

Diagnóstico de síntomas y patógenos asociados con marchitez del chile en Valles Centrales de Oaxaca*

Diagnosis of symptoms and pathogens associated with pepper wilt in Central Valleys of Oaxaca

Celina E. Pérez-Acevedo¹, José C. Carrillo-Rodríguez^{1§}, José L. Chávez-Servia², Catarino Perales-Segovia³, Raymundo Enríquez del Valle¹ y Yuri Villegas-Aparicio¹

¹Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Ex Hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca. CP. 71230. Tel. (01) 951 70444. ²CIIDIR-IPN-OAXACA. Calle Hornos, núm. 1 003. Santa Cruz, Xoxocotlán, Oaxaca, México. CP. 71230. Tel. y fax. (01)951 5170610. ³Instituto Tecnológico El Llano. Aguascalientes, Aguascalientes, México. Tel. (01) 449 9161251. Fax. (01) 449 9162094. [§]Autor para correspondencia: jcarrillo-rodriguez@hotmail.com.mx.

Resumen

En Valles Centrales de Oaxaca el cultivo de chile (*Capsicum annuum* L.) es de gran importancia económica, social y alimenticia. No obstante, la producción es afectada por 'marchitez del chile' (MCH) porque genera pérdidas económicas importantes. En este sentido, se realizó un diagnóstico rápido del sistema de producción del chile, manejo, síntomas y patógenos relacionados con MCH, de junio de 2013 a marzo de 2014, mediante recorridos de campo, entrevistas a 63 agricultores y toma de muestreos de campo en 27 comunidades. Los agrosistemas de producción de chile son diversos en infraestructura utilizada, superficie sembrada, manejo del cultivo, plagas y enfermedades. El chile de agua es el más cultivado y los productores obtienen su propia semilla, utilizan fertilizantes químicos y pesticidas para el control de plagas y enfermedades. Se observaron diferentes síntomas catalogados como marchitez del chile en diversos sitios de producción de Valles Centrales, y los patógenos relacionados con el síntoma fueron, *Rhizoctonia* y *Fusarium*, y dos oomicetos: *Phytophthora* y *Pythium*. También, se determinó una relación significativa (X^2 , $p < 0.05$) entre subregiones visitadas y frecuencia de la distribución de patógenos: en las regiones de Coatlán-Sola de Vega y Ejutla-Ocotlán hubo

Abstract

In Central Valleys of Oaxaca growing pepper (*Capsicum annuum* L.) it is of great economic, social and nutritional importance. However, production is affected by 'pepper wilt' (MCH) because it generates significant economic losses. In this sense, a rapid diagnosis was made of the pepper production system, management, symptoms and pathogens related to MCH, from June 2013 to March 2014, through field trips, interviews with 63 farmers and sampling of field in 27 communities. The agrosystems of pepper production are diverse in infrastructure used, acreage, crop management, pests and diseases. The water pepper is the most cultivated and producers get their own seed, use chemical fertilizers and pesticides to control pests and diseases. The different symptoms were observed and listed as pepper wilt various production sites in Central Valleys, and pathogens were related symptoms, *Rhizoctonia* and *Fusarium*, and two oomycetes: *Phytophthora* and *Pythium*. Also determined a significant relationship (X^2 , $p < 0.05$) between subregions visited and frequency of distribution of pathogens: in the regions of Coatlán-Sola of Vega and Ejutla-Ocotlan had higher incidence of *Rhizoctonia* and *Fusarium*, but

* Recibido: noviembre de 2016
Aceptado: enero de 2017

mayor incidencia de *Rhizoctonia* y *Fusarium*, pero para Zimatlán-Tacolula y Etna además se presentó *Phytophthora* y *Pythium*. Los resultados muestran la presencia de dos o más patógenos en el mismo sitio, y consecuentemente mayor incidencia en campo de la enfermedad.

Palabras clave: *Capsicum annuum*, *Phytophthora capsici*, *Rhizoctonia solani*, hospedero-patógeno, patogenicidad.

Introducción

Es reconocida la incidencia de fitopatógenos y susceptibilidades en las diferentes variantes de chile, y en diferentes agrosistemas de producción (invernadero, bioespacio, cielo abierto, etc), por lo que las, enfermedades causan cuantiosas pérdidas en calidad y rendimiento, en función de las condiciones ambientales favorables para su presencia y prácticas de manejo del cultivo (Guigón-López y González-González, 2001). Entre los principales patógenos que atacan al cultivo de chile son: *Phytophthora capsici*, *Xanthomonas campestris* ps. *Vesicatoria*, *Alternaria* spp., *A. alternata*, *Oidiopsis taurica*, *Leveillula taurica*, *Fusarium* spp., *Rhizoctonia solani*, *Pythium* spp., *Sclerotinia sclerotium*, *Sclerotium rolfsii*, diferentes nematodos (*Meloidogyne* spp. y *Heterodera* spp.) y complejos virales del tomate, pepino, tabaco, papa, chile y otros (Guigón-López y González-González, 2001; Velázquez *et al.*, 2002; Velásquez-Valle y Amador-Ramírez, 2007; Chew *et al.*, 2008).

La marchitez del chile o secadera es una de las principales enfermedades que causan pérdidas en la producción de 26% a 90%, no solo en México sino a nivel mundial. Es causada por un complejo fitopatológico de *Fusarium* spp., *Phytophthora capsici*, *Verticillium* spp., *Macrophomina* spp., *Rhizoctonia solani*, *Pythium* spp. y *Sclerotium rolfsii*, actuando de manera aislada o combinada (Ristaino y Johnston, 1999; Velásquez *et al.*, 2000 y 2001; González-Pérez *et al.*, 2004; Rico-Guerrero *et al.*, 2004; Vásquez *et al.*, 2009; Montero-Tavera *et al.*, 2013). Como consecuencia de la incidencia de ésta enfermedad, la superficie sembrada ha disminuido o se ha desplazado a nuevas áreas (González-Pérez *et al.*, 2004). La etiología compleja o el complejo patológico hace difícil establecer un patrón epidemiológico específico del desarrollo de la enfermedad, lo que impide establecer un programa específico de manejo aunado con la alta variabilidad genética en los patógenos que intervienen (Montero-Tavera *et al.*, 2013).

Zimatlán-Tacolula and Etna also presented *Phytophthora* and *Pythium*. The results show the presence of two or more pathogens in the same site, and consequently higher incidence in the field of the disease.

Keywords: *Capsicum annuum*, *Phytophthora capsici*, *Rhizoctonia solani*, host-pathogen, pathogenicity.

Introduction

It is recognized the incidence of phytopathogens and susceptibilities in the different variants of pepper, and in different production systems (greenhouse, biosphere, open sky, etc), so that diseases cause large losses in quality and yield, depending on favorable environmental conditions for its presence and crop management practices (Guigón-López and González-González, 2001). Among the major pathogens that attack the crop pepper are: *Phytophthora capsici*, *Xanthomonas campestris* sp. *Vesicatoria*, *Alternaria* spp., *A. alternata*, *Oidiopsis taurica*, *Leveillula taurica*, *Fusarium* spp., *Rhizoctonia solani*, *Pythium* spp., *Sclerotinia sclerotium*, *Sclerotium rolfsii*, various nematodes (*Meloidogyne* spp. and *Heterodera* spp.) and viral complexes tomato, cucumber, snuff, potatoes, peppers and others (Guigón-López and González-González, 2001; Velázquez *et al.*, 2002; Velásquez-Valle and Amador-Ramírez, 2007; Chew *et al.*, 2008).

