culturales, control biológico, monitoreo y uso racional de productos químicos, permite reducir las pérdidas económicas, minimizar el impacto ambiental y prolongar la vida útil del cultivo.

Es indispensable fortalecer la capacitación de los productores, fomentar la investigación local sobre las dinámicas poblacionales de plagas y microorganismos fitopatógenos, y promover tecnologías apropiadas para las condiciones agroclimáticas de la Costa de Oaxaca. Solo a través de un enfoque integral y adaptado a la realidad regional, será posible garantizar la viabilidad y sostenibilidad del cultivo de papaya en esta importante zona productiva de México.

Contribución de los autores

Conceptualización del trabajo, LYGR; desarrollo de la metodología, LYGR, YCRR, OGB; manejo de software, LYGR, YCRR, OGB; escritura y preparación del manuscrito, LYGR, YCRR, OGB; redacción, revisión y edición, LYGR, YCRR, OGB. “Todos los autores de este manuscrito han leído y aceptado la versión publicada del mismo.”

Financiamiento

Esta investigación no recibió financiación externa.

Declaraciones éticas

No aplica.

Declaración de consentimiento informado

No aplica.

Agradecimientos

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Centro de Investigación Regional Pacífico Sur (CIRPAS), Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca y al Sitio Experimental Costa de Oaxaca, por el apoyo brindado para realizar la presente investigación. A los productores de papaya de la Costa de Oaxaca, por permitirnos compartir sus conocimientos del cultivo.

Conflicto de interés

“Los autores declaran no tener conflicto de interés”.

Referencias

- Abato-Zárate, M., Villanueva-Jiménez, J. A., Otero-Colina, G., Ávila-Reséndiz, C., Hernández-Castro, E. & Reyes-Pérez, N. (2014). Acarofauna associated to papaya orchards in Veracruz, Mexico. *Acta zoológica mexicana*, 30(3), 595-609. <https://doi.org/10.21829/azm.2014.30379>
- Abato-Zárate, M., Villanueva-Jiménez, J. A., Otero-Colina, G., Ávila-Reséndiz, C., Hernández-Castro, E. & Reyes-Pérez, N. (2012). Biological efficacy and selectivity of acaricides in papaya (*Carica papaya* L.). *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 15(2), S118-S125. <http://dx.doi.org/10.56369/tsaes.1749>
- Abreu, P. M., Antunes, T. F., Magaña-Álvarez, A., Pérez-Brito, D., Tapia-Tussell, R., Ventura, J. A., Fernandes, A. A. & Fernandes, P. M. (2015). A current overview of the *Papaya meleira virus*, an unusual plant virus. *Viruses*, 7(4), 1853-1870. <https://doi.org/10.3390/v7041853>
- Acosta, K., Zamora, L., Piñol, B., Fernández, A., Chávez, A., Flores, G., Méndez, J., Santos, M. E., Leyva, N. E. & Arocha, Y. (2013). Identification and molecular

