

Sustituto de fungicidas químicos sintéticos con aceite esencial de orégano para el control del *Fusarium oxysporum*

Substitute of Synthetic Chemical Fungicides Using Oregano Essential Oil for Controlling *Fusarium oxysporum*

Óscar Silva-Marrufo^a, Ruben Iván Marín-Tinoco^{a*}

RESUMEN

El chile ancho (variedad *cardinal* y *sargento*) es uno de los principales cultivos de la región de Rodeo, Durango, México, gracias a su significado culinario, su utilidad agroindustrial e Importancia como producto nacional comercializable. Lamentablemente sufre grandes daños causados por hongos; a mayor escala se presenta el *Fusarium oxysporum*, que origina marchitez en el chile y, en consecuencia, pérdidas económicas considerables. Este escrito evalúa el efecto de la aplicación vía foliar del aceite esencial de orégano en las plantas, con el fin de controlar el índice de daño causado por este hongo presente en el suelo. El artículo se desarrolla a través de la recolección de muestras de suelo, para identificar el hongo mediante la técnica de flotación; así, es posible lograr esta identificación mediante microscopio 4X, controlando orgánicamente la toxina con el aceite esencial de orégano de la variedad *Lippia graveolens*. Para esto se toman cuatro concentraciones de 1,5; 1,0; 0,5 y 0 mL este último como testigo, y se aplican tres réplicas para cada una, en cuatro variables por evaluar: (a) altura de planta; (b) peso de hojas; (c) peso de raíz, (d) diámetro del tallo, y (e) número de ramas. Los resultados arrojan que las concentraciones de 0,5 y 1,5 mL de aceite esencial cuentan con mejores condiciones de peso de la planta y mayor frondosidad. De este modo, el testigo se estabiliza, y en la concentración 1,0 se observan pérdidas de baja escala.

PALABRAS CLAVE: chile; *Fusarium oxysporum*; aceite esencial; orégano; flotación.

ABSTRACT

Ancho chile (*cardinal* and *sargento* varieties) is one of the main crops in the region of Rodeo, Durango, Mexico, thanks to its culinary significance, its agroindustrial usefulness, and importance as a marketable national product. Unfortunately, it suffers damage caused by fungi; on a larger scale, *Fusarium oxysporum* is present, which causes chili wilt and, consequently, considerable economic losses. This paper evaluates the effect of foliar application of oregano essential oil on plants to control the rate of damage caused by this fungus present in the soil. The article is developed through the collection of soil samples to identify the fungus using the flotation technique; thus, it is possible to achieve this identification by 4X microscopy, organically controlling the toxin with oregano essential oil of the variety *Lippia graveolens*. For this, four concentrations of 1.5; 1.0; 0.5, and 0 mL are taken, the latter as a control, and three replicates are applied for each one, in four variables to be evaluated: (a) plant height; (b) leaf weight; (c) root weight, and (d) stem diameter, and (e) the number of branches. The results show that the concentrations of 0.5 and 1.5 mL of essential oil have better conditions of plant weight and greater leafiness. Thus, the control is stabilized, and at 1.0 concentration, low-scale losses are observed.

KEYWORDS: chili; *Fusarium oxysporum*; essential oil; oregano; flotation.

^a Universidad Tecnológica de Rodeo, Departamento de Biotecnología de los Recursos Naturales. Rodeo, México. ORCID Silva-Marrufo, O: 0000-0003-2064-5298; ORCID Marín-Tinoco, R.I.: 0000-0003-4885-223

* Autor de correspondencia: oscar.silva@utrodeo.edu.mx

Introducción

El chile es originario de México y existen evidencias arqueológicas de que se utiliza desde el año 9000 a. C., en las regiones de Tehuacán, Puebla y Ocampo, Tamaulipas. En este país, la producción anual se estima en 25 000 hectáreas de cultivos de chile ancho, con un rendimiento de 10,8 ton/ha de chile verde y 1,6 toneladas para chile deshidratado o seco. Las producciones, que son bajas pues el rendimiento de este cultivo varía, son de al menos 14 toneladas por hectárea de chile verde fresco y de 2 a 2,5 toneladas de chile seco (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP]; Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación [Sagarpa], 2016).

