

# Variabilidad morfológica y sensibilidad de *Phytophthora capsici* causando marchitez en chile pimiento morrón en Chihuahua, México

## Morphological variability and sensitivity of *Phytophthora capsici* causing wilt in bell pepper in Chihuahua, Mexico

Celina Sánchez-Gurrola, Nuria Gómez-Dorantes, Gerardo Rodríguez-Alvarado, Sylvia Patricia Fernández-Pavía\*. Laboratorio de Patología Vegetal. Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Carretera Morelia-Zinapécuaro Km 9.5, Tarímbaro, Michoacán. C.P. 58880. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH). Graciela Ávila-Quezada. Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, Universidad Autónoma de Chihuahua, Calle Escorza 900, Chihuahua, Chihuahua, México. CP. 31000. \*Autor de Correspondencia: fpavia@umich.mx

Recibido: 10 de Abril, 2019.

Aceptado: 16 de Junio, 2019.

Sánchez-Gurrola C, Gómez-Dorantes N, Rodríguez-Alvarado G, Fernández-Pavía SP y Ávila-Quezada G. 2019. Variabilidad morfológica y sensibilidad de *Phytophthora capsici* causando marchitez en chile pimiento morrón en Chihuahua, México. Revista Mexicana de Fitopatología 37(No. Esp. 1): 65-71.

DOI: 10.18781/R.MEX.FIT.1904-4

**Resumen.** A nivel mundial, México es el principal exportador del chile pimiento morrón (*Capsicum annuum*). El cultivo es afectado por diversas enfermedades, siendo la marchitez del chile ocasionada por *Phytophthora capsici* una de las más importantes. Este fitopatógeno posee alta variabilidad en virulencia y sensibilidad a fungicidas. No existen en México estudios sobre poblaciones de *P. capsici* para pimiento morrón. El objetivo de este trabajo fue determinar la diversidad de aislados de

*P. capsici* obtenidos de plantas de pimiento morrón con marchitez en Delicias, Chihuahua, México, mediante los marcadores fenotípicos: patrón de crecimiento de la colonia, tipo de compatibilidad, virulencia y sensibilidad a fungicidas. Los tipos de colonia fueron: estrellado (74%), ligeramente petaloide (14%) y radial (12%). Se detectaron aislados sensibles (53%), con sensibilidad intermedia (42%) e insensibles (5%) a mefenoxam. El 86.6% de los aislados inoculados fueron altamente virulentos, produjeron síntomas cuatro días después de la inoculación. Se detectaron los dos tipos de compatibilidad (TC) A1 y A2. Se formaron oosporas *in planta* al inocular los dos TC detectados en una misma planta. Los resultados sugieren que existe reproducción sexual en campo y como consecuencia variabilidad entre los aislados de *P. capsici*, responsables de la marchitez en cultivos de chile pimiento morrón en Delicias, Chihuahua, México.

**Palabras clave:** oomicetes, *Capsicum annuum*, reproducción sexual.

**Abstract.** Mexico is the main exporter of bell pepper (*Capsicum annuum*) worldwide. The crop is affected by several diseases being wilt caused by *Phytophthora capsici* one of the most important. This phytopathogen has high variability in virulence and sensitivity to fungicides. There are no studies on populations of *P. capsici* from bell pepper in Mexico. The objective of this study was to determine the diversity of isolates of *P. capsici* obtained from bell pepper plants with wilt from Delicias, Chihuahua, Mexico by phenotypic markers: colony pattern, compatibility type, virulence and sensitivity to fungicides. The types of colony observed were: stellate (74%), slightly petaloid (14%) and radial (12%). Sensitive isolates were detected (53%), with intermediate sensitivity (42%) and insensitive (5%) to mefenoxam. The 86.6% of the isolates inoculated were highly virulent, causing symptoms four days after inoculation. Both mating types (MT) A1 and A2 were detected. Oospore formation *in planta* was achieved inoculating both MT found in the same plant. The results suggest that there is sexual reproduction in the field and as a consequence diversity among the isolates of *P. capsici*, which cause wilt in bell pepper crops from Delicias, Chihuahua, Mexico.

