

## **Protegiendo al jitomate: Biocontrol al día**

Dulce Aideé García-Nieto\*<sup>1,2</sup>, Vianey Marín-Cevada<sup>1</sup>, Tlauiskalotl Montes-Reyes<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Laboratorio de Ecología Molecular Microbiana (LEMM), Centro de Investigaciones en Ciencias Microbiológicas (CICM), Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), Puebla, México. Edificio 103 J, Ciudad Universitaria, San Manuel, Puebla, México. C. P. 72570. <sup>2</sup>Facultad de Ciencias Químicas BUAP.

\*Email autor corresponsal: dulkay.0492@gmail.com

**Recibido:** 15 diciembre 2019. **Aceptado:** 31 diciembre 2019

### **RESUMEN**

La creciente actividad agrícola ha conllevado al uso de diferentes estrategias para el control de fitopatógenos que afectan, tanto al proceso de cosecha como a nivel de postcosecha. El jitomate es un fruto, que, debido a sus características, está expuesto a ser atacado por diversos agentes fitopatológicos (hongos, bacterias, nematodos, etc.) lo cual causa pérdidas importantes a nivel mundial. Sin embargo, los agentes químicos se han usado como una primera opción y el uso desmedido de estos ha dejado estragos en el medio ambiente, así como en la salud humana. Al conocer las consecuencias de esta sobreutilización de químicos, surge la necesidad de buscar alternativas que aseguren una protección a la agricultura, pero a su vez no tengan consecuencias sobre el medio ambiente. Esto ha impulsado la búsqueda y desarrollo de nuevas alternativas a agentes químicos. Alternativas de las cuales en los últimos años ha destacado el biocontrol. Por lo tanto, en el presente trabajo se pretende hacer una revisión de diferentes métodos de biocontrol, así como sus ventajas y microorganismos sobre los que actúan. Dejando a puerta abierta el desarrollo de nuevas estrategias que ayuden a la protección del jitomate.

**Palabras clave:** Biocontrol, fitopatógenos, agricultura, *Solanum lycopersicum*

### **ABSTRACT**

The increasing agricultural activity has led to the use of different strategies for the control of phytopathogens that affect both the harvest process and the post-harvest level. The tomato is a fruit, which, due to its characteristics, is exposed to being attacked by various

phytopathological agents (fungi, bacteria, nematodes, etc.) which causes significant losses worldwide. However, chemical agents have been used as a first option and the excessive use of these has left havoc in the environment, as well as in human health. Knowing the consequences of this overuse of chemicals, the need arises to seek alternatives that ensure protection to agriculture, but in turn have no consequences on the environment. This has driven the search and development of new alternatives to chemical agents. Alternatives of which biocontrol has stood out in recent years. Therefore, in the present work it is intended to make a review of different biocontrol methods, as well as their advantages and microorganisms on which they act. Leaving open the development of new strategies that help the protection of the tomato.

**Keywords:** Biocontrol, phytopathogens, agriculture, *Solanum lycopersicum*

## INTRODUCCIÓN

El quitosano; un producto derivado de desechos de crustáceos y moluscos (8), representa actualmente una de las alternativas en biocontrol más utilizadas, siendo una excelente opción, tanto por su bajo costo de obtención como por sus múltiples aplicaciones en el área agrícola y en otras áreas como la industria alimenticia (8). Además, el quitosano tiene cualidades tales como: nula toxicidad, ser biodegradable y poseer actividad antifúngica, frente a hongos como *Alternaria* sp., esto en conjunto, lo hacen un excelente candidato para suplantar a productos químicos hasta ahora utilizados (9).

