

Nota técnica

DIAGNÓSTICO DEL USO DE ANTIBIÓTICOS EN REGIONES PRODUCTORAS DE TOMATE EN COSTA RICA

Mónica Blanco-Meneses^{1*}, Oscar Castro-Zúñiga², Anny Calderón-Abarca³

Palabras clave Agricultura; bacterias; tomate; antibióticos.

Keywords: Agriculture; bacteria; tomato; antibiotics.

Recibido: 28/07/22

Aceptado: 25/10/22

RESUMEN

Introducción. El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es la hortaliza que más se siembra en Costa Rica. Es un cultivo intensivo, anual y desarrollado por pequeños y medianos productores. Entre los problemas fitosanitarios que afectan el cultivo se encuentran las bacterias. Como parte del manejo integrado es común el uso de bactericidas y antibióticos. **Objetivo.** Realizar un diagnóstico sobre el uso de productos antibióticos u otros agroquímicos para el control de problemas bacterianos en el cultivo de tomate. **Materiales y métodos.** Se recopiló y ordenó información sobre el uso de antibióticos en tomate. Para esa labor se contó con la colaboración de funcionarios de las agencias de extensión del Ministerio de Agricultura y Ganadería y organizaciones de productores de tomate. Se registró información aportada por 39 pequeños y

medianos productores en diferentes regiones: 15 agricultores de Pacífico Central, 10 agricultores de Central Sur, 6 agricultores de Brunca, 4 agricultores de Chorotega, 3 agricultores de Central Occidental y un agricultor de Huetar Norte. **Resultados.** La mayoría produce el tomate en campo abierto, utiliza semi techos plásticos o invernaderos. Un 79,5% reportó problemas ocasionados por bacterias y de estos el 71,8% utiliza antibióticos, bactericidas o agroquímicos para su control. Un total de 14 productos fueron reportados por los agricultores para control de enfermedades bacterianas. No se reportaron lineamientos específicos en el manejo de residuos. Se evidenciaron problemas fitopatológicos en el cultivo del tomate, en su mayoría causados por bacterias, que son comunes, difíciles de erradicar y tienen una alta incidencia en las plantaciones, además de que producen pérdidas y disminución en la productividad. **Conclusiones.** Es necesario

* Autora para correspondencia. Correo electrónico: monica.blancomeneses@ucr.ac.cr

1 Universidad de Costa Rica, Facultad de Ciencias Agroalimentarias, Centro de Investigaciones en Protección de Cultivos, San José, Costa Rica.  0000-0003-2642-3899.

2 Universidad de Costa Rica, Facultad de Ciencias Agroalimentarias, Centro de Investigaciones en Protección de Cultivos, San José, Costa Rica.

 0000-0002-5999-5749.

3 Universidad de Costa Rica, Facultad de Ciencias Agroalimentarias, Centro de Investigaciones en Protección de Cultivos, San José, Costa Rica.

 0000-0003-2558-6047.

realizar otras investigaciones para continuar con más análisis referentes a los efectos que tiene la aplicación de antibióticos, complementariamente con el desarrollo de alternativas que conlleven a la reducción del uso de antibióticos en tomate acompañado del manejo responsable y efectivo de los mismos.

ABSTRACT

Diagnosis of the use of antibiotics in tomato producing regions in Costa Rica.

Introduction. Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) is the most popular vegetable planted in Costa Rica. It is an intensive annual crop developed by small and medium growers. Among the phytosanitary problems that affect the crop are bacteria. In the integrated management, the use of bactericides and antibiotics is common. **Objective.** Carry out a diagnosis on the use of antibiotic products or other agrochemicals to control bacterial problems in tomato crop. **Materials and methods.** Information on the use of antibiotics in tomato was collected and ordered. The collaboration of extension agents from the Ministry of Agriculture and Livestock