**Key words:** oomycetes, *Capsicum annuum*, sexual reproduction.

El chile es un cultivo importante y es originario de México, una tercera parte de la producción nacional se exporta a países de Europa, Asia y América. El país tiene el primer lugar a nivel internacional en la exportación de pimientos y el tercero en chile verde (SAGARPA, 2018). Durante el año

2017, México se ubicó como el principal exportador de pimientos a nivel mundial, al comercializar un volumen de 150,304 ton, que significó ingresos por un total de 153.7 millones de dólares (SAGARPA, 2018). El cultivo es afectado por la incidencia de la marchitez del chile, una enfermedad ocasionada por el oomicete *Phytophthora capsici*. Este patógeno es considerado el factor limitante más importante en la producción de *Capsicum annuum* donde provoca cuantiosas pérdidas económicas (Silva-Rojas *et al.*, 2009). Su presencia ha propiciado que algunas regiones productoras importantes hayan disminuido la superficie de siembra o el desplazamiento de la producción a nuevas áreas (Guigón-López y González-González, 2001).

Actualmente, el control de *P. capsici* se basa en un programa de manejo integrado que incluye: prácticas culturales, la aplicación de fungicidas, fumigantes, agentes biológicos y el uso de variedades resistentes (Foster y Hausbeck, 2010). El Mefenoxam, enantiómero activo del metalaxil suele ser utilizado para controlar especies de *Phytophthora* (Parra y Ristaino, 1998). Sin embargo, el uso indiscriminado de este producto provoca un severo e irreversible impacto ambiental, es tóxico para el ser humano y promueve la resistencia del patógeno. El empleo de injertos en patrones resistentes representa un método alternativo para el control de *P. capsici*, debido a su eficacia e inocuidad para el ambiente. En un estudio realizado en Delicias, Chihuahua en el año 2012 se encontró que la variedad comercial Terrano tiene resistencia a la enfermedad provocada por *P. capsici* y favoreció el aumento de la producción en un 50%, mejorando los parámetros de calidad del fruto del pimiento morrón (Sánchez-Chávez *et al.*, 2015).

Entre mayor diversidad genética posea una especie mayor será su capacidad de adaptación a distintas condiciones (Piñero *et al.*, 2008). En especies del género *Phytophthora* las fuentes de variación

se presentan por flujo de genes en las poblaciones de manera local o a grandes distancias, recombinación sexual o asexual, recombinación mitótica, parasexualidad, migración y selección natural (Goodwin, 1997). Uno de los marcadores utilizados para detectar variabilidad es la compatibilidad sexual; *P. capsici* es una especie heterotálica y requiere de los dos tipos de compatibilidad (A1 y A2) para completar el ciclo sexual y formar oosporas. La recombinación es la forma más eficiente para desarrollar diversidad genética. Otro de los marcadores para determinar la diversidad de poblaciones, es la resistencia a fungicidas, como el metalaxil y el mefenoxam, que son los más utilizados para el control de oomicetes (Lamour y Hausbeck, 2003). Se ha reportado que la resistencia a fungicidas en especies de *Phytophthora* es el resultado de mutaciones estables y heredables (Hwang y Benson, 2005). En México no existen estudios sobre las poblaciones de este importante fitopatógeno en los cultivos de chile del tipo pimiento morrón.

El trabajo se realizó en el Laboratorio de Patología Vegetal del Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Se utilizaron 86 aislados previamente identificados como *P. capsici* en base a morfología (esporangios papilados y bipapilados, con formas variables y con pedicelo caído) obtenidos de plantas de pimiento morrón de la variedad Fascinato injertadas sobre patrón Terrano de cultivos con síntomas de marchitez en Delicias, Chihuahua, México. Para la determinación del tipo de compatibilidad de los aislados se utilizaron cepas de referencia de *P. capsici*: 2C (A1) y 3C (A2) del Laboratorio de Patología Vegetal-UMSNH, las cruces se realizaron en el medio de cultivo V8 (Campbell's®) agar y se incubaron a 25 °C durante diez días en oscuridad. Para describir el patrón de crecimiento de las colonias los aislados se sembraron en el medio de cultivo Papa- Dextrosa-

Agar (PDA) (Bioxon®) y se incubaron a 25 °C en oscuridad durante siete días y se compararon con los patrones descritos por Erwin y Ribeiro (1996).