The wilt of pepper or drier is one of the main diseases that cause losses in production from 26% to 90%, not only in Mexico but to worldwide. It is caused by a complex phytopathological of *Fusarium* spp., *Phytophthora capsici*, *Verticillium* spp., *Macrophomina* spp., *Rhizoctonia solani*, *Pythium* spp. and *Sclerotium rolfsii*, acting alone or in combination (Ristaino and Johnston, 1999; Velásquez *et al.*, 2000 and 2001; González-Pérez *et al.*, 2004; Rico-Guerrero *et al.*, 2004; Vásquez *et al.*, 2009; Montero-Tavera *et al.*, 2013). As a result of the incidence of this disease, the acreage has declined or has moved into new areas (González-Pérez *et al.*, 2004). The complex etiology or pathological complex makes it difficult to establish a specific epidemiological pattern of disease development, preventing establish a specific management program coupled with high genetic variability in pathogens involved (Montero-Tavera *et al.*, 2013).

La sintomatología de marchitez del chile o secadera es variada pero esencialmente se refleja en marchitez de hojas sin cambio de color, clorosis y después caída prematura de hojas, rizado de hojas, maduración adelantada e irregular de frutos, pudriciones de raíz o base del tallo y muerte de planta (Avelar y Marban, 1989; Velásquez-Valle *et al.*, 2001; Vásquez *et al.*, 2002). No obstante, se ha mejorado en las técnicas de identificación de patógenos basados en extracción de ADN y amplificación por PCR (Rico-Guerrero *et al.*, 2004).

Entre las principales estrategias de manejo de la marchitez del chile, se destaca el uso de hongos rizosféricos antagónicos a *Fusarium spp.*, *Rhizoctonia solani* y *Phytophthora capsici* (Guillen-Cruz *et al.*, 2006; Jiang *et al.*, 2006; Robles-Yerena *et al.*, 2010; Ramos-Sandoval *et al.*, 2010); rizobacterias antagonistas a *P. capsici* (Sang *et al.*, 2008; Sang y Kim, 2012); combinación de biofumigaciones y microorganismos antagonistas (Wang *et al.*, 2014); inoculaciones con hongos micorrízicos rizosféricos (Ozgonen y Erilic, 2007); combinación de uso de compostas e injertos en patrones resistentes (Gilardi *et al.*, 2013); rotación de cultivos (Lamour y Hausbeck, 2003), uso de germoplasma resistente al principal complejo *Fusarium-Rhizoctonia-Phytophthora-Pythium* (Koc *et al.*, 2011; Babu *et al.*, 2011); aun cuando no hay resistencias totales al complejo; y aplicación de fungicidas (Chew *et al.*, 2008). No obstante, se comienzan a identificar perfiles de la expresión de secuencias específicas de ADN (transcriptomas) relacionados con la resistencia fenotípica a *P. capsici*, a partir de la colecta criollo de Morelos-334 (Walker y Bosland, 1999; Richins *et al.*, 2010). También en las variedades autóctonas mexicanas de chile se han identificado fuentes de resistencia a *P. capsici* (Moran-Bañuelos *et al.*, 2010).

En general, se requiere seguir documentando la presencia y magnitud de daños ocasionados por marchitez del chile, la situación regional y los patógenos asociados, con el propósito de tomar decisiones sobre programas de manejo y control debidamente justificados. Los diagnósticos regionales ayudan a detectar cambios y prevalencias de la enfermedad, relaciones de patógenos asociados, interacciones patógenos-hospederos y aspectos del sistema de cultivo que favorecen o detienen el desarrollo de la enfermedad, entre otros aspectos (Velásquez-Valle *et al.*, 2001a; Guigón-López y González-González, 2001; González-Pérez *et al.*, 2004; Chew *et al.*, 2008; Vásquez *et al.*, 2009). El objetivo del trabajo fue realizar un diagnóstico rápido del síntoma y patógenos asociados a marchitez del chile en Valles Centrales de Oaxaca, México.

The symptoms of wilting of pepper or drier are varied but essentially reflected in leaf wilting without color change, chlorosis and then premature leaf fall, leaf ripening, early and irregular ripening of fruits, root rot or stem base rot and plant death (Avelar and Marban, 1989; Velásquez-Valle *et al.*, 2001; Vásquez *et al.*, 2002). However, it has improved pathogens identification techniques based on DNA extraction and PCR amplification (Rico-Guerrero *et al.*, 2004).

Among the main management strategies of the pepper wilting, the use of rhizospheric fungi antagonistic to *Fusarium spp.*, *Rhizoctonia solani* and *Phytophthora capsici* (Guillen-Cruz *et al.*, 2006; Jiang *et al.*, 2006; Robles-Yerena *et al.*, 2010; Ramos-Sandoval *et al.*, 2010); rhizobacteria antagonistic to *P. capsici* (Sang *et al.*, 2008; Sang and Kim, 2012); combination of biofumigations and antagonistic microorganisms (Wang *et al.*, 2014); inoculations with rhizospheric mycorrhizal fungi (Ozgonen and Erilic, 2007); combination of use of composts and grafting in resistant rootstocks (Gilardi *et al.*, 2013); crop rotation (Lamour and Hausbeck, 2003), use of resistant germplasm to main complex *Fusarium-Rhizoctonia-Phytophthora-Pythium* (Koc *et al.*, 2011; Babu *et al.*, 2011); even when there is no total resistance to the complex; and fungicide application (Chew *et al.*, 2008). However, they begin to identify expression profiles of specific DNA sequences (transcriptome) related phenotypic resistance to *P. capsici* from the creole collection Morelos-334 (Walker and Bosland, 1999; Richins *et al.*, 2010). Also in native Mexican pepper varieties they have been identified sources of resistance to *P. capsici* (Moran-Bañuelos *et al.*, 2010).

In general, it is necessary to continue documenting the presence and magnitude of damage caused by pepper wilt, the regional situation and associated pathogens, with the purpose of making decisions about management programs and duly justified. The regional diagnostics help detect changes and prevalence of the disease, relations associated pathogens, pathogen-host interactions and aspects of culture system that favor or stop the development of the disease, among other aspects (Velásquez-Valle *et al.*, 2001a; Guigón-López and González-González, 2001; González-Pérez *et al.*, 2004; Chew *et al.*, 2008; Vásquez *et al.*, 2009). In this context, the objective of the study was to perform a rapid diagnosis of the symptom and pathogens associated with chill wilt in the Central Valleys of Oaxaca, Mexico.

Materiales y métodos

Área de estudio

Los Valles Centrales se ubican en la región centro del estado de Oaxaca y se integra por 121 municipios, los que en su orografía delimitan a tres valles: Etna, Tlacolula y Zimatlán-Zaachila-Ocotlán donde se realizan las principales actividades agrícolas (Arellanes *et al.*, 2006). En la región prevalece un clima seco y semi-seco, cálido a semicalido con temperatura media anual de 18 a 22 °C, precipitación media anual de 725 mm y una evaporación de 1 862 mm. Para cubrir los tres valles de la región se visitaron 27 comunidades de 18 municipios, las que se agruparon en cuatro subregiones: 1) Coatlán a Sola de Vega; 2) Ocotlán a Ejutla; 3) Zimatlán a Tlacolula; y 4) Etna, las que están comprendidas entre 16° 13' 2.17" a 17° 14' 48.14" latitud norte a 96° 28' 27.59" a 96° 70' 11.11" longitud oeste y altitudes de 1 412 a 1 760 m.