and other organizations were used. Information provided by 39 small and medium producers in different regions was recorded: 15 farmers from the Central Pacific, 10 farmers from the South-Central, 6 farmers from the Brunca, 4 farmers from the Chorotega, 3 farmers from the Western Central and a farmer from the North Huetar. **Results.** Most growers produce tomatoes in an open field, using plastic semi-roofs or greenhouses. Of these growers, 79.5% report having problems caused by bacteria and of these, 71.8% use antibiotics, bactericides or other agrochemicals to control them. A total of 14 products were reported by growers to control bacterial diseases. A clear line in waste management is not reported. Phytopathological problems in tomato productions, mostly caused by bacteria, are common, difficult to eradicate and have a high incidence in plantations, in addition to causing losses and decrease productivity. **Conclusion.** It is necessary to carry out other research to continue with more analyses regarding the effects of the application of antibiotics, in addition to the development of alternatives that lead to the reduction of the use of antibiotics in tomato accompanied by their responsible and effective management.

INTRODUCCIÓN

El tomate se cultiva en diferentes regiones de Costa Rica donde se adapta y logra ofrecer una buena cosecha (López y Quirós 2016, INTA 2017). Según INTA 2017, es un cultivo que se adapta a 20°C y 30°C durante el día y entre 10°C y 17°C durante la noche. Temperaturas superiores a 30°C, la fecundación de los óvulos y por ende la fructificación afectan el desarrollo de los frutos y disminuyen el crecimiento y la biomasa de la planta, ya que es conocido que se desarrollan mejor con entre 18°C y 24°C y con una humedad relativa óptima entre 60-80% (Díaz 2007), por lo que es capaz de adaptarse en diferentes regiones de Costa Rica, donde las principales áreas

cultivadas comercialmente se concentran en el Valle Central, cuya altitud oscila entre los 700 y los 2000 m de altitud (Bertsch 2006).

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es la hortaliza que más cultivan en Costa Rica y se produce en las regiones Central Occidental, Central Oriental, Central Sur, Brunca, Chorotega y Pacífico Central, además se reportan siembras incipientes en la Región Huetar Norte. En el 2018 se produjeron 57 238 toneladas métricas en un área sembrada de 1100 hectáreas (SEPSA 2019).

Diferentes factores afectan el tomate durante la producción y el manejo postcosecha. Entre estos, insectos, ácaros, virus, hongos y bacterias. Dentro de las bacterias que afectan al cultivo está el complejo de especies de *Ralstonia*

solanacearum conocida como mancha o maya bacterial, *Pseudomonas syringae* pv *tomato* conocida como peca bacteriana, pringue bacterial o mancha negra del tomate, *Pectobacterium carotovorum* también denominada como *Erwinia carotovora* o *E. chrysanthemi* conocida como pudrición suave bacterial o necrosis de la médula, *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*, *X. perforans* y *X. gardneri* conocidas como mancha bacteriana y *Clavibacter michiganensis* conocida como cáncer bacteriano del tomate (López 2017).

Un adecuado plan de manejo para problemas causados por bacterias debe considerar el uso de hospedantes resistentes aunque en algunas variedades no se hayan desarrollado, la sanidad vegetal como prevención de la entrada de patógenos y eliminar los rastros en suelo y prácticas culturales por ejemplo, evitar el sobreriego y limitar el uso de nitrógeno (López 2017). Sin embargo, una de las prácticas más utilizadas es la aplicación de agroquímicos, ya sea el uso de antibióticos o bactericidas (McManus *et al.* 2002, Stanton 2013). Los antibióticos en este caso, consisten en sustancias que eliminan las bacterias; los bactericidas son compuestos de cobre y agentes biológicos que pueden integrarse en los planes de manejo (Gent y Schwartz 2005, Varympopi *et al.* 2020). En pocos casos se utilizan compuestos biológicos o naturales para el control de los problemas causados por bacterias u otros compuestos que induzcan la resistencia en plantas (Bhagwat y Datar 2014, Li *et al.* 2017, Vu *et al.* 2017).