- characterization of phytoplasmas and rickettsia pathogens associated with 'Bunchy top symptom' (BTS) and 'Papaya bunchy top' (PBT) of papaya in Cuba. *Crop Protection* 45:49-56. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2012.11.016>
- Acosta, K. I., Zamora, L., Piñol, B., Quiñones, M. L., Ramos, P. L., Luis, M., Leyva-López, N. E. & Arocha, Y. (2017). *Empoasca papayae* Oman, 1937 (Hemiptera: Cicadellidae) the simultaneous vector of phytoplasmas and rickettsia associated with "Bunchy Top Symptom" in Cuba. *Anales de Biología*, 39, 35-42. <https://doi.org/10.6018/analesbio.39.03>
- Adikaram, N. K. B. & Wijepala, M. (1995). *Asperisporium* black spot in *Carica papaya*: a new disease in Sri Lanka. *Journal of the National Science Foundation of Sri Lanka*, 23(4), 213-219. https://www.academia.edu/62486532/Asperisporium_black_spot_in_carica_papaya_a_new_disease_in_Sri_Lanka
- Aguilar-Carpio, C., Alcántara Jiménez, J. Á., Leyva Bautista, S., Ayvar Serna, S. & Díaz Villanueva, G. E. (2019). Rendimiento y rentabilidad de genotipos de papaya en función de la fertilización química, orgánica y biológica. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(3), 575-584. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i3.1498>
- Alfaro, M. V., Saguilán, P. C., Galeana, B. R. V., Bernardino, A. A. H. & Méndez, I. A. (2023). Social and Economic Analysis of the Production of Maradol Papaya (*Carica papaya* L.): Case study in the coast of Oaxaca, Mexico. *Agroproductividad*, 16 (5), 139-145. <https://doi.org/10.32854/agrop.v16i4.2473>
- Aquino-Martínez, J. G., Vázquez-García, L. M. & Reyes-Reyes, B. G. (2008). Biocontrol *in vitro* e *in vivo* de *Fusarium oxysporum* Schlecht. f. sp. *dianthi* (Prill. y Delacr.) Snyder y Hans. Con hongos antagonistas nativos de la zona florícola de Villa Guerrero, Estado de México. *Revista mexicana de fitopatología*, 26(2), 127-137. <https://www.redalyc.org/pdf/612/61226205.pdf>
- Arocha, Y., Piñol, B., Lopez, M., Miranda, I., Almeida, R., Wilson, M. & Jones, P. (2007). 'Bunchy top symptom' of papaya in Cuba: new insights. *Bulletin of Insectology*, 60(2), 393-394. https://www.researchgate.net/publication/228514077_'Bunchy_top_symptom'_of_papaya_in_Cuba_New_insights
- Arocha, Y., Piñol, B., Acosta, K., Almeida, R., Devonshire, J., Van de Meene, A., Boa. E. & Lucas, J. (2009). Detection of phytoplasma and potyvirus pathogens in papaya (*Carica papaya* L.) affected with 'Bunchy Top Symptom'(BTS) in eastern Cuba. *Crop Protection*, 28(8), 640-646. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2009.03.020>
- Arroyo, P. W., Pérez, H. A., Díaz-Soto, J. & Beltrán, H. J. (2015). Identificación de morfotipos de *Empoasca* spp. (Hemiptera: Cicadellidae) en agro-ecosistemas de ñame y yuca (Sucre, Colombia). *Revista Colombiana de Entomología*, 41(2), 163-169. <http://www.scielo.org.co/pdf/rcen/v41n2/v41n2a02.pdf>
- Bedine, M. A. B., Taïeb, N., Agriopoulou, S., Miché, L., Moussango, D., Sameza, M. L., Dupuy, N., Roussos, S., & Fekam Boyom, F. (2022). Identification of native soil-derived *Trichoderma* spp. isolates and analysis of their antagonist traits against *Lasiodiplodia theobromae* causing stem-end rot in papaya. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 55(15), 1766-1794. <https://doi.org/10.1080/03235408.2022.2116689>
- Beriam, S. L. O., Almeida, I. M. G., Destéfano, S. A. L., Grabert, E., Balani, D. M., Ferreira, M. & Neto, R.J. (2006). *Pseudomonas syringae* pv. *tabaci* in papaya seedlings. *Summa phytopathol*, 32 (1). <https://doi.org/10.1590/S0100-54052006000100003>

- Bermúdez-Guzmán, M. D. J., Guzmán-González, S., Lara-Reyna, J., Palmeros-Suárez, P. A., López-Muraira, I. G. & Gómez-Leyva, J. F. (2018). Presencia de *Papaya ringspot virus* (PRSV) en arvenses asociadas a *Carica papaya* en Colima, México. *Revista mexicana de fitopatología*, 36(1), 1-15. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.1706-2>
- Bravo-Portocarrero, R., Zela-Uscamayta, K. & Lima-Medina, I. (2020). Eficiencia de trampas pegantes de colores en la captura de insectos de hortalizas de hoja. *Scientia Agropecuaria*, 11(1), 61-66. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.01.07>
- Castro, E. H., Jiménez, J. A. V., Vázquez, R. M. & Aguilera, J. A. M. (2004). Efecto de la erradicación de plantas enfermas por el PRSV-P en un sistema de manejo integrado del papayo (*Carica papaya* L.) en Veracruz, México. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 22(3), 382-388. <https://www.redalyc.org/pdf/612/61222311.pdf>
- Chai, W.T., Gansau, J.A., Atong, M., Kadir, J., Poili, E. & Chong, K.P. (2017). First report of *Erwinia psidii* associated with papaya dieback disease in Malaysia. *Malaysian Journal of Microbiology*, 13, 20-25. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20183015854>
- Chávez-Pesqueira, M. & Núñez-Farfán, J. (2017). Domestication and genetics of papaya: a review. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 5, 155. <https://doi.org/10.3389/fevo.2017.00155>
- Chen, F., Tsuji, S. S., Li, Y., Hu, M., Bandeira, M. A., Câmara, M. P. S., Michereff, S. J. & Schnabel, G. (2020). Reduced sensitivity of azoxystrobin and thiophanate-methyl resistance in *Lasiodiplodia theobromae* from papaya. *Pesticide biochemistry and physiology*, 162, 60-68. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2019.08.008>
- Cid del Prado Vera, I., Soto, A. T. & Hernández, J. A. (2001). Distribución de especies y razas de *Meloidogyne* en México. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 19(1), 32-39. <https://www.redalyc.org/pdf/612/61219105.pdf>
- Cortez-Madriral, H. & Mora-Aguilera, G. (2008). Incidencia del virus de la mancha anular del papayo y captura de áfidos alados en Tabasco, México. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica). No. 70-80, 2008. https://www.researchgate.net/publication/259971836_Incidencia_del_virus_de_la_mancha_anular_del_papayo_y_captura_de_afidos_alados_en_Tabasco_Mexico
- Coutinho, M. M., Freitas, L. G., Dallemole-Giaretta, R., Neves, W. S., Lopes, E. A. & Ferraz, S. (2009). Control of *Meloidogyne javanica* by *Pochonia chlamydosporia* and papaya seed flour. *Nematologia Brasileira*, 33(2), 169-175. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20103069795>
- Cruz A. K. (2015). Hongos entomopatógenos para el control biológico de pulgones: aplicación directa y endofitismo. [Tesis de maestría, Universidad Autónoma Antonio Narro]. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/43302>
- Cruz-Vázquez, J. K., Santíz Rodríguez, E., Lozoya Gloria, E. & Gumaro Ruiz Ruiz, F. (2016). Viabilidad en la detección de *Phytophthora palmivora* en frutos de papaya (*Carica papaya*) en la zona Costa de Oaxaca. *Temas de Ciencia y Tecnología*, 20(59), 15-21. https://www.utm.mx/edi_anteriores/temas59/T59_1E2.pdf
- Cruz-Lachica, I., Márquez-Zequera, I., García-Estrada, R. S., Carrillo-Fasio, J. A., León-Félix, J. & Allende-Molar, R. (2017). Identification of mucoralean fungi causing soft rot in papaya (*Carica papaya* L.) fruit in Mexico. *Revista mexicana de fitopatología*, 35(3), 397-417. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.1611-3>
- Culik, M. P. & Martins, D. D. S. (2004). First record of *Trialeurodes variabilis* (Quaintance) (Hemiptera: Aleyrodidae) on *Carica papaya* L. in the state of Espírito Santo, Brazil. *Neotropical Entomology*, 33, 659-660. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2004000500019>

