

Tomate (*Solanum lycopersicum*) production and bacterial canker management during COVID-19

Producción de jitomate (*Solanum lycopersicum*) y manejo del cancro bacteriano durante COVID-19

Alfredo Reyes-Tena*, Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad, Universidad Nacional Autónoma de México, Antigua Carretera a Pátzcuaro 8701, Colonia Ex Hacienda de San José de la Huerta, 58190 Morelia, Michoacán, Mexico; **Sylvia P. Fernández-Pavía**, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IIAF), Km 9.5, carretera Morelia-Zinapécuaro, Tarímbaro, Michoacán, México. CP 58880; **Bárbara Hernández-Macías**, Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria-DGSV-SENASICA, Carretera Federal México-Pachuca Km 37.5, Tecámac, Estado de México, México. CP 55740. Corresponding author: eyesnator@hotmail.com

Received: February 02, 2021.

Accepted: April 15, 2021.

Reyes-Tena A, Fernández-Pavía SP and Hernández-Macías B. 2021. Tomate (*Solanum lycopersicum*) production and bacterial canker management during COVID-19. Mexican Journal of Phytopathology 39(4): 351-361.

DOI: <https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.2021-8>

Abstract. The tomato (*Solanum lycopersicum*) is part of the food basket of Mexicans and is the most consumed vegetable worldwide. Mexico is one of the main producer and exporter countries, the main market to export is the United States of America. The pandemic caused by the severe acute respiratory syndrome coronavirus (SARS-CoV-2) seriously affected the economy and consequently the production and distribution of basic foods, including tomatoes. This work summarizes the experiences derived from the production, detection and phytosanitary management of *Clavibacter*

Resumen. El jitomate (*Solanum lycopersicum*) es parte de la canasta básica de los mexicanos y es la hortaliza más consumida en el mundo. México es uno de los principales países productores y exportadores, teniendo como mercado principal a los Estados Unidos de América. La pandemia causada por el coronavirus del síndrome respiratorio agudo severo (SARS-CoV-2) afectó gravemente la economía y en consecuencia la producción y distribución de alimentos básicos, incluido el jitomate. En el presente escrito, se resumen las experiencias derivadas de la producción, detección y manejo fitosanitario de *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* durante la temporada julio-diciembre 2020 en el cultivo de jitomate bajo macrotúnel localizado en Copándaro, Michoacán, México. La agricultura como actividad económica esencial en la producción de alimentos básicos, debe mantenerse activa al ser un proceso productivo no confinado, con bajo riesgo de contagio, y ser

michiganensis subsp. *michiganensis* during the July–December 2020 season in a tomato crop under macro tunnel located in Copándaro, Michoacán, Mexico. Agriculture, as an essential economic activity in the production of basic foods, must remain active as it is an unconfined productive process, with a low risk of contagion, and it's a necessary activity for the economic support of agricultural workers.

Key words: SARS-CoV-2, *Clavibacter michiganensis*, SVTE8444, macrotúnel

The novel coronavirus (SARS-CoV-2), cause of the *severe acute respiratory syndrome* (SARS) better known as COVID-19, appeared in the city of Wuhan, China in December of 2019. The virus spread globally at an incredible speed via international symptomatic or asymptomatic travelers, resulting in the ongoing pandemic (WHO, 2020), which has been a challenge to the world economy due to the closure or drastic reduction of unessential activities to reduce the risk of infection throughout the entire population (McKibbin and Roshen, 2020). The closure of wholesale and local markets, as well as the transborder mobility with the USA, with a strong incidence of COVID-19, has made vegetable trade and distribution in Mexico complicated. According to the Johns Hopkins University, up to January of 2021, the United States had 23.4 million cases positive to SARS-CoV-2 and over 389 thousand deaths. This situation caused the general reduction of economic activities and consequently, a crisis that led to the reduction in the shipment of vegetables from Mexico. This affected the production of tomato (*Solanum lycopersicum*) which, along with the chili pepper (*Capsicum* spp.), has the largest volume of export (Espitia *et al.*, 2020). Locally, Mexico experienced a similar crisis with the reduction in consumption levels, forcing

una actividad necesaria para el sustento económico de los trabajadores agrícolas.