Entrevista a productores de chile

De junio de 2013 a marzo de 2014, se entrevistaron a 63 productores que tenían cultivos de chile en Valles Centrales de Oaxaca. Durante la visita y recorrido por las parcelas de cultivo (cielo abierto, invernadero y malla sombra o biospacios), se aplicó una encuesta al agricultor con el objetivo de describir las prácticas de manejo de su cultivo, principales problemas, evaluación de incidencia de marchitez al cultivo bajo una escala general (1-25 leve, 26-50% moderado, 51 a 75% grave y 76 al 100% muy grave; Guigón-López y González-González, 2001) y se obtuvo una muestra de plantas enfermas con síntomas de marchitez del chile.

Diagnóstico fitopatológico en muestras de plantas enfermas

Aislamiento e identificación de patógenos. Después de obtener muestras de plantas con síntomas de marchitez, se enjuagaron por 30 min en agua corriente y cortaron secciones de raíz de 1 cm y de tallo de 0.5 cm. Después se desinfectaron con hipoclorito de sodio al 3% por 3 min, se enjuagaron tres veces con agua destilada estéril y las secciones de tallo y raíz se depositaron en cajas petri con medio de cultivo papa-dextrosa-agar (PDA), jugo V8-Agar (V8A) y agar-agua (A-A) más dos gotas ácido láctico por cada 100 mL de medio preparado, esto último para inhibir el crecimiento de bacterias. Se incubaron por 48 horas a temperatura ambiente (25-35 °C) con monitoreo diario para verificar crecimiento de colonias.

Materials and methods

Study area

The Central Valleys are located in the central region of the state of Oaxaca and is comprised of 121 municipalities, which in its orography define three valleys: Etna, Tlacolula and Zimatlán-Zaachila-Ocotlán where the main agricultural activities are made to (Arellanes *et al.*, 2006). In the region there is a dry and semi-dry climate, warm to semi-dry with an annual average temperature of 18 to 22 °C, annual precipitation of 725 mm and evaporation of 1 862 mm. To cover the three valleys of the region, 27 communities from 18 municipalities were visited, which were grouped into four subregions: 1) Coatlan to Sola of Vega; 2) Ocotlan to Ejutla; 3) Zimatlán to Tlacolula; and 4) Etna, which lie between 16° 13' 2.17" to 17° 14' 48.14" north latitude at 96° 28' 27.59" to 96° 70' 11.11" west longitude and altitudes of 1 412 at 1 760 m.

Interview with producers of pepper

From June 2013 To March 2014, 63 producers who had pepper crops were interviewed in Central Valleys of Oaxaca. During the visit and tour of the cultivated plots (open sky, greenhouse and shade mesh or biospaces), a survey was applied to the farmer with the objective of describing the management practices of his crop, main problems, evaluation of incidence of wilt Cultivation under a general scale (1-25% mild, 26-50% moderate, 51-75% severe and 76-100% very severe; Guigón-López and González-González, 2001) and a sample of diseased plants with symptoms of wilting pepper.

Phytopathological diagnosis in diseased plant samples

Isolation and identification of pathogens. After obtaining samples of plants with symptoms of wilting, they were rinsed for 30 min in running water and cut sections of 1 cm root and 0.5 cm stem. They were then disinfested with 3% sodium hypochlorite for 3 min, rinsed three times with sterile distilled water and the stem and root sections were deposited in petri dishes with potato-dextrose agar (PDA), V8- Agar (V8A) and agar-water (A-A) plus two lactic acid drops per 100 mL of prepared medium, the latter to inhibit the growth of bacteria. They were incubated for 48 hours at room temperature (25-35 °C) with daily monitoring to verify colony growth.

Aquella secciones con colonias se transfirieron a cajas con medio nuevo, afín de obtener colonias puras por el método de punta de hifa o cultivo monozoospóricos. Estas colonias fueron la base para realizar las preparaciones con azul de metilo y glicerol y así proceder a la identificación de patógenos, mediante un microscopio compuesto (10x, 40x y 100x). Complementariamente, se hicieron preparaciones directas del material infectado donde se observaron crecimiento de colonias (cámaras húmedas; método de cintaso). La identificación fitopatológica se hizo con base en las claves de Barnett y Hunter (1972) para *Rhizoctonia* y *Fusarium*, y de Romero-Cova (1988) para *Phytophthora* y *Pythium*.

Pruebas de patogenicidad de aislamientos de *Rhizoctonia* y *Phytophthora*

Preparación y cuantificación del inóculo. Una vez identificados los patógenos en los aislamientos antes señalados se cultivaron en medio PDA para su incremento masivo y después de 20 días de crecimiento, se prepararon los inóculos para la prueba de patogenicidad. En total se obtuvieron 937 aislamientos. En cada patógeno la preparación fue particular como se describe a continuación:

a) *Phytophthora capsici*. En cajas petri con 20 mL de agua destilada esterilizada se colocaron 10 discos de medio de cultivo que contenía micelio y se incubo por ocho días a temperatura ambiente (25-35 °C) para la formación de esporangios y la posterior liberación de sus zoosporas al colocar las cajas petri bajo refrigeración a 6 °C durante media hora. Una vez generadas las zoosporas y para determinar la dosis del inóculo, mediante un hematocitómetro se ajustó la suspensión de zoosporas a una concentración de 25 000 zoosporas mL⁻¹ y a cada planta de chile objetivo se adicionó a la base del tallo 10 mL de la suspensión de zoosporas.

b) *Rhizoctonia solani*. En seguimiento al crecimiento del hongo en cajas de petri, cuando éste cubrió la superficie total de las cajas, se le agregaron 20 mL de agua destilada estéril y con una espátula se removió el micelio para separarlo del agar. Posteriormente, la suspensión resultante se homogenizó y se molió para obtener fragmentos diminutos y se hizo el conteo con el hematocitómetro. A partir del conteo, se preparó una suspensión de fragmento de *R. solani* a una concentración de 95 000 fragmentos de micelio mL⁻¹ y se adicionaron 10 mL de la suspensión a la base del tallo de la planta de chile objetivo.

Those sections with colonies were transferred to boxes with new medium, in order to obtain pure colonies by the hyphae method or monozoospores culture. These colonies were the basis for making the preparations with methyl blue and glycerol and thus proceed to the identification of pathogens, using a composite microscope (10x, 40x and 100x). Complementarily, direct preparations of the infected material were made where colony growth was observed (wet chambers, method of taping). The phytopathological identification was based on the keys of Barnett and Hunter (1972) for *Rhizoctonia* and *Fusarium*, and Romero-Cova (1988) for *Phytophthora* and *Pythium*.

Pathogenicity tests of isolates of *Rhizoctonia* and *Phytophthora*

Preparation and quantification of the inoculum. Once identified the pathogens in the above mentioned isolates were cultivated in PDA medium for their massive increase and after 20 days of growth, the inoculate were prepared for the pathogenicity test. A total of 937 isolates were obtained. In each pathogen the preparation was as follows:

a) *Phytophthora capsici*. In petri dishes with 20 mL sterilized distilled water were placed 10 discs of culture medium containing mycelium and incubated for 8 days at room temperature (25-35 °C) for the formation of sporangia and subsequent release of their zoospores place the petri dishes under refrigeration at 6 °C for half an hour. Once generated zoospores and to determine the dose of the inoculum using a hemacytometer the zoospore suspension was adjusted to a concentration of 25 000 zoospores mL⁻¹ and each pepper plant target were added to the stem base 10 mL of suspension of zoospores.

b) *Rhizoctonia solani*. In following the growth of the fungus in petri dishes, when it covered the total surface of the boxes, 20 mL of sterile distilled water was added and the mycelium was removed with a spatula to separate it from the agar. Subsequently, the resulting suspension was homogenized and milled to obtain minute fragments and counted with the hematocytometer. From the count, a suspension of *R. solani* fragment at a concentration of 95 000 mycelial fragments mL⁻¹ was prepared and 10 mL of the suspension were added to the base of the stem of the plant pepper target.