El género *Trichoderma* es un hongo benéfico que ha sido utilizado con bastante frecuencia, por su ubicuidad, facilidad de cultivo en laboratorio y entre otras cosas; sus mecanismos de acción frente a diferentes fitopatógenos. En un estudio reciente se probaron 3 cepas del género *Trichoderma* provenientes del estado de Puebla, contra *Fusarium oxysporum*, logrando disminuir tanto el crecimiento como el nivel de daño ocasionado por el patógeno (10). Así mismo se han evaluado microorganismos como *Trichoderma* sp. y *Aspergillus* sp., ambos asociados a vermicomposta de gallinaza, buscando dar un uso alternativo a dicho producto. Ambos microorganismos fueron evaluados por separado contra *F.*

*oxisporum* para disminuir su crecimiento, confirmando que *Trichoderma* sp. es un agente de control bastante prometedor en el área de biocontrol (11).

Con el objetivo de disminuir el crecimiento de *F. oxisporum* se han utilizado también extractos de plantas como *Acacia farnesiana*. Los resultados obtenidos fueron favorables en cuanto a la reducción del crecimiento en un tiempo relativamente corto (72 h), esto indica que potencialmente puede ser utilizado como una alternativa más en biocontrol dirigido a este patógeno (12).

En el mercado se pueden encontrar productos comerciales a base de microorganismos como *Bacillus subtilis*, y *Trichoderma harzianum*, que también han sido objeto de investigación para su uso en el control biológico (13). Por su parte, *T. harzianum* ha sido enfrentado contra *Sclerotium rolfsii*, hongo fitopatógeno que ataca a varios cultivos de importancia económica entre los que se encuentra el jitomate. Este hongo produce pudrición en plántulas jóvenes provocando la inutilidad de las mismas. *T. harzianum* ejerció un control efectivo contra el fitopatógeno; debido a que las plantas protegidas no

presentaron síntomas de la enfermedad (14).

Estos productos, representan una alternativa más factible para los agricultores, ya que el hecho de encontrarse en venta, da la facilidad de ser adquiridos y aplicados con certeza en sus plantaciones. Los microorganismos que conforman este tipo de productos, se han utilizado para la disminución de la pudrición de raíz en jitomate, que es una de las causas de pérdidas a nivel cosecha y que es ocasionada por *Phytophthora capsici*, *Rhizoctonia solani* y *Fusarium oxysporum* (13). Otro producto comercial en el mercado es Gluticid, el cual se obtiene a partir de *Pseudomonas aureoginosa*, este producto ha sido probado contra diferentes fitopatógenos entre los cuales se encuentra *Alternaria solani* que ocasiona el tizón temprano y *Cladosporium fulvum* causante de el moho gris en diversos cultivos (15).

Sin embargo, si se trata de agentes fitopatógenos que atacan al jitomate, existe una extensa diversidad de estos, siendo hongos y bacterias los principales atacantes. Esto sigue siendo una preocupación para los agricultores que pierden sus cosechas y por ende su fuente

de ingresos económicos (16). Uno de éstos fitopatógenos es *Stemphylium solani*, un hongo que ataca no solo a jitomate sino a diversos productos agrícolas como calabaza y chile morrón, produciendo la enfermedad conocida como mancha gris de las hojas (17). Esta enfermedad ataca solo a las hojas de la planta, produciendo manchas grisáceas con contornos amarillos, sin embargo, si esta enfermedad llega a atacar de una forma severa, provoca la defoliación completa de la planta, provocando la pérdida total de la producción (16). Se han realizado estudios para evaluar posibles agentes de control para dicho fitopatógeno. Algunas bacterias tales como *Pseudomonas aeruginosa*, *P. fluorescens*, *Serratia plymuthica* y *Bacillus subtilis* se encuentran entre los microorganismos estudiados como posibles antagonistas (17).