Palabras clave: SARS-CoV-2, *Clavibacter michiganensis*, SVTE8444, macrotúnel

El nuevo coronavirus (SARS-CoV-2), causante de la enfermedad *síndrome respiratorio agudo severo* (SARS, por siglas en inglés), ampliamente conocido como COVID-19, surgió en la ciudad de Wuhan, China en diciembre de 2019. El virus se dispersó globalmente a una velocidad impresionante mediante viajeros internacionales sintomáticos o asintomáticos resultando en la pandemia actual (WHO, 2020), la cual ha representado un reto para la economía mundial debido al cierre o reducción drástica de actividades no esenciales para disminuir el riesgo de contagio en la población (McKibbin y Roshen, 2020). El cierre de centrales de abasto y mercados locales, así como la movilidad transfronteriza con EUA, con fuerte incidencia de COVID-19, ha complicado el comercio y distribución de hortalizas en México. De acuerdo con la Universidad Johns Hopkins, hasta enero de 2021, EUA tenía de 23.4 millones de casos positivos a SARS-CoV-2 y más de 389 mil muertes. Esta situación provocó reducción de las actividades económicas de manera general y en consecuencia una crisis que conllevó a la reducción del envío de hortalizas desde México. Esto afectó la producción de jitomate (*Solanum lycopersicum*), que junto con el chile (*Capsicum* spp.), ocupan el mayor volumen de exportación (Espitia *et al.*, 2020). A nivel local, México experimentó una crisis similar al disminuir el nivel de consumo, provocando que los productores tuvieran que reducir el valor de sus cosechas. Lo anterior, aunado a escasez de insumos agrícolas, ocasionado por cierre de fábricas y de cadenas de distribución, incrementó el costo productivo afectando de manera directa la economía de productores.

farmers to lower the cost of their harvests. This, in addition to a scarcity of agricultural inputs caused by the closure of factories and distribution chains, increased the productive cost, affecting farmers' economies directly.

Mexico is the country with the highest tomato exports in the world, with 33% of global exports (Álvarez-Medina *et al.*, 2017). The states with the highest production rates are Sinaloa, Chiapas, Jalisco, Michoacán, Tamaulipas and Veracruz, which account for 38.8% of the production of the country (SADER, 2021). Like most agricultural activities in the country, in Michoacán, although the surface planted with this crop was reduced, it continued in the main production areas, composed of the municipal areas of Apatzingán, Carácuaro, Copándaro, Tacámbaro, Tanhuato and Yurécuaro. The aim of this investigation was to display the results of an investigation related to the management of bacterial canker carried out in a commercial field owned by a tomato farmer during lockdown and the interruption of in-person activities in the UMSNH.

Establishment of tomato planting and health

The experiment was established with the variety SVTE8444 (Seminis®) in a 1.3 ha field with 90% of the plantation under a plastic macro tunnel. The remaining 10% was kept in the open due to the heterogenous characteristics of the field and the geometry of the land. A fertigation system was used, with drip tape (30 cm between droppers) with an irrigation frequency as required by the crop. The setup took place between July and December of 2020 in the municipal area of Copándaro, Michoacán at an elevation of 1870 masl, a subhumid temperate climate with rains in the summer (Cw)(w), an average annual rainfall of 741-959 mm and an average annual temperature between 16 and 18 °C (Hurtado-Rico *et al.*, 2006). The agricultural

México es el principal país exportador de jitomate en el mundo con el 33% de exportaciones globales (Álvarez-Medina *et al.*, 2017), los principales estados productores son Sinaloa, Chiapas, Jalisco, Michoacán, Tamaulipas y Veracruz los cuales concentran el 38.8% de la producción nacional (SADER, 2021). Como la amplia mayoría de las actividades agrícolas en el país, en Michoacán, aunque se redujo la superficie sembrada, el cultivo de esta hortaliza continuó en las principales zonas de producción que comprenden los municipios de Apatzingán, Carácuaro, Copándaro, Tacámbaro, Tanhuato y Yurécuaro. Este trabajo tuvo como propósito mostrar los resultados de una investigación, relativa al manejo del cancro bacteriano, desarrollada en un predio comercial de un productor de jitomate durante la fase de confinamiento y la interrupción de las actividades presenciales en la UMSNH.

Establecimiento de plantación y fitosanidad de jitomate

El experimento se estableció con la variedad SVTE8444 (Seminis®) en una parcela de 1.3 ha con 90% de la plantación bajo macrotúnel de plástico. El 10% restante se mantuvo a campo abierto debido a las características heterogéneas de la parcela y la geometría del terreno. Se empleó un sistema de fertirriego mediante cintillas de goteo (30 cm entre goteros) con frecuencia de riego según requerimientos del cultivo. El cultivo se desarrolló de julio a diciembre 2020 en el municipio de Copándaro, Michoacán a 1870 msnm, clima templado subhúmedo con lluvias en verano (Cw)(w), precipitación media anual de 741-959 mm y temperatura promedio anual entre 16 y 18 °C (Hurtado-Rico *et al.*, 2006). El personal agrícola empleado acató las medidas sanitarias establecidas por la Secretaría de Salud del gobierno federal para prevenir el