Previo a la inoculación se sembraron semillas de chile de agua y al cumplir 45 días de edad, las plántulas se trasladaron en vasos de poliestireno con sustrato estéril (peat moss) y cuando las plantas presentaban de 4 a 6 hojas no cotiledóneas se inocularon con la suspensiones de *Rhizoctonia solani* y *Phytophthora capsici* previamente preparada. La aplicación se hizo a 2 cm por debajo del cuello de las plántulas de chile. Las plantas se mantuvieron durante 60 días en el invernadero a una temperatura de 25 ± 5 °C y una humedad relativa de $80 \pm 5\%$. La humedad del sustrato de soporte de las plantas se mantuvo constante para todos los tratamientos, 937 aislamientos.

En ambas inoculaciones, a 60 días de edad de las plantas se hizo la evaluación de daño y reproducción de síntoma de marchitez del chile. En *Rhizoctonia* se observó la presencia de necrosis en base del tallo con desprendimiento de epidermis a 15 días de inoculación y en *Phytophthora* se observó pérdida de turgencia, amarillamiento y necrosis en la base del tallo a 10 días de inoculación. En ambos casos se cuantificó la patogenicidad como número de plantas muertas o con síntomas de la enfermedad.

Análisis estadístico

Con las respuestas de los agricultores sobre sus datos sociodemográficos y manejo del cultivo, se hicieron pruebas de ji-cuadrada para evaluar la homogeneidad de clases de respuesta e independencia entre nichos agroecológicos (subregiones) y patógenos identificados para los aislamientos de muestras de plantas con síntomas de marchitez del chile. Complementariamente, a la descripción de manejo se hizo un análisis de correspondencia con el objetivo de identificar las variables de mayor valor descriptivo del chile. Finalmente, se aplicó una prueba de ji-cuadrada para evaluar la independencia entre aislamientos patogénicos de *Phytophthora* y *Rhizoctonia* y subregiones de los Valles Centrales donde había cultivos de chile. Todos los análisis se hicieron con los paquetes estadístico SPSS (Visauta, 2002; SAS, 1999).

Resultados y discusión

En cuanto a la descripción del sistema de producción de chile, se encontró que la edad de los productores que cultivan chile se fue entre 40 y 60 años de edad (65.1%) y hubo los agricultores que tenían de 10 a 30 años sembrando el cultivo. No obstante, la mayoría siembran media hectárea o menos (88.9%) y regionalmente el chile de agua es el

Prior to inoculation pepper seeds of water were sown and performing 45 day old, seedlings were transplanted into polystyrene cups with sterile substrate (peat moss) and when the plants had 4 to 6 leaves no cotyledons were inoculated with the suspensions *Rhizoctonia solani* and *Phytophthora capsici* previously prepared. The application was made 2 cm below the neck of the pepper seedlings. The plants were maintained for 60 days in the greenhouse at a temperature of 25 ± 5 °C and a relative humidity of $80 \pm 5\%$. The moisture of the substrate supporting the plants was kept constant for all treatments, 937 isolates.

In both inoculations, at 60 days of age the plants were evaluated for damage and reproduction of pepper wilt symptom. In the presence of *Rhizoctonia* stem base necrosis it was observed with detachment of epidermis to 15 days of inoculation and *Phytophthora* loss of turgor, yellowing and necrosis was observed in the stem base 10 days inoculation. In both cases the pathogenicity was quantified as number of dead plants or with symptoms of the disease.

Statistic analysis

With the farmers' responses to their socio-demographic data and crop management, chi-square tests were performed to assess the homogeneity of response and independence classes among agroecological niches (subregions) and pathogens identified for isolation of plant samples with symptoms of wilting pepper. In addition, a correspondence analysis was carried out with the objective of identifying the variables with the highest descriptive value of the pepper crop. Finally, a chi-square test was applied to assess the independence of pathogenic isolates of *Phytophthora* and *Rhizoctonia* and subregions of the Central Valley where there were crops of pepper. All analyzes were done with the statistical packages SPSS (Visauta, 2002; SAS, 1999).

Results and discussion

As for the description of the pepper production system, it was found that the age of the producers who cultivated pepper went from 40 to 60 years of age (65.1%) and there were farmers who had from 10 to 30 years planting the crop. However, most of them sow half a hectare or less (88.9%) and regionally, water pepper is the most cultivated type (92.1%).

tipo más cultivado (92.1%). Aunque había plantaciones de habanero, jalapeño, tabiche, poblano y tusta. Al momento de la visita de campo, los cultivos presentaban de 90 a 120 días de haberse trasplantado y estaban en floración y producción, cuando fue más notoria la presencia de la marchitez. Siempre fertilizan ya sea de manera orgánica o combinaciones de orgánico con inorgánico, y usualmente realizan controles químicos de enfermedades o plagas.

La semilla proviene de su propio cultivo previo o intercambio con vecinos para siembras tanto de riego o temporal. Los agricultores resaltan que siempre tiene problemas con el cultivo ya sea de tipo sanitario (plagas o enfermedades) o por altos costos de insumos y bajas ventas en los mercados regionales que son el principal destino de la producción. El cultivo principal es el chile de agua, y prácticamente se siembra todo el año en los Valles Centrales. Sin embargo, cuando estaba presente la marchitez los daños se evaluaron de leves a moderados (90.5%) de sitios visitados; es decir, la enfermedad comenzaba a aparecer y la base del tallo presentaba un grado de necrosis avanzado. En ocasiones se presentaron combinaciones de pudriciones de raíz, ataque de picudo o presencia de virosis. Los resultados muestran que el manejo del cultivo de chile es variable.

La mayoría siembran chile de agua casi todo el año, esto, se verifica con las diferencias estadísticas ($p < 0.01$) entre clases de respuestas. Los resultados corroboran señalamientos previos de Velasco *et al.* (1998) y López (2007), quienes afirmaron que la producción de chile de agua en pequeñas superficies, además de generar ingresos para los productores, dinamiza la economía local por las parcelas de riego que pueden cultivar chile durante el año. Por otra parte, el intercambio de semilla sin cuidado de sanidad diseminó las enfermedades en la región, esto coincide con las consideraciones de campo de López (1989), al señalar que el incremento de la superficie sembrada entre 1970 y 1985, trajo consigo la aparición y desarrollo de problemas y enfermedades, debido que no existen variedades mejoradas o verificaciones de sanidad de semilla.

En el análisis de correspondencia se determinó que la edad del agricultor, superficie sembrada, tipo de chile sembrado, estación de siembra y trasplante, problemas fitosanitarios, uso de fertilizantes y origen de la semilla, fueron determinantes en el sistema de producción de chile de 63 agricultores de Valles Centrales de Oaxaca. A la cuarta dimensión principal se explicó 82.4% de la variabilidad total (Cuadro 1).

Although there were plantations of habanero, jalapeño, tabiche, poblano and tusta. At the time of the field visit, the crops had 90 to 120 days of being transplanted and were in flowering and production, when the presence of wilting was most noticeable. They always fertilize either organically or inorganic-organic combinations, and usually perform chemical controls of diseases or pests.