Las producciones con bajo rendimiento se caracterizan por el alto uso de semilla criolla por parte del productor y por problemas fitosanitarios en suelos donde existen enfermedades de hongos como *Phytophthora capsici*, *Rizoctonia solani* y *Fusarium* spp. Según Pérez-Acevedo et al. (2017), esta presencia llega a ocasionar daños en un 80 % de la población de plantas.

Comercialmente y en cuanto a la cantidad de híbridos, los grandes productores privados de chile ancho, mulato y poblano ofrecen estos frutos a un valor alto, advirtiendo sobre algunas plagas y enfermedades, y los venden a pequeños productores, sin necesidad de una certeza evaluativa que pueda disminuir estas ventas (Santiago López et al., 2018). Pero las pérdidas y problemas a causa de los hongos están presentes a mayor escala en el *Fusarium oxysporum*, principal causante de la marchitez del chile ancho, que se traduce en pérdidas económicas considerables a pequeños productores (Albañil et al., 2015).

El uso cotidiano de químicos sintéticos agudiza la crisis en la agricultura, dificultando la preservación de los ecosistemas, los recursos naturales y del suelo, y afecta la salud de las comunidades rurales y consumidores urbanos. La búsqueda de la productividad a corto plazo practicada en las últimas décadas por encima de la sustentabilidad ecológica ha dejado un elevado saldo de contaminación global y envenenamiento, cuyo remedio ha resultado peor que la enfermedad (Organización de las

Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2013).

Actualmente en el comercio existen productos de origen natural y sintético (biocontroladores) y sintéticos (inductores de resistencia). Su función es impedir o retrasar en la planta la entrada del patógeno, limitando la actividad de este en el tejido u órgano infectado, sin actuar directamente sobre los fitopatógenos de la planta ni afectarlos específicamente (Huallanca y Cadenas, 2014). Además, la aplicación de aceites esenciales es un método ecológico de control de enfermedades tanto en siembra como en cosecha (Pérez Cordero et al., 2018).

Estos materiales orgánicos pueden ser una mezcla compleja de compuestos volátiles producidos en diferentes partes de las plantas, y han sido reconocidos por poseer diversas funciones, como resistencia a plagas y enfermedades. Algunos aceites esenciales, al igual que sus constituyentes, han demostrado propiedades antibacterianas y fungicidas a escala agrícola (Santamarina et al., 2015).

No obstante, Alí et al. (2015) compararon la eficacia de una combinación a base de aceite esencial de limón con quitosano como ejemplo de un recubrimiento comestible para el pimiento. El aceite esencial de limón en concentraciones de 0,5 y 1,0 % se incorporó a una solución de quitosano de 0,5 y 1,0 %. La investigación evaluó un medio para controlar la antracnosis del pimiento *in vitro* e *in vivo*.

Por otro lado, Juárez et al. (2015) mencionan que la composición química y la actividad fungicida de aceites esenciales extraídos de plantas endémicas mexicanas, tales como *Agastache mexicana* ssp. *Xolocotziana* y *Porophyllum linaria* podrían ser eficaces como sustituto de fungicidas sintéticos.

Un producto de innegable presencia en el consumo de los mexicanos como el chile aporta valor a la industria agrícola en las regiones involucradas y genera ingresos competitivos para los productores (Consejo Nacional de Productores de Chile [Conaproch], 2015).

Peschutta et al. (2016) argumentan que una de las principales opciones en la elaboración de un insecticida orgánico que contenga especialmente aceite esencial de orégano (*Lippia vulgare*) implica químicos con propiedades fungicidas, como

terpenos, cymenos y carvacrol. Estos son capaces de inhibir el desarrollo o crecimiento de microorganismos patógenos tales como el *Fusarium oxysporum*. Agregan los autores que las propiedades fungicidas y antibacterianas de los aceites esenciales de muchas especies de plantas han sido probadas por diferentes autores (Burt, 2004; El Bouzidi et al., 2012; Blázquez, 2014), y que estas combaten dichos microorganismos en beneficio de las plantas y el ambiente.