- da Silva Pereira, A. V., Martins, R. B., Michereff, S. J., Da Silva, M. B., & Câmara, M. P. S. (2012). Sensitivity of *Lasiodiplodia theobromae* from Brazilian papaya orchards to MBC and DMI fungicides. *European Journal of Plant Pathology*, 132(4), 489-498. <https://doi.org/10.1007/s10658-011-9891-2>
- DGSV-CNRF. (2020). Gusanos de alambre. *Agriotes* spp. (Coleoptera: Elateridae). SaderSenasica. Dirección General de Sanidad Vegetal-Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria. Ficha técnica. Tecamac, Estado de México, 16 p. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/633037/Gusanos_de_alambre.pdf
- El-Sharabasy, H. M. (2015). Laboratory evaluation of the effect of the entomopathogenic fungi, *Hirsutella thompsonii* and *Paecilomyces fumosoroseus*, against the citrus brown mite, *Eutetranychus orientalis* (Acari: Tetranychidae). *Plant Protection Science*, 51(1), 39-45. <https://doi.org/10.17221/72/2014-PPS>
- Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database [FAOSTAT]. (2022). "Food and Agriculture Organization of the United Nations" [disponible en]: <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL> (Consultado el 1 de julio de 2024).
- Fuentes, G. & Santamaría, J. M. (2013). Papaya (*Carica papaya* L.): origin, domestication, and production. In: Ming, R., Moore, P. (eds.) *Genetics and Genomics of Papaya*. Plant Genetics and Genomics: Crops and Models. (pp. 3-15). New York, NY: Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-8087-7_1
- Furlan, L., Benvegnù, I., Bilò, M. F., Lehmhus, J. & Ruzzier, E. (2021). Species identification of wireworms (*Agriotes* spp.; coleoptera: Elateridae) of agricultural importance in Europe: A new "horizontal identification table". *Insects*, 12(6), 534. <https://doi.org/10.3390/insects12060534>
- Van Herk, W. G., Vernon, R. S., Vojtko, B., Snow, S., Fortier J., & Fortin, C. (2015). Contact behaviour and mortality of wireworms exposed to six classes of insecticide applied to wheat seed. *Journal of Pest Science*, 88(4), 717-739. <https://doi.org/10.1007/s10340-015-0697-4>
- Gabrekiristos, E. & Dagnew, A. (2020). A newly emerging disease of papaya in Ethiopia: Black spot (*Asperisporium caricae*). Disease and Management Options. *Journal of Plant Pathology & Microbiology*, 11, 488. https://www.researchgate.net/publication/349427235_A_Newly_Emerging_Disease_of_Papaya_in_Ethiopia_Black_Spot_Aspersporium_caricae_Disease_and_Management_Options
- García-Cámara, I., Tapia-Tussell, R., Magaña-Álvarez, A., Cortes-Velazquez, A., Martín-Mex, R., Moreno-Valenzuela, O. & Pérez-Brito, D. (2019). *Empoasca papayae* (Hemiptera: Cicadellidae)-mediated transmission of *Papaya meleira virus*-Mexican variant in Mexico. *Plant disease*, 103(8), 2015-2023. <https://doi.org/10.1094/PDIS-06-18-1101-RE>
- García-Mateos, M. R., Acosta-Ramos, M., Rodríguez-Pérez, E., Vásquez-Sánchez, J. & Hernández-Ramos, L. (2021). Extractos vegetales para el control de *Colletotrichum gloeosporioides* in vitro, en periodo de floración y postcosecha del fruto de *Carica papaya*. *Polibotánica*, (51), 213-228. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.51.14>
- Gardan, L., Christen, R., Achouak, W. & Prior, P. (2004). *Erwinia papayae* sp. nov., a pathogen of papaya (*Carica papaya*). *International journal of systematic and evolutionary microbiology*, 54(1), 107-113. <https://doi.org/10.1099/ij.s.0.02718-0>
- Gaviláñez Piza, R. P. (2024). Manejo de nemátodos en el cultivo de papaya (*Carica papaya*, Lin.). [Tesis de licenciatura, Universidad Técnica de Babahoyo]. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/16251>
- Guillén-Sánchez, D., Gonzaga-Muñoz, M., Villanueva-Jiménez, J., López-Martínez, V. & Alía-Tejagal, I. (2018). Atracción de *Aphis nerii*¹ a Combinación de Colores bajo