staff followed the health measures established by the Secretariat of Health of the Federal Government to prevent the spreading of SARS-CoV-2, such as the use of face masks, a social distance of 1.5m between individuals and frequent hand washing. The main phytosanitary activities included the trimming of axillary buds with scissors 20 days after transplanting; fluopicolide and propamocarb in drench to prevent diseases caused by oomycetes in the soil; gentamicin and oxytetracycline to prevent airborne bacterial diseases; and the application of flupyradifurone, thiamethoxam, cyantraniliprole, abamectin and bifenthrin against the main insect pests, such as whiteflies (*Bemisia tabaci*, *Trialeurodes vaporariorum*), leaf miners (*Liriomyza* sp.) and thrips (*Frankiniella occidentalis*). Seven days after transplanting, damping off was found, with an incidence of 25%, due to which it became necessary to purchase another 5000 plants from another supplier in the municipal area of Yurécuaro, Michoacán, and Infinito (fluopicolide + propamocarb) (Bayer®) was applied in drench, reducing the incidence of the disease down to 4%. During the development of the crop, according to the empirical knowledge of the farmer and to the book “Diseases of the tomato”, originally ‘Enfermedades del tomate’ (Blancard *et al.*, 2011), the following diseases were found, with an incidence below 1%: damping off, stem rot, pith necrosis, and a viral disease putative to the *Cucumber mosaic virus*.

Detection and management of the bacterial canker

Fifty days after transplanting, with constant rainfalls, a relative humidity >90% and a temperature between 20 and 32 °C, whitish lesions were found on the edges of the leaves with an incidence of 10% (Figure 1A), which evolved

contagio de SARS-CoV-2, como uso de cubrebocas, *sana distancia* de 1.5 m entre personas y lavado frecuente de manos. Las principales actividades de manejo fitosanitario incluyeron: poda de yemas axilares con tijeras 20 días después del trasplante; fluopicolide y propamocarb en ‘drench’ para prevención de enfermedades causadas por inóculo de oomycetes presente en suelo; gentamicina y oxitetraciclina para la prevención de enfermedades bacterianas aéreas; y aplicación de flupyradifurone, tiametoxam, cyantraniliprole, abamectina y bifentrina para el manejo de las principales plagas insectiles como mosca blanca (*Bemisia tabaci*, *Trialeurodes vaporariorum*), minador (*Liriomyza* sp.) y trips (*Frankiniella occidentalis*). Siete días después del trasplante se tuvo ‘damping off’ con incidencia del 25%, por lo cual fue necesario adquirir 5000 plantas adicionales de otro proveedor del municipio de Yurécuaro, Michoacán, y se aplicó Infinito (fluopicolide + propamocarb) (Bayer®) en ‘drench’, reduciéndose hasta en 4% la incidencia de la enfermedad. Durante el desarrollo del cultivo, de acuerdo al conocimiento empírico del productor y al libro ‘Enfermedades del Jitomate’ (Blancard *et al.*, 2011), se detectaron las siguientes enfermedades con una incidencia menor al 1%: ‘damping off’, podredumbre del tallo, mancha negra de la médula y una enfermedad viral putativa al *Cucumber mosaic virus*.

Detección y manejo del cancro bacteriano

Cincuenta días después del trasplante, con ocurrencia de lluvias constante, >90% de humedad relativa y temperatura entre 20-32 °C se detectaron lesiones blanquecinas en los bordes de las hojas con un 10% de incidencia (Figura 1A), las cuales evolucionaron a lesiones cloróticas (Figura 1B). En plantas expuestas a cielo abierto, las lesiones se tornaron necróticas con apariencia de tizón foliar