El objetivo general de esta investigación aplicaba aceites esenciales de orégano por aspersión foliar directo al suelo-planta, con el fin de controlar el índice de daño causado por el hongo *Fusarium oxysporum* —que penetra el suelo-planta—, y contribuir en la sustitución de fungicidas químicos sintéticos.

Materiales y métodos

La presente investigación se realizó en las instalaciones de la Universidad Tecnológica de Rodeo, en el laboratorio de microbiología general, y algunas de sus actividades, en la parcela demostrativa de la localidad de Héroes de México, del productor Tomás Morales, localizada en la carretera Federal Panamericana km 159,4, México 45 SN, 35760 Rodeo, Durango, México.

Muestra de suelo

La toma de muestras de suelo se apoyó con bárrera; se tomaron tres submuestras aleatorias (aproximadamente 1 kg/muestra), para posteriormente formar una sola, con el objeto de utilizar la técnica de flotación implementada por Marín et al. (2019), quienes tomaron diversas muestras de suelo, buscando identificar el tipo de hongo dentro del laboratorio de tecnología de agua.

Elaboración con la técnica de flotación

Se seleccionó el suelo, y posteriormente se retiraron los residuos presentes, observando gran cantidad de fibras que también se eliminaron. Para ello se aplicó la técnica de flotación, que identifica el tipo de *Fusarium* resguardado sobre la planta y parte del suelo.

Aplicación de aceite esencial de orégano en plantas de chile ancho

Para este paso se obtuvieron diferentes concentraciones de 1,5; 1,0; 0,5, y 0 mL en ausencia del aceite esencial de orégano (AEO). Posteriormente se pretendía saber qué concentración de aceite resulta apta para la aplicación vía foliar, pues según García-Martínez et al. (2018), los aceites esenciales de orégano usados en su investigación demostraron inhibición en el crecimiento de las plantas por sus altos contenidos de timol y carvacrol. En Cordero et al. (2018), se aprovechó la generación de residuos orgánicos de orégano, para la elaboración de una composta orgánica —utilizada en el cultivo de maíz 7573 elotero— que impidió el crecimiento de las plantas. Lo anterior intenta controlar el hongo *Fusarium*, ya una vez identificado con la técnica aplicada. Después y con ayuda de un atomizador se disolvió en $\frac{1}{2}$ L de agua; dicha labor se realizó a ras del suelo-planta, con el fin de que se impregne directamente en toda la extensión con la magnitud del daño causado por el *Fusarium oxysporum*.

Peso fresco de planta

En esta actividad se tomó en cuenta el peso fresco de planta completa a raíz desnuda, el número de ramas y el diámetro del tallo, esto para conocer su índice de deshidratación, de acuerdo con la aplicación del AEO en la planta. Según la pérdida de peso fresco de planta se encontró mucho índice de *Fusarium* en el suelo.

Resultados

Comparación de medias para grosor del tallo en planta

Para esta variable se consideraron tres tratamientos y cinco repeticiones, en las que se optó por medir el grosor del tallo, una vez aplicado el aceite esencial de orégano. Se observó que las concentraciones con 1,5 y 0,5 mL son estadísticamente iguales con 7,0 mm; mientras que la menor pérdida se obtuvo en la concentración con 1,0 mL con 6,1 mm y una desviación estándar de 1,22 y 2 respectivamente. En la

Tabla 1. Comparación de media en variable grosor del tallo entre las concentraciones

Concentración	Número de repeticiones	Media	Desviación estándar	Error típico de la media	Valor F
1,5 mL	5	7,0	1,22	0,54772256	0,0004172
1,0 mL	5	6,1	0,89	0,4	0,0056106
0,5 mL	5	7,0	2,00	0,89442719	
0 mL	5	6,8	1,30	0,58309519	

Nota. mL: mililitro.

concentración con testigo en ausencia de AEO, con una desviación estándar de 1,30 y una media de 6,8 (Tabla 1), se obtuvieron 0,0004172 y 0,0056106 en los valores de F.