Otro hongo fitopatógeno del jitomate es *Cladosporium fulvum*, el cual se encuentra entre los patógenos que atacan la parte aérea de la planta ocasionando el moho foliar; una enfermedad que provoca que la fotosíntesis no pueda llevarse a cabo en dicha planta, lo que se traduce en la disminución tanto de la calidad como del rendimiento del fruto. Estudios realizados

en pro de la evaluación de posibles antagonistas de este fitopatógeno, han llevado a la utilización de hongos como; *T. harzianum*, *T. virens*, *T. viride* y *Hansfordia pulvinata*. Siendo *Trichoderma*, el género que mostró mayor control sobre el fitopatógeno, que por medio de mecanismos de acción como el micro-parasitismo logró una disminución significativa en el crecimiento del mismo (18).

Siguiendo con enfermedades fungosas, *Rizophus stolonifer* es uno de los hongos fitopatógenos con mayor número de reportes como agente causal de pérdidas de jitomate a nivel postcosecha. Derivando en una problemática económica a nivel mundial. Para el enfrentamiento de este hongo fitopatógeno, se ha recurrido a diversos tratamientos químicos, así como alternativas basadas en biocontrol. Una de estas alternativas es el uso de productos derivados de extractos de plantas, como es el caso del timol y el ácido salicílico (19). En un estudio reciente se utilizó una combinación de éstos, para observar el efecto sobre el fitopatógeno, específicamente a nivel de la membrana. Los resultados obtenidos en dicho estudio, permitieron conocer el mecanismo de

acción de este tipo de extractos, dando pauta a posibles aplicaciones futuras y diseño de tratamientos basados en estos resultados (19).

Otro hongo fitopatógeno que ataca al jitomate es *Colletotrichum* sp., el cual ocasiona una enfermedad en los frutos que se manifiesta en diferentes etapas, en los síntomas tempranos se observan en frutos maduros en forma de manchas circulares acuosas hundidas. Las lesiones aumentan de tamaño, se vuelven más hundidas y se oscurece la sección central.

Dicha zona contiene estructuras fungosas a partir de las cuales se liberan esporas de color salmón cuando el clima es húmedo. Esto ocasiona en general una pudrición blanda, en amplias áreas del fruto y organismos secundarios se trasladan a dichas áreas produciendo la pudrición total. El hongo infecta tanto al fruto verde como al maduro y penetra en la cutícula del mismo. Cuando el fruto verde es infectado no se muestran los síntomas hasta su maduración. En frutos maduros la lesión se hace visible en 5 a 6 días (20). El hongo sobrevive durante el invierno en esclerotias e hifas en restos de tomate infectados. A finales de la primavera, las hojas inferiores y el fruto pueden ser

infectados mediante la germinación esclerótica y las esporas del suelo. Dichas hojas constituyen una fuente importante de infección secundaria a lo largo de la temporada productiva. Otras fuentes de infección son constituidas por hojas con tizón temprano y con daños por pulga saltona, ya que el hongo coloniza y produce nuevas esporas en dichas áreas (20). En estudios recientes se utilizó *Trichoderma* sp. como posible agente de control del fitopatógeno (11).

Para la inhibición de diversos hongos fitopatógenos como: *Colletotrichum* sp. hongo fitopatógeno de diversos cultivos, *Aspergillus flavus*; hongo filamentoso contaminante del fruto, *Penicillium italicum*; responsable de la enfermedad postcosecha conocida como moho azul, *Fusarium* sp.; causante de marchitez vascular, *Rhizoctonia solani*; que provoca damping off y *Alternaria* sp., fueron efectivos los extractos de *Allium sativum* y *Allium cepa* (21).

Por otro lado, el segundo grupo de fitopatógenos en importancia, tomando en consideración la gravedad de las enfermedades ocasionadas y la incidencia de las mismas, son las bacterias. Entre las cuales podemos mencionar a

*Pseudomonas syringae* la cual causa la llamada peca bacteriana, observándose manchas necróticas de 3 mm de diámetro aproximadamente en las hojas, sin embargo, también ataca el tallo de la planta provocando el marchitamiento de la planta. El estudio sobre agentes de control contra esta bacteria sigue en investigación, por lo cual sigue siendo el control químico la opción más utilizada hasta el momento (22).