- Condiciones de Laboratorio. *Southwestern Entomologist*, 43(2), 439-445. <https://doi.org/10.3958/059.043.0215>
- Guo, T., Guo, Q., Cui, X. Y., Liu, Y. Q., Hu, J. & Liu, S. S. (2015). Comparison of transmission of *Papaya leaf curl China virus* among four cryptic species of the whitefly *Bemisia tabaci* complex. *Scientific Reports*, 5(1), 15432. <https://doi.org/10.1038/srep15432>
- Hanagasaki, T., Takushi, T., Ajitomi, A., Yamagishi, H. & Kawano, S. (2023). *In vitro* antibiotic susceptibility of *Erwinia* sp. causing papaya (*Carica papaya*) black rot in Okinawa, Japan and several pesticides effectiveness on potted papaya plantlets before infection. *Fruits, The International Journal of Tropical and Subtropical Horticulture*, 78(1), 1-8. <https://doi.org/10.17660/th2023/003>
- Helal, R. B. & Shamsi, S. (2019). Antagonistic potentials of some soil fungi against three post-harvest pathogenic fungi of *Carica papaya* L. *Dhaka University Journal of Biological Sciences*, 28(1), 1-7. <https://doi.org/10.3329/dujbs.v28i1.46488>
- Herrera-Palacios, A. N. G. E. L., MenA-Pérez, Y. M. & Mesa-Cobo, N. C. (2018). Management alternatives for *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) in the *Carica papaya* L. Hybrid Tainung-1. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 12(3), 561-573. <https://doi.org/10.17584/rcch.2018v12i3.8217>
- Hunter, J. E. & Buddenhagen, I. W. (1969). Field biology and control of *Phytophthora parasitica* on papaya (*Carica papaya*) in Hawaii. *Annals of applied Biology*, 63(1), 53-60. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1969.tb05466.x>
- Jiao, M., Liu, C., Prieto, M. A., Lu, X., Wu, W., Sun, J., García-Oliveira, S. P., Tang, X., Xiao, J., Simal-Gandara, J., Hu, D. & Li, N. (2023). Biological functions and utilization of different part of the papaya: a review. *Food Reviews International*, 39(9), 6781-6804. <https://doi.org/10.1080/87559129.2022.2124415>
- Kabaluk, J. T., Herk, W. G., Janmaat, A. F. & Bomford, M. K. (2024). *Agriotes* spp. Eschscholtz and Other Elaterids (Coleoptera: Elateridae), Wireworms and Click Beetles/Vers fil-de-fer et taupins. In: Vankosky, M. A. & Martel, V. (eds.) *Biological Control Programmes in Canada, 2013-2023* (pp. 103-119). GB: CABI. <https://doi.org/10.1079/9781800623279.0010>
- Kalleshwaraswamy, C. M., Krishnakumar, N. K., Chandrashekara, K. N., & Vani, A. (2012). Efficacy of insecticides and oils on feeding behaviour of *Aphis gossypii* Glover and transmission of *Papaya ringspot virus* (PRSV). *Karnataka Journal of Agricultural Sciences*, 25(1). <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20123142844>
- Lilley, C. J., de Souza, V. H. M. & Eves-van den Akker, S. (2024). Plant diseases caused by nematodes. In: Oliver, R. P (ed.), *Agrios' Plant Pathology* (pp. 607-649). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822429-8.00018-2>
- Lv, J., Ke, S., He, X., Zhang, B., Zheng, Z. & Chen, P. (2024). Research on the Isolation of Endophytic Fungi from Papaya and the Prevention of *Colletotrichum gloeosporioides*. *Journal of Fungi*, 10(8), 550. <https://doi.org/10.3390/jof10080550>
- Magaña-Álvarez, A., Vencioneck Dutra, J. C., Carneiro, T., Pérez-Brito, D., Tapia-Tussell, R., Ventura, J. A., Higuera-Ciapara, I., Fernandes, P. M. & Fernandes, A. A. R. (2016). Physical characteristics of the leaves and latex of papaya plants infected with the *Papaya meleira virus*. *International Journal of Molecular Sciences*, 17(4), 574. <https://doi.org/10.3390/ijms17040574>
- Andrés, M. F. (2002). Estrategias en el control y manejo de nematodos fitoparasitos. *Ciencia Y Medio Ambiente-CCMA-CSIC* (pp. 221-227). <http://digital.csic.es/bitstream/10261/128310/1/Estrategiasenelcontrol392%28MaFAndrés>