The seed comes from its own previous cultivation or exchange with neighbors for both irrigation and temporary crops. Farmers point out that they always have problems with the cultivation, whether of a sanitary type (pests or diseases) or high costs of inputs and low sales in the regional markets that are the main destination of production. The main crop is the water pepper, and is practically sown all year round in the Central Valleys. However, when wilt was present the damage was evaluated from mild to moderate (90.5%) of sites visited; that is, the disease began to appear and the base of the stem had an advanced degree of necrosis. Combinations of root rot, weevil attack, or presence of viral infections were sometimes present. The results show that the management of the pepper crop is variable.

The most water pepper plant almost all year, this is verified with statistical significant differences ($p < 0.01$) between classes of responses. The results corroborate previous signs of Velasco *et al.* (1998) and López (2007), who stated that the production of water pepper in small areas, besides generating income for the producers, stimulates the local economy because, if the parcels are irrigated, they can grow pepper throughout year. On the other hand, the exchange of seed without health care can help to spread disease in the region, this coincides with the field observations of López (1989), noting that the rapid increase in area sown between 1970 and 1985, brought with it the appearance and development of problems and diseases, because there are no improved varieties or seed health checks.

In correspondence analysis, it was determined that the age of the farmer, area planted, type of pepper planted, planting season and transplant, phytosanitary problems, fertilizer use and seed origin, were determinants in the description of the pepper production system of 63 farmers in the Central Valleys of Oaxaca. The fourth main dimension explained 82.4% of total variability (Table 1).

Cuadro 1. Valores y vectores propios del análisis de correspondencia con base en las respuestas de agricultores respecto al manejo del cultivo de chile en Valles Centrales de Oaxaca.

Table 1. Values and eigenvectors of the correspondence analysis based on farmers' responses to the management of the pepper crop in Central Valleys of Oaxaca.

Variables de mayor valor explicativo	Dimensiones principales			
	1	2	3	4
Edad del agricultor	0.01	0.19	0.06	0.08
Superficie sembrada	0.04	0.4	0.01	0
Tipo de chile sembrado	0.73	0.15	0.06	0.01
Estación de siembra y trasplante	0.08	0.24	0	0.19
Problemas de enfermedades	0.03	0	0	0.71
Uso de fertilizantes químicos	0.08	0.01	0.21	0.01
Origen de las semillas	0.03	0.02	0.66	0
Valores propios	0.48	0.42	0.34	0.31
Porcentaje explicado	30.7	23.5	15.6	12.6
Porcentaje acumulado	30.7	54.2	69.8	82.4

En la representación gráfica del análisis de correspondencia, mediante las dos primeras dimensiones principales (Figura 1), se observó que los sistemas de producción de chile siguen un patrón determinado por la superficie sembrada, estación de siembra y trasplante, tipo de chile y uso de fertilizantes. Así, algunas parcelas de la subregión de Coatlán-Sola de Vega siguen un patrón particular debido a que ahí se siembra esencialmente chile tusta y en el caso de ciertas siembras establecidas en la subregión de Tlacolula-Zimatlán de chile de agua, siguen patrones basados en la estación de siembra y trasplante y uso de agroquímicos (30.7%). También fue posible encontrar un patrón de diferencias de pequeñas, medianas y grandes superficies sembradas de 0.25 o menores a 1 ha. En el caso de los agricultores que poseen una superficie menor a 0.25, corresponden a las subregiones de Coatlán-Sola de Vega, Ocotlán-Ejutla y Etna, las de mayor superficie corresponde a la subregión de Etna.

El 79.4% de la superficie sembrada corresponde a riego y riego-temporal, al realizarse el riego rodado inundando la parcela que coincide con la época de lluvias y encharcamientos. Así, el agua dispersa los esporangios y entonces se liberan zoosporas motiles que encuentran un ambiente favorable para dispersarse, y el suelo inundado se convierte en foco de infección y medio de supervivencia del patógeno, como lo señalan reportes para *P. capsici* (Erwin y Ribeiro, 1996; Ávila-Quezada *et al.*, 2005 y Silva-Rojas *et al.*, 2009).

In the graphical representation of the correspondence analysis, the first two main dimensions (Figure 1) showed that the pepper production systems follow a pattern determined by the area sown, planting and transplanting, type of pepper and use of fertilizers. Thus, some plots in the Coatlán-Sola of Vega subregion follow a particular pattern because they are essentially planted with tusta pepper, and in the case of certain plantations established in the Tlacolula-Zimatlán subregion, mainly of water pepper, based on the planting season and transplant and use of agrochemicals (30.7%). It was also possible to find a pattern of differences of small, medium and large sown areas of 0.25 or less than 1 ha. In the case of farmers with an area of less than 0.25, they correspond to the Coatlán-Sola of Vega, Ocotlán-Ejutla and Etna subregions, with the largest area corresponding to the Etna subregion.

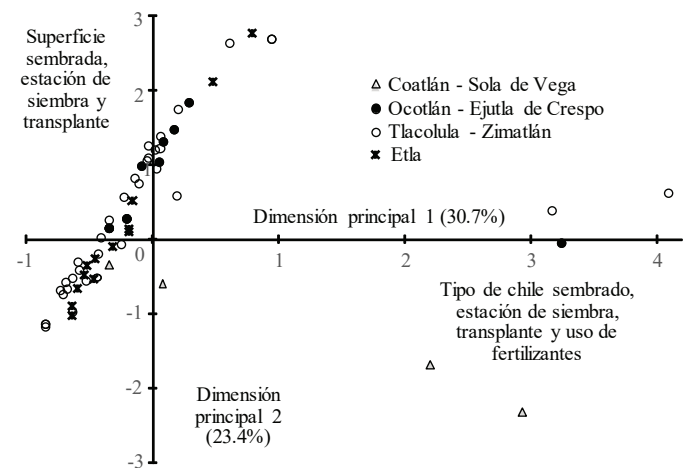


Figura 1. Descripción del manejo de unidades de producción de chile en tres subregiones de Valles Centrales de Oaxaca, con base en las primeras dos dimensiones principales del análisis de correspondencia.

Figure 1. Description of management of pepper production units in three subregions of Central Valleys of Oaxaca, based on the first two main dimensions of correspondence analysis.

The 79.4% of the area sown corresponds to irrigation and irrigation-time, which means that when irrigation rolled flooding in the plot, coinciding with the rainy season and flooding. Thus, the water dispersed sporangia and motile zoospores then find a favorable environment to disperse released, and the waterlogged soil becomes focus of infection and means of survival of the pathogen, as indicated earlier reports to *P. capsici* (Erwin and Ribeiro, 1996; Ávila-Quezada *et al.*, 2005 and Silva-Rojas *et al.*, 2009).

En cuanto a incidencia de marchitez del chile ocasionada por el complejo fitopatológico, se observó que en toda la región explorada de los Valles Centrales se presentaron cuatro patógenos: *Rhizoctonia*, *Fusarium*, *Phytophthora* y *Pythium*. La subdivisión en cuatro subregiones permitió observar una relación entre patógenos y subregiones. Por ejemplo, para las regiones de Coatlán-Sola de Vega y Ejutla-Ocotlán hubo mayor incidencia de *Rhizoctonia* y *Fusarium*, pero para Zimatlán-Tlacolula además se presentó *Phytophthora* y *Pythium*. La presencia de los cuatro patógenos también se hizo evidente en la región de Etlá. Todo hace pensar que los daños de marchitez se presentan más frecuentes si hay prevalencia de dos o más patógenos en el suelo, y específicamente las regiones de Etlá y Zimatlán-Tlacolula se presentó con mayor incidencia la enfermedad. Esto resultados coinciden con los reporte previos de Vásquez *et al.* (2009) en chile de agua (Cuadro 2).