El uso de antibióticos en la agricultura inició hace alrededor de 6 décadas, en los años 1950s. Cerca de 40 antibióticos de origen bacterial o fúngico fueron utilizados para el control de enfermedades en plantas (McManus *et al.* 2002). La estreptomycin fue uno de los más utilizados, posteriormente la oxitetraciclina, el ácido oxolínico y la gentamicina (McManus y Stockwell 2000).

La estreptomycin ha sido efectiva para controlar *Erwinia amylovora* en manzana, en los Estados Unidos, mientras que la oxitetraciclina se ha utilizado para evitar la multiplicación de

la bacteria (Stockwell y Duffy 2012). La estreptomycin además ha sido utilizada para *Pseudomonas cichorii*, que causa la quema bacterial en apio y en varios patovares de *Pseudomonas syringae*, que presenta diversos síntomas en manzana, pera y árboles forestales; también en *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*, con la mancha bacteriana en chile dulce y tomate, y *Agrobacterium tumefaciens*, que favorece la formación de tumoraciones en el cultivo de rosa. Ha sido también permitido para el tizón en la pera y en tabaco para *Pseudomonas syringae* pv. *tabaci* y el moho azul (*Peronospora tabacina*). Este último moho es el único patógeno eucariota que es tratado con un antibiótico. Usualmente ha sido comercializado como Agrept, Agri-mycin (16,5 WP y 44,3 WP), Agri- Strep, Fructosin y Plantomycin (McManus *et al.* 2002).

La oxitetraciclina es una tetraciclina producida de forma natural a partir de *Streptomyces rimosus* y se utiliza mayormente en la mancha bacterial producida por *Xanthomonas* spp. En México y América Central es parte del manejo de *E. amylovora* en manzana y en enfermedades causadas por *Pectobacterium* spp., *Pseudomonas* spp. y *Xanthomonas* spp. en diferentes cultivos (Stockwell y Duffy 2012). Se mercadea bajo marcas comerciales como Biostat, Glomycin, Myco Shield, Terrafungine y Terramicina; en Costa Rica es conocido como Agri-mycin (16,5 WP y 44,3 WP).

La gentamicina se utiliza en México para el control de *Erwinia* spp. causante del tizón en manzana y pera. También es común su uso en México y América Central para controlar varias enfermedades relacionadas a *Pectobacterium*, *Pseudomonas*, *Ralstonia* y *Xanthomonas* en diversos cultivos. En Estados Unidos está prohibido este antibiótico, debido al alto uso clínico que posee (Stockwell y Duffy 2012). Se vende como Agry-Gent y cuando se mezcla con oxitetraciclina como Agry- Gent Plus-8 WP o Bactrol.

El ácido oxolínico se encuentra registrado en Israel para el control de *E. amylovora* y en Japón para *Burkholderia glumae* en arroz. En este último país, después de 10 años de uso

se comenzó a observar resistencia, junto con una resistencia cruzada hacia otras quinolonas como ciprofloxacina. En Israel, la resistencia en algunos huertos inició luego de 2 años. Por estas evidencias, es que este antibiótico es el menos recomendado en el campo agrícola (Stockwell y Duffy 2012).

Compuestos antifúngicos de origen microbiano, como blastomicin S y cicloheximida, utilizados para el control de enfermedades bacterianas en arroz, han sido también clasificados como antibióticos (McManus *et al.* 2002). Otros, como la Validamicina, registrado en Costa Rica, se vende bajo el nombre Cepex-10 SL y Validacin-5 SL. Además, el ingrediente activo kasugamicina es formulado como Kasumin-2 SL.

En Costa Rica cultivos como: arroz, papa, manzana, aguacate, banano, cacao, café, cebolla, frijol, plátano, tabaco, ajonjolí, soya, chile dulce, repollo, tomate, melón y sandía, dentro de sus planes de manejo incluyen la aplicación de antibióticos para el control de enfermedades (IRET 2022). Además de los anteriores, en visitas de campo se observó el uso de antibióticos en apio y otras hortalizas de las familias Cucurbitaceae, Brassicaceae y Solanaceae.