Comparación de medias para peso de planta

Para la comparación de medias también se observó la variable peso de planta, donde se obtuvo el mayor promedio con la concentración de testigo absoluto, con una media de 55,9 g. Así, se estableció que la concentración perdió peso en la planta, lo que se atribuye a lo mencionado, y es que la aplicación de AEO inhibe el crecimiento de la planta, indicando que, a mayor aplicación del aceite, la planta perderá peso. Las concentraciones de 1,0 y 0,5 mL de AEO son estadísticamente iguales, con una media de 36,5 g y un registro sin gran pérdida de peso de la planta (Tabla 2). En el valor de F se muestran 0,354716 y 0,371572, respectivamente.

Comparación de medias para peso de raíz

La variable peso de raíz mostró el mayor promedio con la concentración de 1,0 mL de aceite esencial de orégano, con una media de 2,68 g, seguido de la concentración con 1,5 mL de AEO, con una media de 2,16 g. El menor lo presentó la concentración de 0,5 mL con 1,78 g, señalando que, a mayor concentración, mayor peso de raíz (Tabla 3). En el caso del valor F se obtuvieron 0,060635 y 0,009231; esto nos indica que la concentración de 1,0 mL sobresalió entre las demás variables, y que el resto de estas son similares estadísticamente.

Comparación de Medias para Número de Hojas

En la comparación de medias de la variable número de hojas se obtuvo el mayor promedio con la concentración de 0 mL de aceite esencial de orégano y una media de 31,56, seguido de las concentraciones con 1,0 y 0,5 mL de aceite esencial de orégano,

Tabla 2. Comparación de media en variable peso de planta entre las concentraciones

Concentración	Número de repeticiones	Media	Desviación estándar	Error típico de la media	Valor F
1,5 mL	5	14,2	30,53	13,6546716	0,354716
1,0 mL	5	36,5	80,21	35,8722565	0,371572
0,5 mL	5	36,4	79,68	35,6350474	
0 mL	5	55,9	124,32	55,5986766	

Nota. mL: mililitro.

Tabla 3. Comparación de media en variable peso de raíz entre las concentraciones

Concentración	Número de tratamientos	Media	Desviación estándar	Error típico de la media	Valor F
1,5 mL	5	2,16	1,67	0,74939976	0,060635
1,0 mL	5	2,68	1,26	0,56780278	0,009231
0,5 mL	5	1,78	1,53	0,68512773	
0 mL	5	2,04	1,19	0,53347915	

Nota. mL: mililitro.

Tabla 4. Comparación de media en variable número de hojas entre las concentraciones

Concentración	Número de tratamientos	Media	Desviación estándar	Error típico de la media	Valor de F
1,5 mL	5	18,32	10,02	4,48446206	0,116203
1,0 mL	5	20,78	18,72	8,37432982	0,015047
0,5 mL	5	20,16	21,44	9,59174645	
0 mL	5	31,56	35,29	15,7826677	

Nota. mL: mililitro.

Tabla 5. Comparación de media en variable número de ramas entre las concentraciones

Concentración	Número de tratamientos	Media	Desviación estándar	Error típico de la media	Valor de F
1,5 mL	5	6,88	1,4237275	0,6367103	0,016277
1,0 mL	5	9,68	3,99023809	1,78448872	0,000417
0,5 mL	5	9,16	3,00466304	1,34372616	
0 mL	5	10,66	5,97268784	2,6710672	

Nota. mL: mililitro.

con una media de 20, y son estadísticamente similares entre las concentraciones (Tabla 4). Se deduce que los componentes timol y carvacrol inhibieron la generación de hojas nuevas, mostrando valores de F de 0,116203 y 0,015047; posteriormente se alcanzaron la mayor desviación estándar de 35,29 y la menor proporción de 10,02.

Comparación de medias para número de ramas

En la variable número de ramas sobresalió el tratamiento testigo absoluto (0) en ausencia del aceite esencial de orégano con valor de 10,66. Posteriormente las concentraciones con 1,0 y 0,5 mL, con valor de 9, resultaron estadísticamente similares; el menor valor lo obtuvo la concentración de 1,5 mL con 6,8 en el efecto esencial del orégano, ya que la enfermedad se presenta en plantas ya resistentes a la síntesis química del agua y suelo. Para esto existe una alternativa sostenible en la aplicación de AEO, ya que es un recurso no maderable y fácil de implementar en el medio natural y a escala de invernadero (Tabla 5). Con esta investigación se observó que al aplicar las esencias de orégano se obtuvo una planta con menor cantidad de ramas, raíces, hojas y diámetro del tallo. El objetivo es impedir el desarrollo completo del hongo *Fusarium oxysporum* en las plantas ya infestadas.