Para evaluar la resistencia a fungicidas se utilizó el medio de cultivo harina de maíz (Sigma-Aldrich®) suplementado con 100 µg/ mL de mefenoxam (Ridomil Gold® 4E, 46.2 i.a.) y como control, el mismo medio sin fungicida. Se colocó un círculo de agar con micelio (9 mm) de cinco días de crecimiento en el centro de la caja Petri, las cajas se distribuyeron al azar con dos repeticiones para cada aislado y se incubó a 25 °C±1 durante cinco días. Las mediciones del crecimiento radial se hicieron en dos direcciones cada 24 h durante siete días. Para evaluar la sensibilidad de los aislados al mefenoxam se utilizó el rango propuesto por Lamour y Hausbeck (2003) con respecto al porcentaje de crecimiento del control: Sensible (S), cuando el crecimiento fue < 30%, Sensibilidad intermedia (SI) > 30% y < 90%; e Insensibles (I) > 90%.

Para la determinación de la severidad se utilizaron semillas de plantas de pimiento morrón variedad Dashen F-1, la cual fue susceptible en estudios previos. Estas se desinfestaron con alcohol al 70% durante 30 seg. Se sembraron en semilleros con sustrato del tipo Peat Moss y se mantuvieron en cámara húmeda por diez días. Cinco semanas después, las plántulas se transplantaron en charolas de germinación de seis compartimentos con un sustrato conformado por una mezcla de suelo-arena 1:1 (P: P) estéril y se adicionó una solución nutritiva. Para las pruebas se seleccionaron 15 aislados (CPV-161,CPV-163,CPV-166,CPV-174,CPV-179,CPV-190,CPV-191,CPV-197,CPV-201,CPV-203,CPV-210,CPV-217,CPV-226,CPV-229 y CPV-234) que incluían los dos tipos de compatibilidad. La producción de esporangios y zoosporas se realizó mediante el procedimiento de Ristaino (1990) con modificaciones. En la preparación del inóculo, cada aislado se sembró en el medio jugo V8-agar

durante 5-7 días a 25 °C en oscuridad. La producción de esporangios se indujo a través de cortes del medio con micelio de cada aislado que se cubrieron con agua desionizada estéril e incubaron a 25 °C en oscuridad hasta observar la formación de esporangios. Para la liberación de zoosporas, los aislados se sometieron a un choque térmico a 4 °C por 30-45 min. El conteo de zoosporas se realizó con una cámara de Neubauer. Las plantas con diez semanas de crecimiento se inocularon con 1 mL de una suspensión de zoosporas [1000 zoosporas mL<sup>-1</sup>], con seis repeticiones por aislado. Las plantas testigo se inocularon con 1 mL de agua desionizada estéril. Tres aislados no produjeron suficientes esporangios y se inocularon mediante dos cuadros de agar (1 cm<sup>3</sup>) con micelio depositados sobre la raíz de cada planta y se cubrieron con la mezcla de suelo. Las plantas se mantuvieron inundadas durante 24 h para favorecer el establecimiento del patógeno. Una vez retirado el exceso de agua, se regaron cada tercer día. El avance de la necrosis de los tallos se midió 15 días después de la inoculación. Para evaluar el índice de severidad (IS) se elaboró la siguiente escala: 1: planta sana; 2: planta <10% de necrosis en tallo; 3: plantas con > 10 % y ≤ 30% de necrosis en tallo y 4: plantas con >30% y < 50% de necrosis en tallo. Las observaciones se realizaron cada 24 h durante 15 días. El reaislamiento del patógeno se realizó a partir de tejido con síntomas de necrosis

en tallo, en el medio de cultivo harina de maíz con antibióticos y fungicidas (pentacloronitrobenzeno 0.10 g L<sup>-1</sup>; natamicina 0.02 g L<sup>-1</sup>; ampicilina 0.27 g L<sup>-1</sup>; rifampicina 0.01 g L<sup>-1</sup>; himexazol 0.075 g L<sup>-1</sup>). Para inducir la formación de esporangios se utilizó el medio de cultivo jugo V8 agar.