As for incidence of pepper wilt caused by phytopathological complex it was observed in the entire region of the Central Valleys explored four diseases were presented: *Rhizoctonia*, *Fusarium*, *Phytophthora* and *Pythium*. The subdivision into four subregions made it possible to observe a relationship between pathogens and subregions. For example, for the regions of Coatlán-Sola of Vega and Ejutla-Ocotlán there was a higher incidence of *Rhizoctonia* and *Fusarium*, but also Zimatlán-Tlacolula *Phytophthora* and *Pythium* also presented. The presence of the four pathogens also became evident in the Etlá region. It is thought that wilt damages occur more frequently if there is a prevalence of two or more pathogens in the soil, and specifically the regions of Etlá and Zimatlán-Tlacolula presented with a higher incidence of the disease. This results are consistent with previous reports of Vásquez *et al.* (2009) in water pepper (Table 2).

Cuadro 2. Frecuencia observada de patógenos identificados en los muestreos realizados (n= 937) aislamientos en plantas de chile con síntomas de marchitez, en los Valles Centrales de Oaxaca.

Table 2. Observed frequency of pathogens identified in the samples (n= 937) isolates in pepper plants with wilt symptoms, in the Central Valleys of Oaxaca.

Subregión y municipios	Principales patógenos identificados			
	<i>Fusarium</i>	<i>Phytophthora</i>	<i>Pythium</i>	<i>Rhizoctonia</i>
Subregión Coatlán-Sola de Vega ($X^2= 11.391^*$)				
San Baltazar	7	0	2	8
San Pablo Coatlán	4	0	6	10
Sola de Vega	10	0	0	20
Subregión Ocotlán-Ejutla ($X^2= 70.015^{**}$)				
Cerro de Las Huertas	9	0	0	24
Ejutla de Crespo	6	0	0	8
El Arrogante	4	7	0	7
El Llano	8	0	0	28
San Juan Cuatecas Bajas	4	9	0	4
El Taray	3	0	0	17
Lachilagua	6	0	0	14
Subregión Zimatlán-Tlacolula ($X^2= 86.1^{**}$)				
San Jerónimo Tlacoahuaya	58	19	0	73
San Pablo Huixtepec	33	13	3	29
San Sebastián Abasolo	45	44	53	73
Valdeflores	18	16	0	21
Subregión Etlá ($X^2=75.639^{**}$)				
El Cerrito Santiago Etlá	8	0	2	10
La Ciénega Santiago Suchilquitongo	13	19	5	19
La Virgen San Sebastián Etlá	7	0	1	12
San Lorenzo Cacaotepec	16	0	3	21
San Sebastián Etlá	3	8	3	6
Santa Cruz Lachixolana	9	22	0	7
Santo Domingo Barrio Bajo	12	0	0	8
Total	283	157	78	419

*= diferencias significativas a nivel $p \leq 0.05$; **= diferencias significativas a nivel $p \leq 0.01$ (prueba de χ^2).

Los resultados de diagnóstico sobre la asociación del complejo fitopatológico *Rhizoctonia-Fusarium-Phytophthora-Pythium*, se observó e identificó la presencia de dos o más de ellos y manifestación síntomas de marchitez, que coinciden con los trabajos de Durán-Ortiz *et al.* (2001) de marchitez en Zacatecas y Aguascalientes. En Camargo, Delicias y Sur de Chihuahua se determinó a *Phytophthora capsici* como el agente causal de marchitez del chile (Silva-Rojas *et al.*, 2009 y Guigón-López y González- González, 2001). Vásquez *et al.* (2009) en su estudio determinaron que *Phytophthora* y *Rhizoctonia* son los agentes causales de marchitez para tres comunidades del estado de Oaxaca. Otros estudios indican que, los patógenos asociados con mayor frecuencia fueron *Rhizoctonia* spp. y *Fusarium* spp., en Aguascalientes y Zacatecas (Rico-Guerrero, 2002).

Cuando se realizó la prueba de patogenicidad a 17 y 52 aislamientos de *Phytophthora* y *Rhizoctonia*, respectivamente; en ambos casos, se detectó un número de aislamientos no patogénicos que de patogénicos. De estos últimos, se determinaron tres en *Phytophthora* y siete en *Rhizoctonia*. Aun cuando, en estas pruebas de patogenicidad hubo aislamiento que de manera independientes no reprodujeron los síntomas, no es un reflejo de pérdida de patogenicidad porque en campo regularmente convergen dos o más patógenos en el mismo sitio para reproducir los síntomas de marchitez. También debe resaltarse que se hicieron inóculos solo en chile de agua a 45 días de la primera fase de crecimiento (Cuadro 3).

Diagnostic results on the association of phytopathological complex *Fusarium Rhizoctonia-Fusarium-Phytophthora-Pythium*, was observed and identified the presence of two or more of them and manifesting symptoms of wilting, which coincide with the work of Durán-Ortiz *et al.* (2001) of wilt in the States of Zacatecas and Aguascalientes. In Camargo, Delicias and South of Chihuahua was determined to *Phytophthora capsici* as the causal agent of wilting pepper (Silva-Rojas *et al.*, 2009 and Guigon-López and González-González, 2001). Vásquez *et al.* (2009) study found that *Phytophthora* and *Rhizoctonia* are the causative agents of wilting for three communities in the state of Oaxaca. Other studies indicate that pathogens were more frequently associated with *Rhizoctonia* spp. and *Fusarium* spp., in Aguascalientes and Zacatecas (Rico-Guerrero, 2002).

When pathogenicity test was performed at 17 and 52 isolations of *Phytophthora* and *Rhizoctonia*, respectively; in both cases, a number of non-pathogenic isolates were detected rather than pathogenic. Of these, three in *Phytophthora* and seven in *Rhizoctonia* were determined. Even though in these pathogenicity tests there were isolates that independently did not reproduce the symptoms, it is not a reflection of loss of pathogenicity because in the field two or more pathogens regularly converge in the same site to reproduce the symptoms of wilt. It should also be noted that inoculate were only made in water pepper plants at 45 days of age, the first growth phase (Table 3).

Cuadro 3. Resultados de pruebas de patogenicidad de 17 aislamientos de *Phytophthora* y 52 de *Rhizoctonia*, y su relación con la subregión de origen en Valles Centrales de Oaxaca.

Table 3. Results of tests of pathogenicity of 17 isolates of *Phytophthora* and 52 in *Rhizoctonia*, and their relation to the subregion of origin in Central Valleys of Oaxaca.

Subregión	Phytophthora ($X^2=0.58^{ns}$)		Rhizoctonia ($X^2=1.61^{ns}$)	
	Patogénicos	No patogénicos	Patogénicos	No patogénicos
Ocotlán-Ejutla	0	2	2	7
Zimatlán-Tlacolula	2	9	3	25
Etla	1	3	2	9
Sola de Vega-Coatlán	0	0	0	4
Total	3	14	7	45

A 60 días de las inoculaciones, los síntomas de las plantas con *Rhizoctonia* fueron de clorosis, después necrosis en la base del tallo con desprendimiento de epidermis y finalmente muerte de la planta. En inoculaciones con *Phytophthora*, los síntomas aparecieron a 55 días de inoculación; entre los más destacados fue, pérdida de turgencia o marchitez de hojas,

A inoculations 60 days, symptoms of *Rhizoctonia* plants were chlorosis, after necrosis the stem base with detachment of epidermis and finally death of the plant. In inoculations with *Phytophthora*, symptoms appeared 55 days of inoculation; among the most notable were loss of leaf turgor or wilting, defoliation, slight yellowing, necrosis

defoliación, ligero amarillamiento, necrosis en la base del tallo y muerte de planta. Se cuantificó patogenicidad como número de plantas muertas con síntomas de la enfermedad.