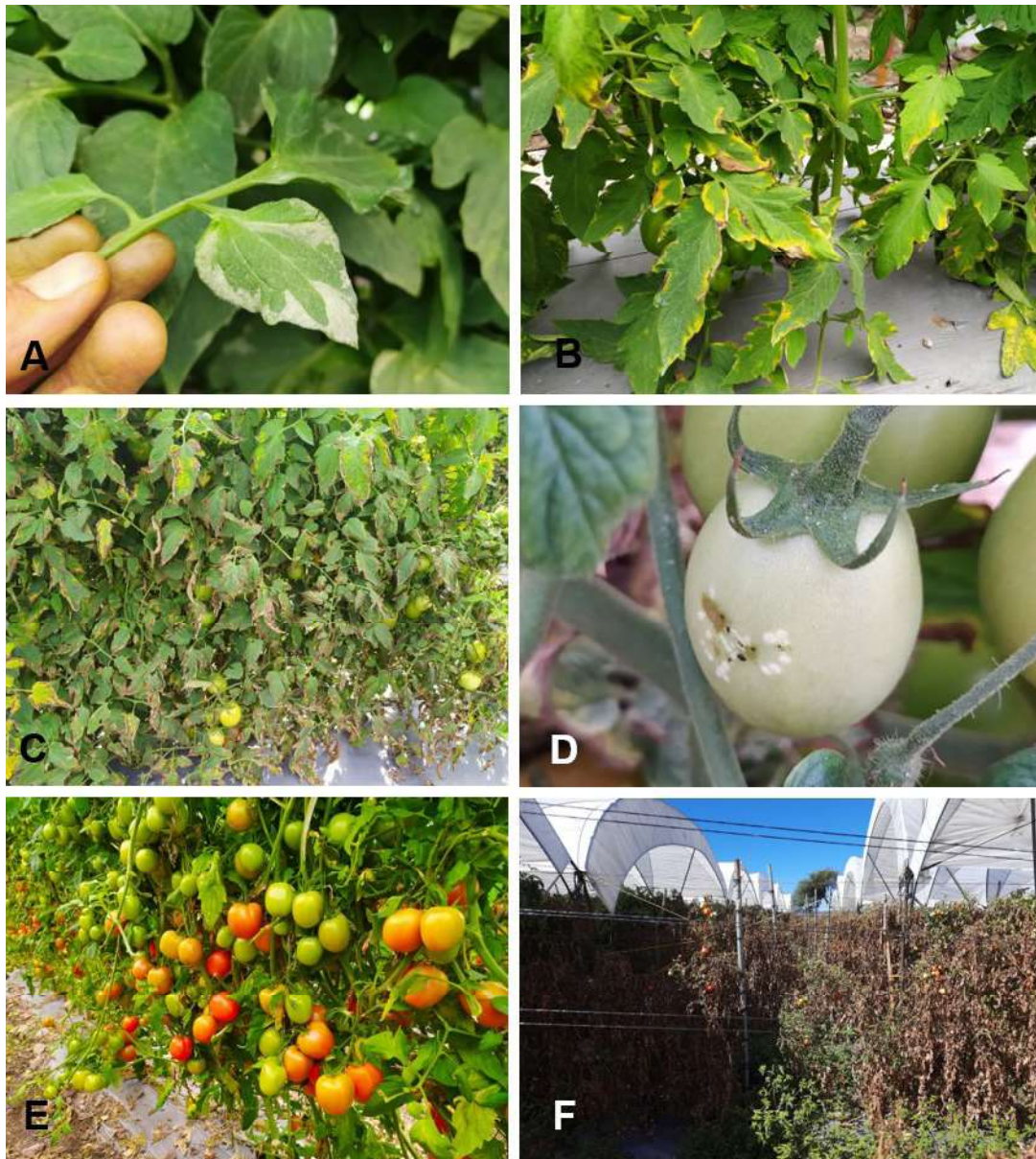


Figure 1. Symptoms of bacterial canker (*Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*) on a tomato plant, variety SVTE8444 in Copándaro, Michoacán, Mexico: A) whitish lesions on the edge of the leaflets; B) chlorotic lesions on the edges of the leaflets; C) necrotic lesions with the appearance of marginal blight on leaflets; D) whitish spots on fruits; E) production of fruits from healthy and diseased fruits inside the macro tunnel; F) death of plants in the open field.

Figura 1. Síntomas de cancro bacteriano (*Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*) en una plantación de jitomate variedad SVTE8444 en Copándaro, Michoacán, México: A) lesiones blanquecinas en el borde de los foliolos; B) lesiones cloróticas en el borde de los foliolos; C) lesiones necróticas con aspecto de tizón marginal en foliolos; D) manchas blanquecinas en frutos; E) producción de frutos de plantas sanas y enfermas bajo cubierta; F) muerte de plantas expuestas a cielo abierto.

into chlorotic lesions (Figure 1B). In plants in the open field, the lesions turned necrotic, with the appearance of leaf blight (Figure 1C). Fruits were also found to have whitish spots with a dark center (Figure 1D). Eighty days after transplanting, the plants in the open field displayed greater damage due to the disease with necrotic lesions on sections of the stem (Figure 1F). The distribution of diseased plants was heterogenous in the crop. The characteristics of the lesions coincided with the description of the bacterial canker in tomato (Sen *et al.*, 2015). Samples of foliar, stem and fruit tissue with symptoms of *bacterial canker* were collected and taken to the Phytopathology Laboratory of the Guanajuato State Plant Health Committee (Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Estado de Guanajuato - CESAVEG) for processing and to determine the causal agent using the ELISA immunology test adapted by the CESAVEG (MA-LDF-#2B; MA-LDF-1V). The results confirmed the causal agent of the disease to be *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* (Cmm).