Para el tratamiento de enfermedades provocadas tanto por bacterias como por hongos se evaluaron extractos de 98 especies vegetales con el objetivo de determinar su efecto fungicida o bactericida. Del total de extractos evaluados solo los extractos de; pino, *Allium sativum*, *Allium cepa*, *Bursera graveolens*, *Psidium*, *Begonia cucullata* y *Schinopsis balansae*, mostraron efectividad al inhibir el crecimiento de *Xanthomonas campestris* pv. *Campestris*; bacteria causante de pudrición negra.

Otro grupo de fitopatógenos que puede atacar al jitomate son los nemátodos, un ejemplo son los del género *Meloidogyne*, estos son conocidos como parásitos formadores de agallas de diversas plantas, entre las que se encuentran cultivos de

interés agrícola, provocando enanismo en planta y una baja en la producción (23). Su erradicación ha sido un tema bastante difícil ya que, para ello, se ha recurrido al uso de nematicidas, sin embargo, el uso de estos químicos está altamente regulado y se busca erradicar su uso por completo (3). Se conocen asociaciones de microorganismos con plantas que son beneficiosas para las mismas y que pueden contribuir a la protección contra fitopatógenos que amenazan su desarrollo (24). Una de estas asociaciones se da con hongos micorrízicos arbusculares (HMA) los cuales se asocian simbióticamente con diversas plantas, brindándoles mejor absorción y ayudando a combatir daños causados por organismos patógenos (24). En 2013 se planteó un estudio para probar la efectividad de una combinación de HMA y *Pseudomonas fluorescens* contra *Meloidogyne* spp. (25). Esta última perteneciente a un género que ha sido utilizado con anterioridad contra diversos fitopatógenos (17). Esta combinación de bacteria/hongo resultó efectiva al disminuir los daños ocasionados por el nematodo, conferido a la producción de ácido cianhídrico por la bacteria como mecanismo de control y además por la

estimulación de un desarrollo radicular dado por la acción de los hongos micorrízicos (25).

El uso de microorganismos aislados de la superficie de frutas ha sido utilizado como una alternativa efectiva. En 2009 Nunes y Usall utilizaron dos cepas de la bacteria *Pantoea agglomerans* aisladas de la superficie de pera para enfrentarlas contra fitopatógenos como *Botrytis cinérea* y *Rhizopus stolonifer*, obteniendo una reducción del patógeno de hasta un 49% (26). En un estudio similar se reportó que *Pantoea agglomerans* no mostró efectividad frente al fitopatógeno, ya que hubo una fuerte agresividad del patógeno y baja efectividad en el control del mismo (27).

A pesar del uso extendido de químicos y la búsqueda de un control biológico efectivo, también se han utilizado otras alternativas tales como el cambio en el ambiente de los productos en poscosecha, estos cambios incluyen modificaciones en la temperatura; sin embargo, el uso de temperaturas relativamente bajas causa daños al hospedero y no disminuye el daño causado por el fitopatógeno (28).

Otra alternativa es el uso de luz UV, debido a que el efecto de la luz UV se debe

a que estas longitudes de onda corta retardan o suprimen la germinación de las esporas de fitopatógenos, causando daños directos o indirectos en el ADN. El daño directo, resulta de la formación de foto-productos tales como entrecruzamientos entre ADN y proteínas. El daño indirecto se debe principalmente a la aparición de moléculas de oxígeno reactivo (peróxido de hidrógeno y radicales hidroxilos), que oxidan la pentosa presente en el ADN y rompen la hebra de la molécula. Tales efectos muestran efectividad frente a una gran variedad de fitopatógenos y aumentan el promedio de vida de anaquel de varias frutas y hortalizas de importancia agrícola (29).