Debido a que se obtuvieron aislados con los dos tipos de compatibilidad procedentes de una misma planta, se indujo la formación de oosporas *in planta* inoculando seis plantas con 10000 zoosporas mL<sup>-1</sup>, se colocó el TC A1 en la base del tallo y dos cuadros de agar con micelio del TC A2 en la raíz, cubriendo con suelo. Las plantas inoculadas se mantuvieron bajo condiciones de invernadero hasta la observación de síntomas. Cuatro días después, se extrajeron tres plantas con necrosis en el tallo y se desinfectaron con agua corriente y jabón comercial. Se cortaron fragmentos de 0.5 cm<sup>2</sup>, se colocaron en un vaso de precipitado con 20 mL de etanol al 96% a 78°C y se dejaron reposar durante 2 h. Se removió la epidermis del tejido y se colocó en un portaobjetos con una gota azul de lactofenol (5%), y se observó en un microscopio compuesto (Leica®) con los aumentos 400x y 1000x. Se detectaron los dos tipos de compatibilidad. De los 86 aislados el TC A2 presentó la mayor frecuencia con 67% y el TC A1 el 33%. Se observaron oosporas pleróticas con anteridios anfíginos (Figura 1a). El hallazgo de los dos tipos de compatibilidad sugiere la presencia

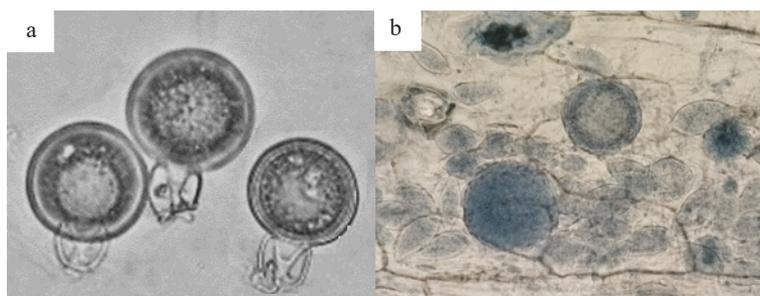


Figura 1. a) Oosporas *in vitro* (400x) observadas en las cruces realizadas para determinar el tipo de compatibilidad; b) Oospora *in planta* (1000X) obtenidas al inocular ambos tipos de compatibilidad en una misma planta.

de la reproducción sexual en cultivos de pimiento morrón muestreados. Esto puede contribuir a que la enfermedad de la marchitez sea recurrente, las oosporas representan la fuente de inóculo primario. La presencia de la reproducción sexual también sugiere la existencia de diversidad en *P. capsici* en estos campos de cultivo, como consecuencia del intercambio de material genético entre aislados. Estudios anteriores en otras variedades de chile (*C. annuum*) en México también han confirmado la presencia de ambos tipos de compatibilidad en zonas productoras de chile en los estados de Aguascalientes, Chihuahua, Guanajuato, Jalisco y Zacatecas (Pérez-Moreno *et al.*, 2003; Rodríguez-Moreno *et al.*, 2004; Silva-Rojas *et al.*, 2009; Castro-Rocha *et al.*, 2016). Se observaron tres patrones de crecimiento de las colonias (Figura 2): el 74% de los aislados presentaron el patrón estrellado, 14% ligeramente petaloide y el 12% radial. Silva-Rojas *et al.* (2009), reportan el tipo de crecimiento estrellado en los aislados de Chihuahua que analizaron. Algunos autores han señalado que la obtención de diferentes tipos de crecimiento de las colonias es la primera evidencia de la variabilidad entre aislados de *P. capsici* (Granke *et al.*, 2011), por tanto, de acuerdo con los diferentes patrones de crecimiento observados en el presente estudio, puede considerarse

esta característica como el primer indicio de diversidad en esta población de *P. capsici* aislados de pimiento morrón provenientes de Chihuahua.