Se levantó un registro con información aportada por un grupo de agricultores a los que se les consultó sobre el uso de antibióticos en el cultivo de tomate, la cual generó información sobre productos utilizados, frecuencias de aplicación y patógenos a controlar, entre otros. Esto podría utilizarse como información base para el desarrollo de investigaciones futuras y que busquen mejorar la educación en cuanto al uso adecuado de los productos. El objetivo de este trabajo fue realizar un diagnóstico sobre el uso de productos antibióticos u otros agroquímicos para el control de problemas bacterianos en el cultivo de tomate.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la recopilación de los datos se generó un documento a partir de un “Formulario de Google”, el cual facilita crear y analizar información en tiempo real, aspecto que favoreció el aporte de resultados inmediatos una vez recibidos los datos, para el planteamiento del diagnóstico. Adicionalmente, fue completado con un documento en formato físico.

Para tener la mayor población muestral posible, se contactaron funcionarios de las agencias de extensión del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) de la Región Pacífico Central (Cedral), Región Brunca (Pérez Zeledón, Buenos Aires y Coto Brus), Región Central Occidental (Zarcelero, Palmares, San Isidro de Heredia, Santa Bárbara, Naranjo, Grecia, Poás, Alajuela, Sarchí, Heredia, Atenas), Región Chorotega (Nicoya, Cañas, Carrillo, Bagaes, Hojanca y Tilarán), Región Central Sur (Puriscal y Santa Ana) y Región Central Oriental (Dota, Tarrazú, Turrialba, Paraíso, Corralillo y Coronado). Estas agencias están a cargo de al menos un agricultor que produce tomate. También se contactó al Centro Agrícola Cantonal (CAC) en Santa Ana, San José.

Se registro información de 39 agricultores. Algunos datos se registraron a partir del enlace compartido del “Formulario de Google”, mientras que otros fueron enviados por correo postal a los funcionarios del MAG quienes también colaboraron con el levantamiento de información. Otras consultas fueron atendidas telefónicamente por la persona productora de tomate. El levantamiento de datos se realizó de enero a diciembre del 2021.

Mediante el formulario diseñado para realizar el diagnóstico se registraron y analizaron variables relacionadas con la localización de la finca, el área, sistemas de siembra, canales de comercialización del producto, acceso a asesoría agrícola, bacterias fitopatógenas reportadas y su frecuencia, el uso de antibióticos u otros agroquímicos, las dosis utilizadas, frecuencias de aplicación, periodo de carencia y el manejo de residuos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Población consultada. Las respuestas recibidas fueron de 15 agricultores de la Región Pacífico Central, 10 agricultores de la Región Central Sur, 6 agricultores de Región Brunca, 4 agricultores de la Región Chorotega, 3 agricultores de la Región Central Occidental y 1 agricultor de la Región Huetar Norte. No hubo respuesta por parte de la Región Central Oriental. Conforme a estos resultados se puede observar que se obtuvieron respuestas provenientes de las principales áreas de producción.

Entre los agricultores consultados, se evidenció la utilización de diferentes sistemas de producción. Un 51,3% tiene el tomate en campo abierto, un 41% utiliza semitechos (cubiertas plásticas que varían de 1 a 1,2 m de ancho) y un 12,8% lo cultiva en invernadero. Ninguno de los consultados utilizó microtúneles o cultivos hidropónicos. Algunos agricultores indicaron utilizar varios de los sistemas de siembra simultáneamente.

Áreas y sistemas de siembra. La mayoría de los consultados fueron pequeños productores. Un 87,2% cultiva menos de 1 ha y sólo el 12,8% tiene entre 2 y 5 ha de cultivo.