Discusión

Los aceites esenciales se ensayaron como agentes potenciales antimicrobianos contra el hongo *Fusarium oxysporum*, de acuerdo con la técnica montada de flotación, en el laboratorio de microbiología general. Se determinó que el AEO presenta una acción fungicida, una vez aplicado directamente en suelo y planta.

Elsahafie et al. (2015) evaluaron el efecto de la aplicación de aceites esenciales de tomillo (*Thymus vulgaris*) y verbena (*Verbena officinalis*) frente a *Monilinia laxa*, *Monilinia fructigena* y *Monilinia fructicola*, comparando la actividad fungicida entre aceites esenciales, donde el de tomillo contaba con un compuesto, principalmente de ocimeno al 56,2 %. El aceite esencial de verbena contenía citral al 44,5 % y el formiato de isobornilo al 45,4 %. En estas concentraciones se estableció que el aceite esencial de verbena se incrementó, con 1000 ppm; seguido del tomillo, con 500 ppm, y se presentó un 80 % de lesión en la variable diámetro sobre la podredumbre parda. La presente investigación reveló el potencial fungicida del AEO contra el *Fusarium oxysporum*, en plantas de chile ancho, donde casi el 20 % fue afectado en el tallo por este hongo.

Para estas investigaciones se desarrollaron fungicidas orgánicos a base de aceites esenciales de *Thymus vulgaris* L y *Cinnamomum cassia* L, también

se evaluó la aplicación de sus concentraciones y la cinética del efecto fungicida, para prevenir el daño por las esporas de *Aspergillus flavus*. Se demostró que el ensayo cinético de la actividad antifúngica de los aceites esenciales de *Thymus vulgaris* y *Cinnamomum cassia* y sus parámetros empleados en las mezclas obtuvieron una concentración individual óptima.

El sinergismo y la velocidad de aplicación del fungicida en las concentraciones de los aceites esenciales descritos comprobaron un efecto fungicida más rápido contra las esporas de *Arpergillus flavus*. Asimismo, la mezcla de 14:1 del aceite esencial respondió positivamente, después de un tiempo estimado de 90 minutos; la concentración de 7:1 respondió después de 110 minutos, y la concentración de 1:1, después de 180 minutos (Pekmezovic et al., 2015).

Después de 24 horas se notó el efecto del poder fungicida con la primera aplicación del aceite esencial, donde las concentraciones con 0,5 y 1,5 mL de AEO actuaron con mayor efectividad contra el *Fusarium oxysporum*, evaluando los diferentes pesos frescos.

Desde el punto de vista de Sivakumar y Bautista-Baños (2014) se necesita perseguir, implementar y realizar transferencias de tecnologías, para contribuir con los avances biotecnológicos en el campo y, sobre todo, para apoyar los temas innovadores, las tecnologías rentables y sostenibles. Así se mitiga el impacto ambiental y el cambio climático; se entrevé también una buena oportunidad en la producción de alimentos inocuos, cuyo procesamiento disminuye el uso de químicos aplicados en suelos: una exploración hacia algunas posibilidades e iniciativas, en compensación por el medioambiente.

En contraparte, Garza y Cervantes (2015) exponen el actual incremento del uso indebido de fungicidas químicos sintéticos en el agro mexicano, para controlar problemas en los cultivos. Casos que prácticamente se encuentran indocumentados, porque las empresas privadas omiten reportar información real sobre lo que provocan los agroquímicos sintéticos en el ambiente, y, si lo hacen, no la difunden adecuadamente. Estos fungicidas sintéticos, además y de acuerdo con varias investigaciones, han reportado inocuidad frente a ciertos hongos patógenos.

En relación con el aceite esencial *Origanum vulgare*, Carhuallanqui et al. (2020) reportaron un potencial efecto antimicrobiano frente al *Listeria monocytogenes*, usando un porcentaje de AEO al 0,005 % y >0,005 %, y para el *Staphylococcus aureus*, 4 % y >4 %, ya que estos microorganismos se asocian con la contaminación de alimentos. La presente investigación usó algo similar: el más alto con 6,8, se produjo con niveles de 1,5 mL de AEO disuelto en 1 L de agua, para evitar problemas fisiológicos en la planta y que el mismo *Fusarium oxysporum* se desarrolle en su parte baja.