#### **Patentes en el área de biocontrol en jitomate; evolución a través de los años**

Existen varios trabajos publicados en esta área, tales como los citados hasta ahora en la presente revisión, sin embargo, en cuanto al área de patentes relacionadas al biocontrol de fitopatógenos que atacan al jitomate, del año 2010 hasta el 2019 se ha visto un cambio en el número de patentes registradas por año, siendo el año 2010 y 2011 los años con menor número de patentes registradas, en contraste con 2015; el año con más patentes registradas

(30) en los últimos 9 años, como se puede observar en la Fig. 1. Pudiesen atribuirse estos cambios a la demanda del jitomate en el mercado mundial, es decir correspondiendo a las necesidades de producción y esta a su vez a la demanda en el consumo a nivel mundial (3).

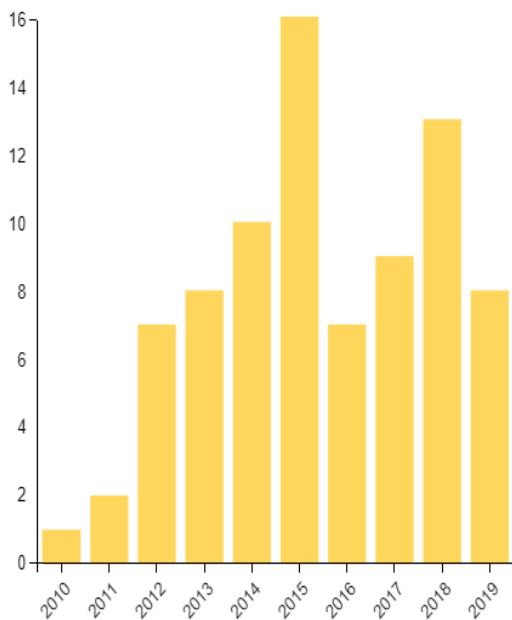


Fig. 1. Patentes registradas en el área de biocontrol. Se representa el número de patentes registradas en los últimos 9 años periodo del 2010 al 2019). Información obtenida de Patent Inspiration (30).

Una de las instituciones que ha publicado más patentes en el área de biocontrol para frutas como el jitomate, es la Universidad pública de Nankín (Nanjing Agricultural University) la cual tiene 9 patentes

registradas hasta el momento, seguida por empresas como Novozymes Bioag con 5 patentes. Ahora bien, si hacemos referencia de los países con más patentes, tenemos como primer lugar a China con 44 patentes registradas, seguido por Estados Unidos de América con 17 patentes, otros países que figuran en la lista de patentes registradas, son; Suecia, Canadá y Rusia (Fig. 2) (30). Si se analizan estas posiciones podemos observar que el país con más patentes registradas, es también el mayor productor a nivel mundial de jitomate.

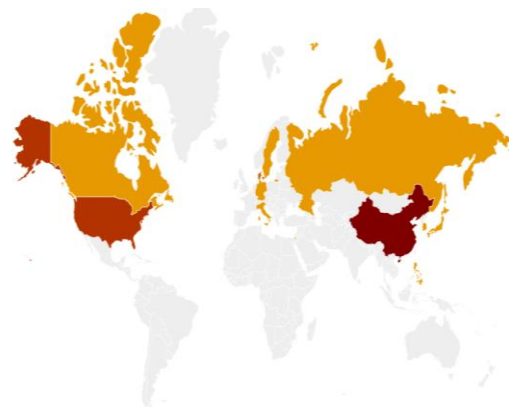


Fig. 2. Países con más registros de patentes en el área de biocontrol de jitomate. Se muestran en colores más oscuros los países con mayor número de patentes registradas, hasta el año 2019. Información obtenida de Patent Inspiration (30).

### **Protección para el jitomate: ejemplos de patentes**

A través de los años diferentes empresas e instituciones han publicado estrategias enfocadas en biocontrol del jitomate, consistentes en métodos, composiciones o ambas, y es de importancia abordar algunos ejemplos.