For the management of the disease, kasugamycin, oxytetracycline, gentamicin and copper hydroxide-based bactericides were applied every seven days, and up to one week before harvest, in the doses recommended by the manufacturer. In addition, the nbelyax-based product *Nanoagro solutions* Exodus Max[®] was used at 15%, which is recommended for bacterial diseases in tomato plants (Nanoagro, 2020). The furrows with diseased plants were labelled using red stakes to avoid manipulating them, since it is a disease that is mainly transmitted mechanically. Ninety days after the transplant, all plants were partially defoliated to obtain an even maturation and to improve ventilation. This activity was performed using cotton wool gloves soaked with the product Microdyn[®], made of an ionized silver solution and bidistilled water. Following the dose recommended by the manufacturer, the

(Figura 1C). También se registraron frutos con manchas blanquecinas con centro oscuro (Figura 1D). A 80 días después del trasplante las plantas que se encontraban en exposición a cielo abierto mostraron mayor daño a causa de la enfermedad con lesiones necróticas en secciones del tallo (Figura 1F). La distribución de las plantas enfermas fue heterogénea en el cultivo. Las características de las lesiones coincidieron con la descripción del *cancro bacteriano* del jitomate (Sen *et al.*, 2015). Muestras de tejido foliar, tallo y frutos con síntomas de *cancro bacteriano* se colectaron y se llevaron al Laboratorio de Fitopatología del Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Estado de Guanajuato (CESAVEG) para su procesamiento y determinación del agente causal mediante la prueba inmunológica ELISA adaptadas por el CESAVEG (MA-LDF-#2B; MA-LDF-1V). Los resultados confirmaron al agente causal de la enfermedad como *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* (Cmm).

Para el manejo de la enfermedad se aplicaron cada siete días, y hasta una semana antes de la cosecha, bactericidas a base de kasugamicina, oxitetraciclina, gentamicina e hidróxido de cobre de acuerdo a dosis recomendada por el fabricante. Adicionalmente, se empleó el producto Exodus Max[®] de *Nanoagro solutions* a base de nbelyax al 15% el cual está recomendado para enfermedades bacterianas en jitomate (Nanoagro, 2020). Los surcos que presentaron plantas enfermas se marcaron con estacas de color rojo para evitar su manipulación al ser una enfermedad que se transmite principalmente por vía mecánica. Noventa días después del trasplante, todas las plantas se deshojaron parcialmente para obtener una maduración uniforme y mejorar la ventilación. Esta actividad se realizó empleando guantes de tela de algodón empapados con el producto Microdyn[®], compuesto a base de una solución de plata ionizada y agua bidestilada. De acuerdo a la dosis del fabricante, se aplicó el

product was applied into plastic containers with 10 L of water, and the gloves were then submerged for 5 min; the agricultural staff submerged the gloves into the Microdyn® solution every 10 min to avoid the accumulation of culture-forming units and the transmission to healthy plants. Starting on day 95 after transplanting, the harvest began, leaving symptomatic plants until the end. The harvest period lasted until 190 days after transplant.

Productive loss putative to the bacterial canker

The aggressiveness of the disease was less in plants covered by the macro tunnel. During the harvest period, the intensity of the damage to these plants did not increase, maintaining a similar production to healthy plants (Figure 1E); the plants in the open field died 120 days after transplanting (Figure 1F). The average crop yield obtained was 130 t ha⁻¹, which represents a loss in production of 10% in comparison with the yield obtained in the same season in 2019 (144 t ha⁻¹).

The variety SVTE8444 is robust and the technical datasheet reports a wide spectrum in tolerance/resistance to fungal, viral pathogens or others caused by nematodes. This study displayed susceptibility to damping off and an apparent tolerance to Cmm under the macro-tunnel, since the genetic effect was complemented with bactericides; however, it was susceptible in plants in the open field. This contrasts with reports of greater damage taking place in covered plants (Blancard *et al.*, 2011). The nbelyax-based bactericide proved to be efficient in reducing the aggressiveness of the disease under the macro tunnel, yet it was not efficient on the plants in the open field. Therefore, further studies are required to determine if the reduction in the aggressiveness is an effect of the nbelyax or of the protective cover of the macro tunnel, which helps avoid the

producto en recipientes de plástico con 10 L de agua y posteriormente los guantes se sumergieron durante 5 min; el personal agrícola sumergió los guantes en la solución Microdyn® cada 10 m para evitar la acumulación de unidades formadoras de colonias impidiendo la transmisión a plantas sanas. A partir de 95 días después del trasplante se comenzó con la cosecha dejando al final las plantas con síntomas. El periodo de cosecha culminó a los 190 días después del trasplante.

Pérdida productiva putativa al cancro bacteriano

La agresividad de la enfermedad fue menor en plantas bajo macrotúnel. Durante el periodo de cosecha no incrementó la intensidad del daño en esas plantas enfermas manteniéndose una producción similar a plantas sanas (Figura 1E); las plantas que se encontraban a cielo abierto murieron a los 120 días después del trasplante (Figura 1F). El rendimiento promedio obtenido del cultivo fue de 130 t ha⁻¹, lo cual representó una disminución en la producción del 10% con respecto al rendimiento obtenido en la misma temporada en 2019 (144 t ha⁻¹).