- Marquez-Zequera, I., Cruz-Lachica, I., Ley-Lopez, N., Carrillo-Facio, J. A., Osuna-Garcia, L. A. & Garcia-Estrada, R. S. (2018). First report of *Carica papaya* fruit anthracnose caused by *Colletotrichum fructicola* in Mexico. *Plant disease*, 102(12), 2649–2649. <https://doi.org/10.1094/PDIS-05-18-0736-PDN>
- Martínez-Gallardo, J. Á., Díaz Valdés, T., Allende Molar, R., Ortiz Meza, J. A., García Estrada, R. S. & Carrillo Fasio, J. A. (2014). Nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de papaya (*Carica papaya* L.) en Colima, México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 5(2), 317-323. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342014000200012
- Martins, D. D. S., Ventura, J. A., Rita de Cássia, A. L., Fornazier, M. J., Rezende, J. A., Culik, M. P., Ferreira, P.S., Peronti, A. L., Zonta de Carvalho, R.C. & Sousa-Silva, C. R. (2016). Aphid vectors of *Papaya ringspot virus* and their weed hosts in orchards in the major papaya producing and exporting region of Brazil. *Crop Protection*, 90, 191-196. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.08.030>
- Mederos, D. C., García, D., González, J. E. & Portal, O. (2013). Manejo de epifitias del Virus de la mancha anular de la papaya utilizando barreras de *Zea mays* L. en *Carica papaya* L. *Revista de Protección Vegetal*, 28(2), 127-127. <https://www.censa.edicionescervantes.com/index.php/RPV/article/view/228>
- Mederos, D. C., Hernández, D. G., Álvarez, M. W. C., Mena, P. L. G. & Villafañá, O. P. (2011). Manejo de la mancha anular de la papaya mediante el uso de malla antiáfidos en viveros de *Carica papaya* L. var. Maradol roja. *Fitosanidad*, 15(4), 241-244. <https://www.fitosanidad.edicionescervantes.com/index.php/fitosanidad/article/view/306>
- Mena, Y. M., Mesa, N. C., Escobar, A. & Pérez, S. (2020). Evaluation of Phytoseiidae mites and *Chrysoperla carnea* (Stephens) on the control of *Tetranychus urticae* in *Carica papaya* L. *Agronomía Colombiana*, 38(1), 101-109. <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v38n1.73271>
- Mohd Taha, M. D., Mohd Jaini, M. F., Saidi, N. B., Abdul Rahim, R., Md Shah, U. K. & Mohd Hashim, A. (2019). Biological control of *Erwinia mallotivora*, the causal agent of papaya dieback disease by indigenous seed-borne endophytic lactic acid bacteria consortium. *PLoS One*, 14(12), e0224431. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0224431>
- Morton, A. & García-del-Pino, F. (2017). Laboratory and field evaluation of entomopathogenic nematodes for control of *Agriotes obscurus* (L.) (Coleoptera: Elateridae). *Journal of Applied Entomology*, 141(4), 241-246. <https://doi.org/10.1111/jen.12343>
- Nelson, J. (2008). Phytophthora blight of papaya. Phytophthora blight of papaya. Honolulu (HI): University of Hawaii. *Plant Disease*, 53: 1-7. <http://hdl.handle.net/10125/12413>
- Netto, M. S., Assunção, I. P., Lima, G. S., Marques, M. W., Lima, W. G., Monteiro, J. H., Queiroz Balbino, V., Michereff, S. J., Phillips, A. J. L. & Câmara, M. P. (2014). Species of *Lasiodiplodia* associated with papaya stem-end rot in Brazil. *Fungal Diversity*, 67, 127-141. <https://doi.org/10.1007/s13225-014-0279-4>
- Nigro, F., Antelmi, I., Labarile, R., Sion, V. & Pentimone, I. (2018). Biological control of olive anthracnose. *Acta Horticulturae*, 1199, 439-444. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2018.1199.70>
- Noa-Carrazana, J. C., González-de-León, D., Ruiz-Castro, B. S., Piñero, D. & Silva-Rosales, L. (2006). Distribution of *Papaya ringspot virus* and *Papaya mosaic virus* in