En el año 2018 Core Intelectual Propretores Holdings Llc, hizo pública una patente que comprende tanto un método como una composición para biocontrol de diferentes fitopatógenos de plantas. El método es utilizado para tratar el suelo para combatir a los agentes fitopatógenos de las plantas, este método consiste en añadir una cantidad efectiva de una formulación que comprende a *Bacillus subtilis* subsp. *spizizenii*, *Paenibacillus polymyxa*, *Bacillus vallismortis*, *Bacillus amyloliquefaciens* y *Bacillus megaterium*, con potencial tanto en planta como en semilla. Además de tener un amplio rango de plantas a las cuales se puede aplicar, todas éstas de importancia agrícola y comercial; lechuga, endibia, alfalfa, arroz, trigo, cebada, centeno, algodón, girasol, maní, maíz, papa, camote, frijol, guisante, achicoria, repollo, coliflor, brócoli, nabo, rábano, espinacas, cebolla, ajo, berenjenas,

pimientos, apio, zanahoria, calabaza, calabaza, calabacín, pepino, manzana, plátano, pera, melón, cítricos, fresa, uva, frambuesa, piña, soja, tabaco, caña de azúcar y jitomate (31).

Como se ha mencionado anteriormente hay tratamientos de biocontrol que se obtienen de bacterias, en este caso existe un patente publicada en 2015, que describe un tratamiento contra diversos fitopatógenos, con propiedades bactericidas, fungicidas y pesticidas. Se menciona que es efectivo contra *Fusarium* sp., *Penicillium digitatum*, *Alternaria* sp., *Erwinia caratovora*, *Pythium* spp., entre otros. Además de las propiedades mencionadas, es útil para mejorar el crecimiento de la planta y la vida útil de productos postcosecha. Este producto es obtenido a partir de *Pseudozyma aphidis* (32).

Se han patentado también combinaciones de microorganismos que consiguen ser útiles como agentes biocontrol, en 2004 la Fundación Cornell Res Inc, patentó una solución consistente en *Bacillus subtilis* aislado, *Pseudomonas putida* y *Sporobolomyces roseus*, los cuales al ser aspergeados sobre las semillas o la planta misma, ofrece protección contra

fitopatógenos reportados, además de un plus, que es el mejoramiento del desarrollo de la planta (33).

## **CONCLUSIONES**

El jitomate es un fruto susceptible a diversos fitopatógenos, que provocan daños y pérdidas a nivel cosecha y postcosecha. Como tratamiento de primera instancia se usan con frecuencia productos químicos, causando daños ambientales y de salud. Atendiendo a la necesidad de la generación de nuevas alternativas para un control efectivo y ecológico, se han desarrollado a través de los años diversas estrategias de biocontrol. Destacándose tratamientos a base de diversas bacterias y productos derivados de la naturaleza. También se han patentado métodos para un control de los fitopatógenos. Sin embargo, no existe aún, una alternativa que sea completamente efectiva. Esto conlleva a la búsqueda y generación de nuevas estrategias, que ayuden en la resolución de la problemática antes mencionada. Se necesitan nuevas investigaciones en el área, que disminuyan el impacto de las pérdidas agrícolas y económicas derivadas de los daños a este fruto.

## **CONFLICTO DE INTERESES**

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

## **AGRADECIMIENTOS**

A los participantes en la presente revisión, en especial al Dr. Jesús Muñoz Rojas por su valiosa asesoría.