Los aislados expuestos a 100 ppm, 53% presentaron sensibilidad (S), 42% sensibilidad intermedia (SI) y 5% insensibles (I). Los valores obtenidos contrastan con los registrados por Silva-Rojas *et al.* (2009), quienes, en zonas productoras de chile en el sur del estado de Chihuahua, encontraron que todos los aislados obtenidos presentaron sensibilidad. Los resultados para los aislados con RI y R de este estudio coinciden con otras investigaciones; Parra y Ristaino (1998) y Keinath *et al.*, (2007) reportaron que un gran número de aislados con SI e I se ubicaban en campos de cultivo con aplicaciones de mfenoxam y el metalaxil como único fungicida para el control de *P. capsici*. A partir de la combinación de las características: tipo de compatibilidad, sensibilidad al mfenoxam y crecimiento de colonia, se encontraron 13 genotipos de frecuencia variable. La mayor frecuencia correspondió al genotipo A2, sensible y con colonia estrellada. La presencia de los dos tipos de compatibilidad en el suelo e incluso en la misma planta, aunado a que algunos aislados presentan insensibilidad al mfenoxam, pueden dificultar el manejo de la enfermedad.

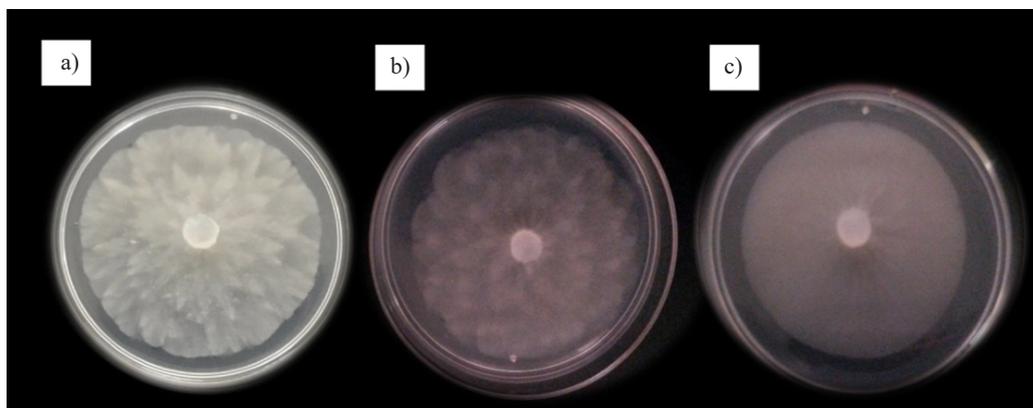


Figura 2. Tipo de colonias observadas en medio PDA: a) estrellada, b) ligeramente petaloide, c) radial.

Los síntomas en las plantas infectadas se observaron cuatro días posteriores a la inoculación (dpi) para el 86.6% de los aislados, principalmente necrosis en la base del tallo (>30%) y pérdida de hojas basales. El 6.67% mostró síntomas a partir del séptimo día y necrosis menor (<10%) el restante 6.67%, corresponde a un aislado asintomático (CPV-190). Existe la posibilidad de que el aislado haya perdido virulencia por las frecuentes transferencias en medios de cultivo en el laboratorio, este fenómeno ya se ha observado en otros aislados (Erwin y Ribeiro, 1996). A pesar de que catorce aislados fueron virulentos, se encontró variabilidad en dos de ellos (CPV-161 y CPV-197) que indujeron un menor porcentaje de necrosis en los tallos. Por su incapacidad para producir esporangios, el aislado CPV-161 se inoculó con micelio, esto pudo afectar el proceso de infección, el cual es influenciado por la cantidad de inóculo, ya que si existe una mayor concentración de inóculo la agresividad de la infección aumenta (Lee *et al.*, 2012). Se observó defoliación en todas las plantas inoculadas, estos resultados coinciden con lo observado por Goldberg (1995) que menciona a la defoliación como un síntoma observado en plantas afectadas por *P. capsici*. Este experimento confirma que es un patógeno muy agresivo, que representa un problema importante para los productores. El patrón o portainjerto Terrano que ha sido efectivo para controlar la marchitez de pimiento morrón en Italia (Gilardi *et al.*, 2013), en Chihuahua resultó más susceptible a la infección causada por *P. capsici*. Las plantas de pimiento morrón inoculadas con los aislados A1 y A2 formaron oosporas (Figura 1b) en dos plantas 4 dpi. Este hallazgo indica que la reproducción sexual se puede llevar a cabo en el tejido del hospedante. No se observaron anteridios, posiblemente se desintegraron después de haber cumplido su función. La pérdida del anteridio se ha observado en hojas colectadas en el campo infectadas