- papaya plants (*Carica papaya*) in Mexico. *Plant disease*, 90(8), 1004-1011. <https://doi.org/10.1094/PD-90-1004>
- Öğretmen, A., Yüksel, E. & Canhilal, R. (2020). Susceptibility of larvae of wireworms (*Agriotes* spp.) (Coleoptera: Elateridae) to some Turkish isolates of entomopathogenic nematodes under laboratory and field conditions. *Biological Control*, 149, 104320. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2020.104320>
- Ordaz-Pérez, D., Gámez-Vázquez, J., Hernández-Ruiz, J., Espinosa-Trujillo, E., Rivas-Valencia, P. & Castro-Montes, I. (2017). Resistencia de *Vasconcellea cauliflora* al Virus de la mancha anular de la papaya-potyvirus (PRSV-P) y su introgresión en *Carica papaya*. *Revista mexicana de fitopatología*, 35(3), 571-590. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.1703-4>
- Ortega-Arenas, L. D. & Ruiz, V. E. C. (2020). Moscas blancas (Hemiptera: Aleyrodidae) en México: estatus, especies, distribución e importancia. *Dugesiana*, 27(1), 37-54. <https://doi.org/10.32870/dugesiana.v27i1.7095>
- Osorio-Acosta, F., Villanueva-Jiménez, J. A., Celis-León, B., Morales-Rodríguez, A. & José-Pablo, R. (2016). Insecticidas en la transmisión del virus de la mancha anular de *Carica papaya* L., mediante *Aphis nerii* (Boyer de Fonscolombe). *Agroproductividad*, 9(10), 68-74. <https://www.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/834>
- Otero-Colina, G., Abato-Zárate, M., y Villanueva-Jiménez J.A. (2016). Ácaros asociados al cultivo de papaya en México. Biblioteca Básica de Agricultura (BBA). 29-40 p. https://www.researchgate.net/profile/Juan-Villanueva-Jimenez/publication/294893439_Plagas_del_Papayo_en_Mexico/links/56cbeffd08ae5488f0db1e4f/Plagas-del-Papayo-en-Mexico.pdf
- Ovando-Cruz, M.E., V. Serrano-Altamirano & M. Vázquez-Martínez. (2007). Manual para producir papaya maradol en la costa de Oaxaca. Instituto Nacional de Investigación Forestal, Agrícola y Pecuaria, México, 67 pp. https://books.google.com.mx/books/about/Manual_para_producir_papaya_maradol_en_l.html?id=Z4GhYqEACAAJ&redir_esc=y
- Pacheco-Esteva, M. C., Soto-Castro, D., Vásquez-López, A. & Tovar-Pedraza, J. M. (2023). *Colletotrichum brevisporum* causing anthracnose of papaya (*Carica papaya* L.) in Mexico. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 45(4), 360-366. <https://doi.org/10.1080/07060661.2023.2195825>
- Pacheco-Esteva, M. C., Soto-Castro, D., Vásquez-López, A. & Tovar-Pedraza, J. M. (2022a). First report of *Colletotrichum siamense* causing papaya anthracnose in Mexico. *Journal of Plant Pathology*, 104(3), 1175-1175. <https://doi.org/10.1007/s42161-022-01147-6>
- Pacheco-Esteva, M. C., Soto-Castro, D., Vásquez-López, A., Lima, N. B. & Tovar-Pedraza, J. M. (2022b). First report of *Colletotrichum chrysophilum* causing papaya anthracnose in Mexico. *Plant Disease*, 106(12), 3213. <https://doi.org/10.1094/PDIS-03-22-0681-PDN>
- Peraza-Padilla, W. (2021). Morphological and molecular identification of *Meloidogyne javanica* in a papaya orchard. *Agronomía Costarricense*, 45(2), 41-55. <http://dx.doi.org/10.15517/rac.v45i2.47766>
- 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. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0434.2009.01590.x>
- Perez-Brito, D., Tapia-Tussell, R., Cortes-Velazquez, A., Quijano-Ramayo, A., Nexticapan-Garcez, A. & Martín-Mex, R. (2012). First report of *Papaya meleira virus*