Conclusiones

Los agrosistemas de producción de chile en Valles Centrales de Oaxaca son diversos en infraestructura utilizada, superficie sembrada, manejo del cultivo, plagas y enfermedades. En este sentido, se destaca el chile de agua como más frecuente y de mayor superficie sembrada durante todo el año. Los productores usualmente obtienen su propia semilla, utilizan fertilizantes químicos, regularmente presentan incidencias de plagas como el picudo del fruto y pudriciones de raíz asociadas a síntomas de marchitez, y 84.1% de ellos utilizan agroquímicos para su control. En el análisis de correspondencia se determinó la edad del agricultor, superficie sembrada, tipo de chile sembrado, estación de siembra y trasplante, problemas fitosanitarios, uso de fertilizantes y origen de la semilla, fueron las variables de mayor valor descriptivo del sistema de producción de chile de 63 agricultores de Valles Centrales de Oaxaca.

Se observaron diferentes síntomas catalogados como marchitez del chile en varios sitios de producción de los Valles Centrales, y los patógenos relacionados con el síntoma fueron *Rhizoctonia* y *Fusarium*, y dos oomycetes: *Phytophthora* y *Pythium*. También, se determinó una relación significativa (X^2 , $p < 0.05$) entre subregiones visitadas y frecuencia de la distribución de patógenos: en las regiones de Coatlán-Sola de Vega y Ejutla-Ocotlán hubo mayor incidencia de *Rhizoctonia* y *Fusarium*, pero para Zimatlán-Tlacolula y Etlá además se presentó *Phytophthora* y *Pythium*. Los resultados muestran la presencia de dos o más patógenos en el mismo sitio, y consecuentemente mayor incidencia en campo de la enfermedad.

En las pruebas de patogenicidad se reprodujeron uno o más síntomas de la marchitez del chile, mediante la inoculación de 3 y 7 aislamientos patogénicos de *Phytophthora* y *Rhizoctonia* respectivamente; en plantas de chile de agua de 45 días de edad. Estos aislamientos patogénicos son factibles de utilizarse en pruebas de tolerancias o resistencias de germoplasma de chile.

at the base of the stem and plant death. Pathogenicity was quantified as the number of dead plants with symptoms of the disease.

Conclusions

The agro-systems of pepper production in Central Valleys of Oaxaca are diverse in infrastructure used, area planted, crop management, pests and diseases. In this sense, water pepper is highlighted as the most frequent and largest area planted throughout the year. Producers usually obtain their own seed, use chemical fertilizers, regularly present pest incidences such as fruit weevil and root rot associated with wilt symptoms, and 84.1% of them use agrochemicals for their control. In the correspondence analysis, it was determined that the age of the farmer, area planted, type of pepper planted, planting season and transplant, phytosanitary problems, fertilizer use and seed origin were the variables with the highest descriptive value of the production system of Pepper from 63 farmers in Central Valleys of Oaxaca.

The different symptoms were observed and listed as pepper wilting in several production sites in the Central Valleys and related pathogens were *Rhizoctonia* and *Fusarium* symptoms, and two oomycetes: *Phytophthora* and *Pythium*. A significant relationship is also determined (X^2 , $p < 0.05$) between subregions visited and frequency of distribution of pathogens: in the regions of Coatlán-Sola of Vega and Ejutla-Ocotlán had higher incidence of *Rhizoctonia* and *Fusarium*, but Zimatlán-Tlacolula and Etlá also presented *Phytophthora* and *Pythium*. The results show the presence of two or more pathogens in the same site, and consequently higher incidence in the field of the disease.

In the pathogenicity tests one or more symptoms of wilt pepper reproduced by inoculating 3 and 7 pathogenic isolates of *Phytophthora* and *Rhizoctonia* respectively; in plants of 45 days old water pepper. These pathogenic isolates are feasible to be used in tests of tolerances or resistance of pepper germplasm.