por *P. infestans*, con dobles lesiones y clarificadas. También se ha observado en condiciones *in vitro*, cuando en un medio de cultivo se cruzan los dos tipos de compatibilidad de *P. infestans*. En cucurbitáceas también se ha encontrado la producción de oosporas *in planta* (Kurt Lamour, comunicación personal) no obstante, este es el primer reporte en pimiento morrón.

La alta diversidad genética de este patógeno en conjunto con sus estrategias de infección y ciclo de vida, dificultan el manejo de la enfermedad y provocan un severo problema para los productores de Chile. Al detectarse en el presente estudio los dos tipos de compatibilidad en los aislados, sugiere que la reproducción sexual se está llevando a cabo en los campos de cultivo de pimiento morrón muestreados en Delicias, Chihuahua. Esto se ve reflejado en la diversidad encontrada ya que se observaron patrones de crecimiento variables, aislados con sensibilidad al mefenoxam, sensibilidad intermedia e insensibles, variación en la esporulación y virulencia. La información generada con este trabajo puede contribuir en la generación de las estrategias adecuadas para el manejo de la marchitez del Chile tipo pimiento morrón, enfermedad que se ha extendido en diversas regiones del país.

## LITERATURA CITADA

- Castro-Rocha A, Shrestha S, Lyon B, Grimaldo-Pantoja GL, Flores-Marges JP, Valero-Galván J, Aguirre-Ramírez M, Osuna-Ávila P, Gómez-Dorantes N, Ávila-Quezada G, Luna-Ruiz JJ, Rodríguez-Alvarado G, Fernández-Pavía SP, and Lamour K. 2016. An initial assessment of genetic diversity for *Phytophthora capsici* in northern and central Mexico. *Mycological Progress* 15:15. <https://doi.org/10.1007/s11557-016-1157-0>
- Erwin DC and KO Ribeiro. 1996. *Phytophthora* Diseases Worldwide. The American Phytopathological Society. United States of America. Pp: 269-280. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3059.1998.0179a.x>
- Foster JM and MK Hausbeck. 2010. Managing *Phytophthora* crown and root rot in bell pepper using fungicides and host resistance. *Plant Disease* 94:697-702. <https://doi.org/10.1094/pdis-94-6-0697>.