- (PMeV) in Mexico. *African Journal of Biotechnology*, 11(71), 13564-13570. <https://doi.org/10.5897/AJB12.1189>
- Pérez-Cacho, K. A., Loera-Alvarado, G., Granados-Echegoyen, C. A. & Loera-Alvarado, E. (2021). Effectiveness of Biorational Insecticides Against *Empoasca papayae* Oman Leafhopper¹ in *Carica papaya* L. Southwestern *Entomologist*, 46(4), 843-852. <https://doi.org/10.3958/059.046.0405>
- Picos-Muñoz, P. A., García-Estrada, R. S., León-Félix, J., Sañudo-Barajas, A. & Allende-Molar, R. (2015). *Lasiodiplodia theobromae* en cultivos agrícolas de México: Taxonomía, hospedantes, diversidad y control. *Revista mexicana de fitopatología*, 33(1), 54-74. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0185-33092015000100054&script=sci_arttext
- Pimentel, D. (Ed.). (2002). Encyclopedia of pest management. CRC press. Marcel Dekker, New York. <https://doi.org/10.1201/NOE0824706326>
- Ramírez, P., Leobardo Ochoa-Martínez, D., Valdovinos-Ponce, G., Blanco-Rodríguez, E., Aranda-Ocampo, S., Ortega-Acosta, C., Buenrostro-Nava, M. T., Rodríguez-Barajas, J. A., De la Torre-Velázquez, L. R. & Luis Leopardi-Verde, C. (2024). Identificación de fitoplasmas asociados al Bunchy Top de la papaya en Colima, México. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 42(3). <https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.2403-2>
- Ramos, M. A., Nieto, D., Domínguez, T. & Delgadillo, F. (2007). Calidad y tolerancia en frutos de papaya (*Carica papaya* L.) a la inoculación del hongo *Colletotrichum gloeosporioides* Penz., en postcosecha. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, ISSN, 403(7), 1. <https://pdfs.semanticscholar.org/7e0c/504f1ddf22d4c809c332ef40b95628273631.pdf>
- Reyes-Pérez, N., Platas-Rosado, D. E., Villanueva-Jiménez, J. A., Abato-Zárate, M. & Vargas-Mendoza, M. C. (2015). Rentabilidad de la reproducción de enemigos naturales de ácaros del papayo (*Carica papaya* L.). *Agroproductividad*, 8(2). <https://doi.org/10.22004/ag.econ.352364>
- Reyes-Pérez, N., Villanueva-Jiménez, J. A., de la Cruz Vargas-Mendoza, M., Cabrera-Mireles, H. & Otero-Colina, G. (2013). Parámetros poblacionales de *Tetranychus merganser* Boudreaux (Acari: Tetranychidae) en papayo (*Carica papaya* L.) a diferentes temperaturas. *Agrociencia*, 47(2), 147-157. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-31952013000200004&script=sci_arttext
- Ritter, C. & Richter, E. (2013). Control methods and monitoring of *Agriotes* wireworms (Coleoptera: Elateridae). *Journal of Plant Diseases and Protection*, 120, 4-15. <https://doi.org/10.1007/BF03356448>
- Rivas-Valencia, P., Mora-Aguilera, G., Téliz-Ortiz, D. & Mora-Aguilera, A. (2008). Evaluación de barreras vegetales en el manejo integrado de la mancha anular del papayo (PRSV-P) en Michoacán, México. *Summa Phytopathologica*, 34, 307-312. <https://doi.org/10.1590/S0100-54052008000400001>
- Rivera-Engracia, E. R. (2023). Manejo integrado de insectos chupadores (*Bemisia tabaci*, *Aphis* spp., *Myzus persicae*) en el cultivo de papaya (*Carica papaya*) en el Ecuador. [Tesis de licenciatura. Universidad Técnica de Babahoyo. Ecuador]. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/13824>
- Roberts, P. D. & Trujillo, E. (1998). First report of *Phytophthora nicotianae* causing leaf blight, fruit rot, and root rot of papaya in American Samoa. *Plant Disease*, 82(6), 712-712. <https://doi.org/10.1094/PDIS.1998.82.6.712C>

- Rodríguez-Alvarado, G., Díaz-Celaya, M., Grünwald, N. J., Fieland, V., Garay-Serrano, E. & Fernández-Pavía, S. P. (2020). *Phytophthora palmivora* agente causal de la pudrición de fruto de papaya (*Carica papaya*) en Chiapas, México. *Biotechnología y Sustentabilidad*, 5(1), 37-47. <https://doi.org/10.57737/biotechnologiaysust.v5i1.931>
- Sani, I., Ismail, S. I., Abdullah, S., Jalinas, J., Jamian, S., & Saad, N. (2020). A review of the biology and control of whitefly, *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae), with special reference to biological control using entomopathogenic fungi. *Insects*, 11(9), 619. <https://doi.org/10.3390/insects11090619>
- Santamaría-Basulto, F., Díaz-Plaza, R., Gutiérrez-Alonso, O., Santamaría-Fernández, J. & Larqué-Saavedra, A. (2011). Control de dos especies de *Colletotrichum* causantes de antracnosis en frutos de papaya maradol. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2(5), 631-643. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=s2007-09342011000500001&script=sci_arttext
- Santiago, C. O. P., Martínez, R. P., Ríos-Rodas, L., Valdés, M. G. M., Hernández, E. R. & Torres, J. D. C. G. (2023). Aphid diversity and population fluctuation of vector species of the ringspot virus in papaya (*Carica papaya* L.). *Agroproductividad*. <https://doi.org/10.32854/agrop.v16i3.2401>
- Schleker, A. S. S., Rist, M., Matera, C., Damijonaitis, A., Collienne, U., Matsuoka, K., Habash, S. S., Twelker, K., Gutbrod, O., Saalwachter, C., Windau, M., Matthiesen, S., Stefanovska, T., Scharwey, M., Marx, M. T., Geibel, S. & Grundler, F. M. (2022). Mode of action of fluopyram in plant-parasitic nematodes. *Scientific Reports*, 12(1), 11954. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-15782-7>
- Shantamma, S. G., Mantur, S. C., Chandra, S. K., Rangaswamy, T., & Bheemanagouda, P. (2018). Status of black spot of papaya (*Asperisporium caricae*): A New Emerging Disease. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7, 309-314. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.711.038>
- Shetty, S., Kumar, V. S., Yogananda, S. & Kumar, N. K. (2021). A Review of Papaya Black Spot-A Fungal Disease (*Asperisporium caricae*). *Mysore Journal of Agricultural Sciences*, 55(3).
- Shi, W. B. & Feng, M. G. (2004). Lethal effect of *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, and *Paecilomyces fumosoroseus* on the eggs of *Tetranychus cinnabarinus* (Acari: Tetranychidae) with a description of a mite egg bioassay system. *Biological Control*, 30(2), 165-173. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2004.01.017>
- SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2023): "Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Cierre de la producción agrícola 2023", [disponible en]: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> (consultado el 9 de enero de 2025).
- Sukhada, M., Manjula, R. & Rawal, R. D. (2011). Evaluation of arbuscular mycorrhiza and other biocontrol agents against *Phytophthora parasitica* var. *nicotianae* infecting papaya (*Carica papaya* cv. Surya) and enumeration of pathogen population using immunotechniques. *Biological Control*, 58(1), 22-29. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2011.03.013>
- Tapia-Tussell, R., Magaña-Alvarez, A., Cortes-Velazquez, A., Itza-Kuk, G., Nexticapán-Garcez, A., Quijano-Ramayo, A., Martín-Mex, R. & Pérez-Brito, D. (2015). Seed transmission of Papaya meleira virus in papaya (*Carica papaya*) cv. Maradol. *Plant pathology*, 64(2), 272-275. <https://doi.org/10.1111/ppa.12279>
- Torres-Calzada, C., Tapia-Tussell, R., Higuera-Ciapara, I. & Pérez-Brito, D. (2013). Morphological, pathological and genetic diversity of *Colletotrichum* species responsible for anthracnose in papaya (*Carica papaya* L.). *European Journal of Plant Pathology*, 135, 67-79. <https://doi.org/10.1007/s10658-012-0065-7>