## **REFERENCIAS**

1. SAGARPA. Secretaria de Agricultura y Desarrollo Social [Internet]. 2017 [cited 2019 Oct 27]. Available from: <https://www.gob.mx/agricultura>
2. Bernal R. Enfermedades del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en invernadero en las zonas de Salto y Bella Unión. Vol. 4. 2010. 71 p.
3. FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [Internet]. 2015 [cited 2019 Oct 14]. Available from: <http://www.fao.org/home/es/>
4. Weinberg J. Guía para las ONG sobre los plaguicidas peligrosos y el SAICM. Marco de acción para proteger la salud humana y el medio ambiente de los plaguicidas peligrosos. :42–57. Available from: <http://www.ipen.org/sites/default/files/>

- documents/ngo\_guide\_hazpest\_saicmes.pdf
5. Navarro Garcia A, Barba Navarro S. Comportamiento De Los Plaguicidas En El Medio Ambiente. Hojas Divulg [Internet]. 1996;95(9):28. Available from: [http://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd\\_1995\\_09.pdf](http://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1995_09.pdf)
  6. Mónaco C, Nico A, Rollán M, Urrutia M. Efecto « in vitro » de dos fungicidas sobre la micoflora antagonista al tizón temprano del tomate. 16(3).
  7. Badii MH, Abreu JL. Control biológico una forma sustentable de control de plagas. Int J Good Consciene. 2006;1(1):82–9.
  8. Valenzuela C, Ignacio VJ. Potenciales aplicaciones de películas de quitosano en alimentos de origen animal. Av en Ciencias Vet. 2012;27:33–47.
  9. Rodr CA, Bautista-ba S, Guti P. Efecto del quitosano en el control de. 2019;1–7.
  10. Jeanmonod DJ, Rebecca, Suzuki K et al., Hrabovsky M, Mariana Furio Franco Bernardes MP, Lilian Cristina Pereira and Daniel Junqueira Dorta. We are IntechOpen , the world ' s leading publisher of Open Access books Built by scientists , for scientists TOP 1 % Control of a Proportional Hydraulic System. Intech open. 2018;2:64.
  11. Barocio-Ceja NB, Ceja-Torres LF, Morales-Garcia JL, Silva-Rojas H V, Flores-Magallon R, Ochoa-Estrada S. In vitro biocontrol of tomato pathogens using antagonists isolated from chicken-manure vermicompost. Phyton-International J Exp Bot. 2013;82:15–22.
  12. Tania A, Pedroso R, Arrebato MAR, Baños B, Cruz A, Rivero D, et al. Actividad antifúngica de extractos de Acacia farnesiana sobre el crecimiento in vitro de Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici. Rev Científica UDO Agrícola. 2012;12(1):91–6.
  13. Fernández-herrera E, Acostaramos M, Ponce-gonzález F, Manuel-pinto V, Chapingo UA, Parasitología D De, et al. oxysporum Schlechtend .: Fr . y Rhizoctonia solani Kühn en Jitomate ( Lycopersicon esculentum Mill .). Rev Mex Fitopatol. 2007;25:35–42.
  14. Reyes RA, Martínez BB, Rivero GG, Montejo JG. Actividad in vivo de Trichoderma harzianum sobre Sclerotium rolfsii en plántulas de