End of the English version



Literatura citada

- Arellanes, M. A.; de la Cruz, V.; Romero, M. A.; Sánchez, C.; Ruiz, F. J.; Martínez, V. R. y López, E. 2006. Historia y geografía de Oaxaca. Carteles Editores, Oaxaca, México. 159 p.
- Avelar, M. J. y Marban, M. 1989. Intentos de control de la marchitez del chile ocasionada por el hongo *Phytophthora capsici* en la región de Valsequillo. Puebla. In: Memorias XVI Congreso Nacional de Fitopatología, Sociedad Mexicana de Fitopatología, A. C. Texcoco. México. 11 p.
- Ávila-Quezada, G. D.; Gardea, A.; Pedroza-Sandoval, A.; Silva-Rojas, H. V. and Fernández-Pavía, S. 2005. Spatial dynamic of pepper wilt. *Phytopathology*. 95:149.
- Babu, B. S.; Pandravada, S. R.; Prasada-Rao, R. D. V. J.; Chakrabarty, S. K. and Varaprasad, K. S. 2011. Global sources of pepper genetic resources against arthropods, nematodes and pathogens. *Crop Protection*. 30:389-400.
- Barnett, H. L. and Hunter, B. B. 1972. Illustrated genera of imperfect fungi. Burgess publishing company. Minneapolis, MN, USA. 273 p.
- Chew, M. Y. I.; Vega, P. A.; Palomo, R. M. y Jiménez, D. F. 2008. Principales enfermedades del chile (*Capsicum annuum* L.). INIFAP-Centro de Investigación Regional Norte Centro. Campo Experimental, La Laguna. México, D. F. Folleto Técnico Núm. 153. 2 p.
- Durán-Ortiz, L.; Pérez-Moreno, J. L.; Sánchez-Pale, J. R. y Olalde-Portugal, V. 2001. Identificación de los hongos que ocasionan la "marchitez del chile" en la región del Bajío. In: Memorias. XXVIII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología. Querétaro, México. 13 p.
- Erwin, D. C. and Ribeiro, O. K. 1996. *Phytophthora* diseases worldwide. American Phytopathological Society Press. St. Paul, Minnesota. 562 p.
- FAOSTAT. 2010. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Exportaciones: país por producto. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).
- Gilardi, G.; Baudino, M.; Moizio, M.; Pugliese, M.; Garibaldi, A. and Gullino, M. L. 2013. Integrated management of *Phytophthora capsici* on bell pepper by combining grafting and compost treatment. *Crop Protection*. 53:13-19.
- González-Pérez, E.; Yáñez-Morales, M. J.; Santiago-Santiago, V. y Montero-Pineda, A. 2004. Biodiversidad fungosa en la marchitez del chile y algunos factores involucrados de José Mazo. El Verde, Puebla. *Agrociencia*. 38:653-661.
- Guigón-López, C. y González-González, P. 2001. Estudio regional de las enfermedades del chile (*Capsicum annuum* L.) y su comportamiento temporal en el sur de Chihuahua, México. *Rev. Mex. Fitopatol.* 19:49-56.
- Guillem-Cruz, R.; Hernández-Castillo, F. D.; Gallegos-Morales, G.; Rodríguez-Herrera, R.; Aguilar-González, C. N.; Padrón-Corral, E. y Reyes-Valdés, M. H. 2006. *Bacillus* spp. como biocontrol en un suelo infestado con *Fusarium* spp., *Rhizoctonia solani* Kühn y *Phytophthora capsici* Leonian y su efecto en el desarrollo y rendimiento del cultivo de chile (*Capsicum annuum* L.). *Rev. Mex. Fitopatol.* 24:105-114.
- Jinag, Z.-Q.; Guo, Y.-H.; Li, S.-M.; Qi, H.-Y and Guo, J.-H. 2006. Evaluation of biocontrol efficiency of different *Bacillus* preparations and field applications methods against phytophthora blight of bell pepper. *Biological Control*. 36:216-223.
- Koc, E.; Üstün, A. S.; Islek, C. and Arici, Y. K. 2011. Defense responses in leaves of resistant and susceptible pepper (*Capsicum annuum* L.) cultivars infected with different inoculum concentrations of *Phytophthora capsici* Leon. *Sci. Hort.* 128:434-442.
- Lamour, K. H. and Hausbeck, M. K. 2003. Effect of crop rotation on the survival of *Phytophthora capsici* in Michigan. *Plant Disease*. 87:841-845.
- López, P. 1989. El chile de agua (*Capsicum annuum* L.) en Valles Centrales de Oaxaca. Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Oaxaca, México. 22 p.
- López, P. 2007. El chile de agua: un chile típico de Valles Centrales de Oaxaca. *Agroproduce*. 16:8-12.
- Montero-Tavera, V.; Guerrero-Aguilar, B. Z.; Anaya-López, J. L.; Martínez-Martínez, T. O.; Guevara-Olvera, L. y González-Chavira, M. M. 2013. Diversidad genética de aislados de *Rhizoctonia solani* (Kuhn) de Chile e México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 4:1043-1054.
- Moran-Bañuelos, S. H.; Aguilar-Rincón, V. H.; Corona-Torres, T. y Zavaleta-Mejía, E. 2010. Resistencia a *Phytophthora capsici* Leon de chiles nativos del sur de Puebla, México. *Rev. Fitotec. Mex.* 33:21-26.
- Ozgonen, H. and Erkilic, A. 2007. Growth enhancement and phytophthora blight (*Phytophthora capsici* Leonian) control by arbuscular mycorrhizal fungal inoculation in pepper. *Crop Protection*. 26:1685-188.
- Ramos-Sandoval, R.; Gutiérrez-Soto, J. G.; Rodríguez-Guerra, R.; Salcedo-Martínez, S. M.; Hernández-Luna, C. E.; Luna-Olvera, H. A.; Jiménez-Bremont, J. F.; Fraire-Velázquez, S. y Almeyda-León, I. H. 2010. Antagonismo de dos ascomicetos contra *Phytophthora capsici* Leonian, causante de la marchitez del chile (*Capsicum annuum* L.). *Rev. Mex. Fitopatol.* 28:75-86.
- Rico, G. L.; Guerrero, A. B.; López, V. A.; Guevara, G. L.; Torres, P. I. y González, C. M. 2001. Búsqueda de resistencia natural en plantas de chile (*Capsicum* spp.) contra aislados del complejo fúngico que causa pudrición de raíz. In: XXVIII Congreso Nacional de Fitopatología.
- Rico-Guerrero, L.; Medina-Ramos, S.; Muñoz-Sánchez, C. I.; Guevara-Olvera, L.; Guevara-González, R. G.; Guerrero-Aguilar, B. Z.; Torres-Pacheco, I.; Rodríguez-Guerra, R. y González-Chavira, M. M. 2004. Detección de *Phytophthora capsici* Leonian en plantas de chile (*Capsicum annuum* L.) mediante PCR. *Rev. Mex. Fitopatol.* 22:1-6.
- Richins, R. D.; Micheletto, S. and O'Connell, M. A. 2010. Gene expression profiles unique to chile (*Capsicum annuum* L.) resistant to phytophthora root rot. *Plant Sci.* 178:192-201.
- Ristaino, J. B. and Johnston, S. B. 1999. Ecologically based approaches to management of phytophthora blight on bell pepper. *Plant Des.* 83:1080-1089.
- Robles-Yerena, L.; Rodríguez-Villareal, R. A.; Ortega-Amaro, M. A.; Fraire-Velázquez, S.; Simpson, J.; Rodríguez-Guerra, R. and Jiménez-Bremont, J. F. 2010. Characterization of a new fungal antagonist of *Phytophthora capsici*. *Sci. Hort.* 125:248-255.
- Romero-Cova, S. 1988. Hongos fitopatógenos. Universidad Autónoma Chapingo (UACH). Dirección del Patronato Universitario. A. C. 347 p.
- Sang, M. K. and Kim, K. D. 2012. Plant growth-promoting rhizobacteria suppressive to phytophthora blight affect microbial activities and communities in the rhizosphere of pepper (*Capsicum annuum* L.) in the field. *Appl. Soil Ecol.* 62:88-97.

- Sang, M. M.; Chun, S-C. and Kim, K. D. 2008. Biological control of phytophthora blight of pepper by antagonistic rhizobacteria selected from a sequential screening procedure. *Biological Control*. 46:424-433.
- Silva-Rojas, H. V.; Fernández-Pavía, S. P.; Góngora-Canul, C.; Macías-López, B. C. y Ávila-Quezada, G. D. 2009. Distribución espacio temporal de la marchitez del chile (*Capsicum annuum* L.) en Chihuahua e identificación del agente causal *Phytophthora capsici* Leo. *Rev. Mex. Fitopatol.* 27(2):134-147.
- SAS. 1999. SAS® Procedures guide, Version 8. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA. 1 643 p.
- Vásquez L. A.; Tlapal, B.B; Yáñez, M. M.; Pérez P. R. y Quintos, E. M. 2009. Etiología de la marchitez del 'chile de agua' (*Capsicum annuum* L.) en Oaxaca, México. *Rev. Fitotec. Mex.* 32:127-134.
- Velásquez, V. R.; Rincón, V. J. F. y López, F. L. C. 2000. Guía para controlar la pudrición de la raíz de chile en Aguascalientes y Zacatecas. Folleto para Productores Num. 25. Campo Experimental Calera-INIFAP, SAGARPA. 16 p.
- Velásquez-Valle, R.; Medina-Aguilar, M. M. y Luna-Ruiz, J. J. 2001. Sintomatología y géneros de patógenos asociados con las pudriciones de la raíz del chile (*Capsicum annuum* L.) en el norte-centro de México. *Rev. Mex. Fitopatol.* 19:175-181.
- Velásquez, V.; Medina, A. y Mena, C. 2002. Guía para identificar y manejar las principales enfermedades parasitarias del chile en Aguascalientes y Zacatecas. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Folleto técnico Núm. 20. 41 p.
- Velásquez-Valle, R. y Amador-Ramírez, M. D. 2007. Análisis sobre la investigación del chile seco (*Capsicum annuum* L.), realizadas por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias en los estados de Aguascalientes y Zacatecas, México. *Rev. Mex. Fitopatol.* 25:80-84.
- Velasco, V. V.; Trinidad, S. A.; Tirado, T. J.; D. Téliz, O. D.; Martínez, G. A. y Cadena, H. M. 1998. Efecto de algunos nutrimentos en plantas de chile de agua infectadas con virus. *Terra Latinoam.* 16:317-324.
- Visauta, V. B. 2002. Análisis estadístico con SPSS para Windows. McGraw-Hill, Madrid España. 304 p.
- Walker, S. J. and Bosland, P. W. 1999. Inheritance of phytophthora root rot and foliar blight resistance in pepper. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 124:14-18.
- Wang, Q.; Y. Ma. G.; Wang, Z.; Gu, D.; Sun, X. and Chang, Z. 2014. Integration of biofumigation with antagonistic microorganism can control phytophthora blight of pepper plants by regulating soil bacterial community structure. *Eur. J. Biol.* 61:58-67.