- Valadez-Ramírez, P., Ochoa-Martínez, D. L., Valdovinos-Ponce, G., Blanco-Rodríguez, E., Aranda-Ocampo, S., Ortega-Acosta, C., Buenrostro-Nava, M. T., Rodríguez-Barajas, J. A., de la Torre-Velázquez, L. R., & Leopardi-Verde, C. L. (2024). Identification of phytoplasmas associated with Bunchy Top disease of papaya in Colima, México. *Revista mexicana de fitopatología*, 42(3). <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.2403-2>
- Valencia Domínguez, H. M. (2011). Acarofauna de papaya maradol (*Carica papaya* L) en el estado de Yucatán, México. [Tesis de Maestría. Colegio de Posgraduados. México].
- Valenzuela, N. L., Angel, D. N., Ortiz, D. T., Rosas, R. A., García, C. F. O. & Santos, M. O. (2015). Biological control of anthracnose by postharvest application of *Trichoderma* spp. on maradol papaya fruit. *Biological Control*, 91, 88-93. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2015.08.002>
- Vélez-Ruiz, M. C., Meza-Vera, R. J., Abasolo-Pacheco, F., & Álvarez-Romero, P. I. (2022). Uso de extractos botánicos para el control de pulgón (*Myzus persicae*: Aphididae) y mosca blanca (*Bemisia tabaci*: Aleyrodidae) en el cultivo de pimiento (*Capsicum annum*: Solanaceae), en Ecuador. *Terra Latinoamericana*, 40. <https://doi.org/10.28940/terra.v40i0.1454>
- Vawdrey, L. L., Grice, K. R. & Westerhuis, D. (2008). Field and laboratory evaluations of fungicides for the control of brown spot (*Corynespora cassiicola*) and black spot (*Asperisporium caricae*) of papaya in far north Queensland, Australia. *Australasian Plant Pathology*, 37(6), 552-558. <https://doi.org/10.1071/AP08055>
- Vawdrey, L. L., Male, M., & Grice, K. R. (2015). Field and laboratory evaluation of fungicides for the control of *Phytophthora* fruit rot of papaya in far north Queensland, Australia. *Crop Protection*, 67, 116-120. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2014.10.003>
- Ventura, J. A., Costa, H. & Tatagiba, J. S. (2004). Papaya diseases and integrated control. In: S. A. M. H. Naqvi (ed.), *Diseases of Fruits and Vegetables: Diagnosis and Management* Pages 201–268, Klumer Academic Publishers, the Netherlands. https://www.researchgate.net/publication/226958202_Papaya_Diseases_and_Integrated_Control
- Vu, V.H.; Hong, S., I. & Kim, K. Selection of Entomopathogenic Fungi for Aphid Control. (2007). *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 104(6), 498-505. <https://doi.org/10.1263/jbb.104.498>
- Wang, H. L., Chen, P. H., Ni, H. F. & Chen, R. S. (2007). Physiological characterization and screen of control chemicals for *Lasiodiplodia theobromae* of papaya. *Plant Pathology Bulletin*, 16(2), 71-77.
- Zakaria, L. (2021). Diversity of Colletotrichum species associated with anthracnose disease in tropical fruit crops-A review. *Agriculture*, 11(4), 297. <https://doi.org/10.3390/agriculture11040297>
- Zurita-García, M. L., Johnson, P. & Zaragoza-Caballero, S. (2014). Biodiversidad de Elateridae (Coleoptera) en México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 85, 303-311. <https://doi.org/10.7550/rmb.31749>