La variedad SVTE8444 es robusta y la ficha técnica reporta amplio espectro en tolerancia/resistencia a patógenos fúngicos, virales y nematodos. El presente estudio demostró susceptibilidad a ‘damping off’ y aparente tolerancia a Cmm bajo cubierta de macrotúnel ya que se complementó el efecto genético con bactericidas; no obstante, fue susceptible en plantas expuestas a cielo abierto. Esto contrasta con reportes donde se ha documentado mayor daño bajo cubierta (Blancard *et al.*, 2011). El bactericida a base de nbelyax demostró ser eficaz en disminuir la agresividad de la enfermedad bajo macrotúnel, sin embargo, no fue eficaz en las plantas a cielo abierto. Por lo tanto, se requieren estudios posteriores para determinar si la disminución de la agresividad de la enfermedad es por

accumulation of rainwater and dew on leaves, both of which are factors that favor the development of bacterial canker (Blank *et al.*, 2016; de León *et al.*, 2011). On the other hand, the use of cotton wool gloves soaked with Microdyn® was able to reduce the transmission of the disease during defoliation, since no new diseased plants were registered during the harvest period (October-December). There are no studies on the application of ionized silver solutions for the management of bacterial diseases in plants, therefore experiments must be carried out to determine their efficiency under controlled conditions. The 10% reduction in the productive yield and the incidence of bacterial canker, with the plant health management described, contrasts with reported losses of over 50% and incidences of 70 to 100% (Frías-Pizano *et al.*, 2016; Lamichhane *et al.*, 2011). It was not possible to determine the origin of the strain found in the tomato plants. According to the experience of farmers, this is the first time Cmm was found in plantations in Copándaro, although it was previously reported in Zamora, Michoacán (Frías-Pizano *et al.*, 2016). It is possible that some of the plants acquired for replanting were infected. However, this is difficult to determine, since the plants don't normally present symptoms until the flowering stage and one of their mechanisms of transmission is via the seeds (Blancard *et al.*, 2011).

Effect of COVID-19 on the price of tomato

The COVID-19 pandemic had a direct effect on the price of tomato in national and American markets, where the reduction in the number of consumers in sales points lowered the price by up to 50% in comparison with previous years (SMATTCOM, 2021). The economic recession caused by the reduction in non-essential economic activities in Mexico and the USA produced an oversupply of tomato in the main markets. This led

efecto de nbelyax o por la cubierta protectora del macrotúnel, el cual ayuda a evitar la acumulación del agua de lluvia y el rocío en las hojas, factores que favorecen el desarrollo del cancro bacteriano (Blank *et al.*, 2016; de León *et al.*, 2011). Por otro lado, el uso de guantes de tela de algodón impregnados con Microdyn® pudo reducir la transmisión de la enfermedad durante el deshoje al no registrarse nuevas plantas enfermas durante el periodo de cosecha (octubre-diciembre). No existen estudios acerca de la aplicación de soluciones de plata ionizada para el manejo de enfermedades bacterianas en plantas, por lo cual es necesario realizar experimentos para determinar su eficacia en condiciones controladas. La disminución del 10% en el rendimiento productivo y la incidencia del *cancro bacteriano*, con el manejo fitosanitario descrito, contrasta con pérdidas reportadas superiores al 50% e incidencias entre el 70 al 100% (Frías-Pizano *et al.*, 2016; Lamichhane *et al.*, 2011). No fue posible determinar el origen de la cepa detectada en el cultivo de jitomate. De acuerdo a la experiencia de los productores esta es la primera vez que se detecta Cmm en cultivos de Copándaro, aunque previamente fue reportada en Zamora, Michoacán (Frías-Pizano *et al.*, 2016). Es posible que plantas adquiridas para replantar estuviesen infectadas. Sin embargo, esta afirmación es difícil de determinar debido a que las plantas normalmente no manifiestan síntomas hasta la etapa de floración y uno de sus mecanismos de transmisión es por medio de semilla (Blancard *et al.*, 2011).

Efecto COVID-19 en precio de jitomate

La pandemia COVID-19 tuvo un efecto directo en el precio del jitomate en mercados nacionales y EUA, donde la disminución de consumidores en punto de venta redujo hasta en 50% el precio en comparación con años anteriores (SMATTCOM, 2021). La recesión económica generada por la

to the reduction in the price of the crop in November and December, when prices tend to be highest. The advancement in vaccination campaigns against SARS-CoV-2, which began in Mexico on December 24th, 2020, along with the gradual reopening of socioeconomic and educational activities, could reactivate the demand for tomato and improve sales prices in the 2021 cycle, benefitting farmers.