Conclusiones

En la mayoría de las variables, La concentración de AEO demostró gran estabilidad en cuanto a la pérdida de peso húmedo de las plantas infestadas con el *Fusarium oxysporum*. Se clasifica entonces como una alternativa favorable al poder sustituir los fungicidas químico-sintéticos y apegarse a la sostenibilidad ambiental.

Para el sustituto de fungicidas químicos sintéticos se optó por el aceite esencial de orégano, dado que este remplazo contribuye de manera significativa al adecuado manejo de los recursos naturales, porque se trata de una planta fácilmente reproducible en condiciones semidesérticas.

Los resultados de la aplicación de aceites esenciales de orégano reflejan la viabilidad productiva de estas sustancias naturales, ya que son un recurso no maderable fácil de reproducir, y que, además, con estas concentraciones, contribuyen a la sostenibilidad ambiental cuando se aplican directamente al suelo-planta.

Agradecimientos

Los autores agradecen el esfuerzo colaborativo entre empresa y Universidad, con el fin de fortalecer los lazos en temas de investigación.

Referencias

- Albañil, J., Mariscal, L., Martínez, T., Anaya, J., Cisneros, H., Pérez, H., 2015. Estudio regional de fitopatógenos asociados a la secadera del chile en Guanajuato,

- Méjico. Rev. Mex. Cienc. Agríc. 6(11), 2191-2197. DOI: 10.29312/remexca.v0i11.797
- Alí, A., Noh, N., Mustafá, M., 2015. Antimicrobial activity of chitosan enriched with lemongrass oil against anthracnose of bell pepper. Food Packag. Shelf Life 3, 56-61. DOI: 10.1016%2Fj.fpsl.2014.10.003
- Burt, S., 2004. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods-a review. Int. J. Food Microbiol. 94(3), 223-53. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2004.03.022
- Blázquez, M., 2014. Role of natural essential oils in sustainable agriculture and food preservation. J. Sci. Res. Rep. 3(14), 1843-1860. DOI: 10.9734/JSSR/2014/11376
- Carhuallanqui Pérez, A., Salazar Salvatierra, M., Ramos Delgado, D., 2020. Efecto antimicrobiano del aceite esencial de orégano frente a *Listeria monocytogenes* y *Staphylococcus aureus*. Rev. Investig. Altoandina. 22(1), 25-33. DOI: 10.18271/ria.2020.530
- Consejo Nacional Sistema Producto Chile [Conaproch], 2015. Plan estratégico nacional para el desarrollo del sector de producción primaria en el cultivo. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México, DF.
- Cordero Villa, L., Marín Tinoco, R., Silva Marrufo, O., 2018. Producción de composta a base de residuos de orégano (tallo y hoja) en el municipio de Rodeo, Dgo. Revista del Desarrollo Urbano y Sustentable 4(10), 17-21.
- El Bouzidi, L., Alaoui Jamali, C., Bekkouche, K., Hassani, L., Wohlmuth, H., Leach, D., Abbad A., 2013. Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activities of essential oils obtained from wild and cultivated Moroccan *Thymus* species. Ind. Crops Prod. 43, 450-456. DOI: 10.1016/j.indcrop.2012.07.063
- Elshafie, H., Mancini, E., Camele, I., de Martino, L., de Feo, V., 2015. *In vivo* antifungal activity of two essential oils from Mediterranean plants against postharvest brown rot disease of peach fruit. Ind. Crops Prod. 66, 11-15. DOI: 10.1016/j.indcrop.2014.12.031
- García-Martínez, K., Marín-Tinoco, R., Cornejo Castro, N., Muñoz-Chávez, E., 2018. Extracción y caracterización fisicoquímica del aceite esencial del orégano (*Origanum vulgare*), en la localidad de "Héroes de México" del municipio de Rodeo, Dgo. Revista de Simulación y Laboratorio 5(15), 7-13.