- tomate. Manejo Integr Plagas y Agroecol. 2019;(66):45–8.
15. Castellanos L, Stefanova M, Villa P, Irimia I, González M. Ensayos con el producto biológico gluticid para el control de alternaria solani y cladosporium fulvum en el tomate en casas de cultivo protegido. Fitosanidad. 2005;9(2):39–43.
  16. Rodríguez H P, J. Súbero M L. Estudio de la mancha gris del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) causada por *Stemphylium* sp. 2019.
  17. Bernal A, Martínez I, Díaz M, Herrera L, Martínez B. Empleo de cepas de bacterias antagonistas en el control de *Stemphylium solani* Webber en tomate bajo cultivo protegido. Cent Agric. 2006;(3):37–40.
  18. Torres E, Iannacone J, Gomez H. Biocontrol del moho foliar del tomate *Cladosporium fulvum* empleando cuatro hongos antagonistas. Bragantia. 2008;67(1):169–78.
  19. Yao W, Kong J, Cheng Y, Ju J, Guo Y, Qian H, et al. Antifungal effects of thymol and salicylic acid on cell membrane and mitochondria of *Rhizopus stolonifer* and their application in postharvest preservation of tomatoes. Food Chem [Internet]. 2019;285(1800):380–8. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.099>
  20. Oliveira R, Moral J, Bouhmidi K, Trapero A. Caracterización morfológica y cultural de aislados de *Colletotrichum* spp . causantes de la Antracnosis del olivo. Bol San Veg Plagas. 2005;531–48.
  21. Satya VK, Radhajeyalakshmi R, Kavitha K, Paranidharan V, Bhaskaran R, Velazhahan R. In vitro antimicrobial activity of zimmu (*Allium sativum* L. ‘*Allium cepa* L.) leaf extract. Arch Phytopathol Plant Prot [Internet]. 2005 Aug 1;38(3):185–92. Available from: <https://doi.org/10.1080/03235400500094357>
  22. Pathology D of plant. Peca Bacteriana del Tomate. :44691. Available from: <http://u.osu.edu/vegetablediseasefacts/files/2014/05/pecaBacterianaDelTomate01-1vn4x6i.pdf>
  23. Meza DP. Nemátodo agallador. INIA [Internet]. 2017;2–3. Available from: [www.inia.cl](http://www.inia.cl)

24. Barrer SE. El uso de hongos micorrízicos arbusculares como una alternativa para la agricultura. *Fac ciencias Agropecu.* 2009;5(1):123–32.
25. Orrico GD, Ulloa SM, Medina ME. Efecto de los hongos micorrízicos arbusculares y *Pseudomonas fluorescens* en el control de *Meloidogyne* spp. en plantas de tomate de árbol (*Solanum betaceum*). *Ciencia.* 2013;15:1–10.
26. Nunes C, Usall J, Teixidó N, Viñas I. Biological control of postharvest pear diseases using a bacterium, *Pantoea agglomerans* CPA-2. *Int J Food Microbiol* [Internet]. 2001;70(1):53–61. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168160501005232>
27. Francés J, Bonaterra A, Moreno MC, Cabrefiga J, Badosa E, Montesinos E. Pathogen aggressiveness and postharvest biocontrol efficiency in *Pantoea agglomerans*. *Postharvest Biol Technol* [Internet]. 2006;39(3):299–307. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925521405002292>
28. Adaskaveg, J.E., Förster, H., and Sommer NF 2002. Tecnología poscosecha de cultivos hortícolas. Kader A, editor. Oakland, California, Estados Unidos.; 2002. 163-195 p.
29. Quintero Cerón J, Bohorquez Pérez Y, Valenzuela Real C. Avances en la aplicación de luz ultravioleta de onda corta (UVC) en frutas y vegetales enteros y mínimamente procesados: revisión. *Tumbaga.* 2013;1(8):29–60.
30. Patent Inspiraton website [Internet]. [cited 2019 Nov 7]. Available from: <https://app.patentinspiration.com/#report/97f27C82462A/filter>.
31. Blotsky L, Zellars DQ, Lindsey M. Methods and compositions of biocontrol of plant pathogens [Internet]. US2017319635, 2017. Available from: [https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?DB=EPODOC&locale=en\\_EP&FT=E&CC=US&NR=2017319635&KC=A1](https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?DB=EPODOC&locale=en_EP&FT=E&CC=US&NR=2017319635&KC=A1)
32. Levy M, Gafni A. *Pseudozyma aphidis* As A Biocontrol Agent Against

- Various Plant Pathogens. US2014141976, 2014.
33. Gary B, Wilmar CDL. Biocontrol for plants with bacillus subtilis, pseudomonas putida, and Sporobolomyces roseus [Internet]. WO2004024865, 2004. Available from: [https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?DB=EPODOC&locale=en\\_EP&FT=E&CC=WO&NR=2004024865&KC=A2](https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?DB=EPODOC&locale=en_EP&FT=E&CC=WO&NR=2004024865&KC=A2)