Productive perspectives in the light of the bacterial canker

The management of diseases in crops such as tomato, which is susceptible to diverse genera of pathogens, was a challenge when obtaining inputs and products for the preventive management became difficult. The services provided by plant health diagnosis laboratories was valuable to apply management strategies for the relevant diseases. This work reports the presence of *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* for the first time in tomato plantations in Copándaro, Michoacán. This crop, in the productive areas of the region, must be produced following under strict guidelines to prevent its spread into pathogen-free fields. These include crop rotation for 5 years after finding the presence of the pathogen; the use of certified seed; the establishment of seedbeds in disease-free areas or nurseries; and the disinfection of tilling material and work tools.

Perspectives in the light of COVID-19

In general terms, it was an atypical year for vegetable farmers throughout the country due to the uncertainty in the market caused by COVID-19. Farmers related to a primary economic activity kept themselves active by investing and providing jobs to rural communities. In the case of this study in particular, agricultural workers have no stable jobs and have the need to work in agricultural fields

disminución de las actividades económicas no esenciales en México y EUA provocó una sobreoferta de jitomate en los principales mercados. Esto condujo al abaratamiento del producto durante noviembre y diciembre cuando normalmente se registran los precios más elevados. El avance en las campañas de vacunación contra SARS-CoV-2, iniciadas el 24 de diciembre 2020 en México, en adición a la reapertura gradual de actividades socio-económicas y educativas podría reactivar la demanda de jitomate y mejorar precios de venta en el ciclo 2021 beneficiando al productor.

Perspectivas productivas ante el cancro bacteriano

El manejo de enfermedades en cultivos como el jitomate, el cual es susceptible a diversos géneros de patógenos representó un reto ante la dificultad de conseguir insumos y productos para el manejo preventivo. La prestación de servicios por parte de laboratorios de diagnóstico fitosanitario durante la pandemia ha sido valiosa para aplicar estrategias de manejo de las enfermedades pertinentes. En este trabajo reportamos por primera vez la presencia de *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* en cultivo de jitomate de Copándaro, Michoacán. La producción de esta hortaliza en las zonas productivas de la región deberá realizarse bajo estrictas medidas de prevención para evitar su diseminación a terrenos libres del patógeno. Estas incluyen rotación de cultivos por un intervalo de 5 años después de detectar la presencia del patógeno; uso de semilla certificada; establecer almácigos en zonas o viveros libres de la enfermedad; y desinfección del material de labranza y herramientas de trabajo.

Perspectivas ante COVID-19

De manera general, fue un año atípico para productores de hortalizas a nivel nacional debido a la

whenever they are required. One advantage of the place of study was the low number of infections at a municipal level, with 50 positive cases in the period between July and December 2020, which represented 0.48% of the municipal area's total population and el 0.16% of the total of people infected in the state of Michoacán (SALUD, 2021). Another measure that helped avoid infections was that workers that traveled to the work area did so individually and they were not allowed into the macro tunnel if they were suspected of having symptoms of COVID-19. Inside the macro tunnel, the workers were given one furrow each, which were separated by 1.8 m, considered safe, according to the social distancing measures implemented by the federal government (GOBMX 2021). Another important aspect was that 3 to 8 workers were normally hired for the different activities of the productive cycle to avoid the overcrowding of staff in the work area. This experience suggests that agricultural activities must continue, with the use of recommended measures, since it is an unconfined productive process, it has a low risk of spreading due to it being mostly carried out in the open and with exposure to sunlight, and being a necessary activity for the economic sustenance of agricultural workers, who work temporarily and have limited access to public health services.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to thank MC. Juan Luis Marín León for his advice in the detection and management of *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*, as well as to farmer Gerardo Reyes Tena for providing his field so we could carry out our work.

incertidumbre del mercado a causa de COVID-19. Los productores del campo, asociados a una actividad económica primaria, se mantuvieron activos invirtiendo y proporcionando fuente de empleo a comunidades rurales. En el caso particular del presente estudio, los trabajadores agrícolas no poseen un empleo fijo y tienen la necesidad de acudir a los campos agrícolas cuando son requeridos. Una ventaja del lugar de estudio fue el bajo número de contagios a nivel municipal, registrándose 50 casos positivos en el período de Julio-Diciembre 2020, lo que representó una proporción del 0.48% del total de la población del municipio y el 0.16% del total de infectados en Michoacán (SALUD, 2021). Otra medida que ayudó a evitar contagios fue que los trabajadores se trasladaban principalmente de manera individual al área de trabajo y no se les permitía el ingreso al macrotúnel si presentaban síntomas sospechosos de COVID-19. Dentro del macrotúnel, los trabajadores se distribuían uno por surco, los cuales estaban separados por 1.8 m de distancia, considerada segura de acuerdo a las medidas de *sana distancia* implementadas por el gobierno federal (GOBMX, 2021). Otro aspecto importante fue que normalmente se empleaban entre 3 y 8 trabajadores para las diversas actividades del ciclo productivo, evitando así la saturación de personal en el área de trabajo. Esta experiencia, sugiere que la actividad agrícola, aplicando las medidas preventivas recomendadas, debe mantenerse activa en zonas rurales al ser un proceso productivo no confinado, representar bajo riesgo de contagio por la aeración y exposición solar, y ser una actividad necesaria para el sustento económico de los trabajadores agrícolas, con ocupación temporal y limitado acceso a servicios de salud pública.