- Garza, B., Cervantes, P., 2015. Tendencia histórica del uso de plaguicidas en la producción agrícola de México. Cienc. Mar 19(57), 67-74.
- Huallanca, C., Cadenas, C., 2014. Control de *Phytophthora capsici* Leonian en *Capsicum annuum* cv. Papri king con fungicidas, fertilizantes y biocontroladores. Anal. Cient. 75(1), 130-137. DOI: 10.21704/ac.v75i1.943
- Juárez, Z., Hernández, L., Bach, H., Sánchez-Arreola, E., Bach, H., 2015. Antifungal activity of essential oils extracted from *Agastache mexicana* ssp. *xolocotziana* and *Porophyllum linaria* against post-harvest pathogens. Ind. Crops Prod. 74, 178-182. DOI: 10.1016/j.indcrop.2015.04.058
- Marín-Tinoco, R., Silva-Marrufo, O., Castañeda-Venegas, J., Sida Arreola, J., 2019. Eficiencia de mezclas para el control de nematodos a base de aceites esenciales de orégano, canela y extractos hidroalcohólicos de gobernadora. Rev. Ing. Bioméd. Biotecnol. 3(8), 23-28. DOI: 10.35429/JBEB.2019.8.3.23.28
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), 2013. Prevención y eliminación de plaguicidas obsoletos de la FAO. Database, disponible en: <https://bit.ly/30Iv9RD>; consultado: abril de 2021.
- Pekmezovic, M., Rajkovic, K., Barac, A., Senerović, L., Arsenijevic, V., 2015. Development of kinetic model for testing antifungal effect of *Thymus vulgaris* L. and *Cinnamomum cassia* L. essential oils on *Aspergillus flavus* spores and application for optimization of synergistic effect. Biochem. Eng. J. 99, 131-137. DOI: 10.1016%2Fj.bej.2015.03.024
- Pérez-Acevedo, C., Carrillo-Rodríguez, J., Chávez-Servia, J., Perales-Segovia, C., Villegas-Aparicio, Y., 2017. Diagnóstico de síntomas y patógenos asociados con marchitez del chile en Valles Centrales de Oaxaca. Rev. Mex. Cienc. Agríc. 8(2), 281-293. DOI: 10.29312/remexca.v8i2.50
- Pérez Cordero, A., Vitola Romero, D., Chamorro Anaya, L., 2018. Actividad del aceite esencial de albahaca (*Ocimum basilicum*) contra *Colletotrichum gloeosporioides* de ñame (*Dioscorea alata*). Rev. U.D.C.A. Act. Divul. Cient. 21(1), 99-108. DOI: 10.31910/rudca.v21.n1.2018.667
- Peschitta, M., Arena, J., Ramírez Sánchez, A., Gómez Torres, E., Pizzolitto, R., Merlo, C., Zunino, M., Orami, A., Dambolena, J., Zygaldo, J., 2016. Efectividad del aceite esencial de orégano mexicano de República Dominicana (*Lippia graveolens*) contra plagas del maíz (*Sitophilus zeamais* y *Fusarium verticillioides*). AgriScientia 33(2), 89-97. DOI: 10.31047/1668.298x.v33.n2.16576
- Santamarina, J., Dai, S., Terzariol, M., Jang, J., Waite, W., Winters, W., Nagao, J., Yoneda, J., Konno, Y., Fujii, T., 2015. Hydro-bio-geomechanical properties of hydrate-bearing sediments from Nankai Trough. Mar. Pet. Geol. 66(Part 2), 434-450. DOI: 10.1016/j.marpgeo.2015.02.033
- Santiago López, U., Ramírez Meraz, M., Méndez Aguilar, R., 2018. HAP14F: Híbrido de chile ancho poblano para el Altiplano de México. Rev. Mex. Cienc. Agríc. 9(2), 481-485. DOI: 10.29312/remexca.v9i2.1088
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), 2016. Atlas agroalimentario 2016. México, DF.

Sivakumar, D., Bautista-Baños, S., 2014. A review on the use of essential oils for postharvest decay control and

maintenance of fruit quality during storage. *Crop Prot.* 64, 27-37. DOI: 10.1016/j.cropro.2014.05.012