- Gilardi GM, Baudino M, Moizio M, Pugliese M, Garibaldi A and Gullino ML. 2013. Integrated management of *Phytophthora capsici* on bell pepper by combining grafting and compost treatment. *Crop Protection* 53:13-19. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2013.06.008>
- Goldberg NP. 1995. Chile Pepper Diseases. Agricultural Experiment Station. New Mexico State University. New Mexico, USA. Circular 549. [https://aces.nmsu.edu/pubs/\\_circulars/CR549/](https://aces.nmsu.edu/pubs/_circulars/CR549/)
- Goodwin, SB. 1997. The population genetics of *Phytophthora*. *Phytopathology* 87: 462-473. <https://doi.org/10.1094/PHTO.1997.87.4.462>
- Granke LL, Quesada-Campo LM, Lamour KH and Hausbeck MK. 2011. Variation in phenotypic characteristics of *Phytophthora capsici* isolates from a worldwide collection. *Plant Disease* 95:1080-1088. <https://doi.org/10.1094/pdis-03-11-0190>
- Guigón-López C y González-González P. 2001. Estudio regional de las enfermedades del chile (*Capsicum annum*, L.) y su comportamiento temporal en el sur de Chihuahua, México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 19:49-56. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61219107>
- Hwang J and Benson DM. 2005. Identification, mefenoxam sensitivity, and compatibility type of *Phytophthora* spp. attacking floriculture crops in North Carolina. *Plant Disease* 89: 185-90. <https://doi.org/10.1094/pd-89-0185>
- Keinath AP. 2007. Sensitivity of populations of *Phytophthora capsici* from South Carolina to mefenoxam, dimethomorph, zoxamide, and cymoxanil. *Plant Disease* 91: 743-748. <https://doi.org/10.1094/pdis-91-6-0743>
- Lamour KH and Hausbeck MK. 2003. Susceptibility of mefenoxam-treated cucurbits to isolates of *Phytophthora capsici* sensitive and insensitive to mefenoxam. *Plant Disease* 87: 920-922. <https://doi.org/10.1094/pdis.2003.87.8.920>
- Lee J, Lee WP, Kang BC and Yoon JB. 2012. Inheritance of resistance to *Phytophthora* root rot in chili pepper depending on inoculum density and parental genotypes. *Korean Journal of Breeding Science* 44:503-509. <https://doi.org/10.9787/kjbs.2012.44.4.503>
- Parra G and Ristaino JB. 1998. Insensitivity to Ridomil Gold (Mefenoxam) found among field isolates of *Phytophthora capsici* causing Phytophthora blight on bell pepper in North Carolina and New Jersey. *Plant Disease* 82: 711. <https://doi.org/10.1094/pdis.1998.82.6.711d>
- Pérez-Moreno L, Durán-Ortiz L, Ramírez-Malagón R, Sánchez-Pale R y Olalde-Portugal V. 2003. Compatibilidad fisiológica y sensibilidad a fungicidas de aislamientos de *Phytophthora capsici* Leo. *Revista Mexicana de Fitopatología* 21: 19-25. [https://www.researchgate.net/publication/238764464\\_Compatibilidad\\_Fisiologica\\_y\\_Sensibilidad\\_a\\_Fungicidas\\_de\\_Aislamientos\\_de\\_Phytophthora\\_capsici\\_Leo](https://www.researchgate.net/publication/238764464_Compatibilidad_Fisiologica_y_Sensibilidad_a_Fungicidas_de_Aislamientos_de_Phytophthora_capsici_Leo)
- Piñero D. 2008. La diversidad genética como instrumento para la conservación y el aprovechamiento de la biodiversidad: estudios en especies mexicanas, en *Capital natural de México*, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. CONABIO, México, pp. 437-494. <https://doi.org/10.32800/abc.2019.42.0187>
- Ristaino JB. 1990. Intraspecific variation among isolates of *Phytophthora capsici* from pepper and curcubit fields in North Carolina. *Phytopathology* 80:1253-1259. <https://doi.org/10.1094/phyto-80-1253>
- Rodríguez-Moreno VM, Luna-Ruiz JJ, Valle-García P, Tiscareño-López M y Ruiz-Corral JA. 2004. Caracterización patogénica y sexual de *Phytophthora capsici* Leonian y análisis de su distribución espacial en el Centro-Norte de México mediante un sistema de información geográfica. *Revista Mexicana de Fitopatología* 22:72-81. <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i8.703>
- Sánchez-Chávez E, Torres-González A, Flores-Córdova MA, Preciado-Rangel P y Márquez-Quiroz C. 2015. Uso de portainjerto sobre el rendimiento, calidad del fruto y resistencia a *Phytophthora capsici* Leonian en pimiento morrón. *Nova Scientia* 7:227-244. <https://doi.org/10.21640/ns.v7i15.302>
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SAGARPA). 2018. Planeación agrícola nacional 2017-2030: Chiles y pimientos mexicanos. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257072/Potencial-Chiles\\_y\\_Pimientosparte\\_uno.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257072/Potencial-Chiles_y_Pimientosparte_uno.pdf)
- Silva-Rojas HV, Fernández-Pavía SP, Góngora-Canul C, Macías-López BC y Ávila-Quezada GD. 2009. Distribución espacio temporal de la marchitez del chile (*Capsicum annum* L.) en Chihuahua e identificación del agente causal *Phytophthora capsici* Leo. *Revista Mexicana de Fitopatología* 27:134-147. <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmfi/v27n2/v27n2a6.pdf>