LITERATURE CITED

- Álvarez-Medina MT, Núñez-Ramírez MA and Wendlant-Amezaga TR. 2017. Caracterización de la cadena de valor del tomate rojo fresco en México. *Revista Global de Negocios* 5(3): 45-58. <http://www.theibfr2.com/RePEc/ibf/rgnego/rgn-v5n3-2017/RGN-V5N3-2017.pdf#page=47>
- Blancard D, Laterrot H, Marchoux G and Candresse T. 2011. Enfermedades del tomate, identificar, conocer, controlar. Edición española. ISBN: 9788484764274.
- Blank L, Cohen Y, Borenstein M, Shulhani R, Lofthouse M, Sofer M and Shtienberg D. 2016. Variables associated with severity of bacterial canker and wilt caused by *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* in tomato greenhouses. *Phytopathology* 106(3): 254-261. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-07-15-0159-R>
- de León L, Siverio F, López MM and Rodríguez A. 2011. *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*, a seedborne tomato pathogen: healthy seeds are still the goal. *Plant Disease* 95(11): 1328-1339. <https://doi.org/10.1094/PDIS-02-11-0091>
- Espitia A, Rocha N and Ruta M. 2020. Covid-19 and food protectionism: the impact of the pandemic and export restrictions on world food markets. *Policy Research Working Papers*. <http://dx.doi.org/10.1596/1813-9450-9253>
- Frías-Pizano J, Acosta-García G, Sánchez-Rico KF, González-Chavira MM, Guevara-González RG, Torres-Pacheco I and Guevara-Olvera L. 2016. Detección de *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* por PCR en plantas de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 7(6): 1347-1357. <https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/editorial/index.php/agricolas/article/view/182/160>
- GOBMX. 2021. Susana distancia. <https://coronavirus.gob.mx/susana-distancia/> (consultada, enero 2021).
- Hurtado-Rico NE, Rodríguez-Jiménez C and Aguilar-Contreras A. 2006. Estudio cualitativo y cuantitativo de la flora medicinal del municipio de Copándaro de Galeana, Michoacán, México. *Polibotánica* 22. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-27682006000200021

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al MC. Juan Luis Marín León por su asesoría en la detección y manejo de *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*. Al productor Gerardo Reyes Tena por facilitar la parcela para la conducción de este trabajo.

~~~~~ Fin de la versión en Español ~~~~~

- Lamichhane JR, Balestra GM and Varvaro L. 2011. Severe outbreak of bacterial canker caused by *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* on tomato in central Italy. *Plant Disease* 95(2): 221-221. <https://doi.org/10.1094/PDIS-09-10-0635>
- McKibbin WJ and Roshen F. 2020. The global macroeconomic impacts of COVID-19: seven scenarios. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3547729>
- Nanoagro, 2020. Exodus max, fungicida, bactericida. <https://www.nanoagro-solutions.com/exodusmax.html>. Consulta, enero 2021.
- SADER, Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. 2020. Servicio de información agroalimentaria y pesquera. <https://www.gob.mx/siap>. Consulta, enero 2021.
- SALUD, Secretaría de Salud de Michoacán. 2021. COVID-19 Michoacán, <https://covid19.srs.care/#/michoacan>. Consulta, enero 2021.
- Sen Y, van del Wolf J, Visser RGF and van Heusden S. 2015. Bacterial canker of tomato: current knowledge of detection, management, resistance and interactions. *Plant Disease* 99(1): 4-13. <http://dx.doi.org/10.1094/PDIS-05-14-0499-FE>
- SMATTCOM. 2020. Comercio inteligente para el agro. <https://www.smatcom.com/precio-productos-agricolas/precio-tomate-saladet>. Consulta, enero 2021.
- WHO, World Health Organization. 2020. Coronavirus disease (COVID-19). <https://www.who.int/docs/default-source/coronavirus/situation-reports/20201012-weekly-epi-update-9.pdf>. Consulta, enero 2021.