Dentro de los sistemas de siembra del tomate en Costa Rica se nombran 4 principales: 1) siembra a campo abierto o en asocio con plantas de café, 2) siembra a campo abierto y en monocultivo, 3) sistema semiprotegido o con bandas plásticas y 4) sistema en ambiente protegido (INTA 2017). Este último, bajo un manejo adecuado, ofrece una ventaja al cultivo durante todo el año y favorece la protección de las plantas contra plagas y enfermedades (Shamshiri *et al.* 2018).

Canales de comercialización del producto. El productor indicó utilizar una o varias de las opciones planteadas para comercializar la producción de tomate. Un 51,3% utiliza el Centro Nacional de Abastecimiento y Distribución de Alimentos (CENADA), comercializan a través de las Ferias del Agricultor de su localidad o se desplazan a otros lugares, un 28,2% lo vende a intermediarios y solo un 2,6% ofrece el producto en

pulperías. Cabe aclarar que los datos aportados anteriormente incluyen diferentes canales simultáneamente. Ninguno de los consultados utiliza el sistema de Programa de Abastecimiento (PAI), vende el producto a grandes supermercados o es exportador. Según el análisis no se reportaron agricultores exportadores de tomate. En el 2013 que fue el dato más representativo durante el estudio, Portal Frutícola indicó la exportación de 1600 cajas al mercado estadounidense que representan un total de 13,1 toneladas durante el 2012. Procomer (2020) reporta la exportación de 141 toneladas principalmente a Estados Unidos, Guadalupe, Colombia y Guatemala durante el 2021. Lo que demuestra un incremento en las exportaciones de tomate. Actualmente, empresas como Tomatissimo, Asociación de Productores de Cultivos Bajo Medio Controlado de Alfaro Ruiz (Apromeco) y ASOPROCONA reportan ser exportadores de tomate en Costa Rica.

Acceso a asesoría agrícola. De los agricultores consultados, un 20,5% no recibe ningún tipo de ayuda o asesoría. Del 79,5% restante, 10,3% sólo solicita asesoría en caso de tener alguna dificultad y el 69,2% recibe asesoría simultánea de diferentes fuentes, un 43,6% recibe asesoría del MAG o del Servicio Fitosanitario del estado (SFE), un 17,9% de vendedores de agroquímicos, un 5,1% del Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agraria (INTA) y sólo un 2,6% recibe asesoría privada. En el caso de agricultores del cantón de Santa Ana un 100% recurre a la asesoría del Centro Agrícola Cantonal (CAC). Además, un pequeño porcentaje (2,6%) recurre a búsqueda en línea para consejos en agricultura orgánica o recurren a amigos agricultores con mayor experiencia.

Del total de agricultores que reciben asesoría son asistidos: un 55,9% una vez al mes, un 18,5% cada 15 días, un 14,9% una vez al año y un 10,7% una vez cada 6 meses. También se reporta que solicitan la asesoría cuando es necesario o tienen algún problema que no pueden resolver.

Bacterias fitopatógenas reportadas y su frecuencia. Un 20,5% aseguró no tener problemas a nivel de patógenos, el 79,5% restante

tiene problemas para la producción del tomate a nivel fitopatológico. Los mayores problemas se dan por factores ocasionados por bacterias que se logran identificar en mayor parte por medio del conocimiento propio obtenido por una experiencia pasada, por síntomas característicos de la enfermedad, por pérdidas en la productividad, que determina el olor en la planta y exudados en el suelo o tallo, por indicaciones de un profesional y un menor porcentaje utiliza tanto, análisis de laboratorio, síntomas visuales u otros métodos como colocar arroz hervido en el suelo alrededor del tallo y según el color que muestre se puede

determinar si el daño es causado por hongos o bacterias.

Un 45,1% reporta que los problemas debido a bacterias ocurren durante todo el año, mientras que un 34,3% afirma que solo ocurre en un periodo específico, especialmente cuando inicia la época lluviosa. El 20,6% restante, no tiene conocimiento del tema.

En la Figura 1 se presentan los géneros de bacterias en cada una de las regiones y su frecuencia de aparición, reportadas por los agricultores consultados.

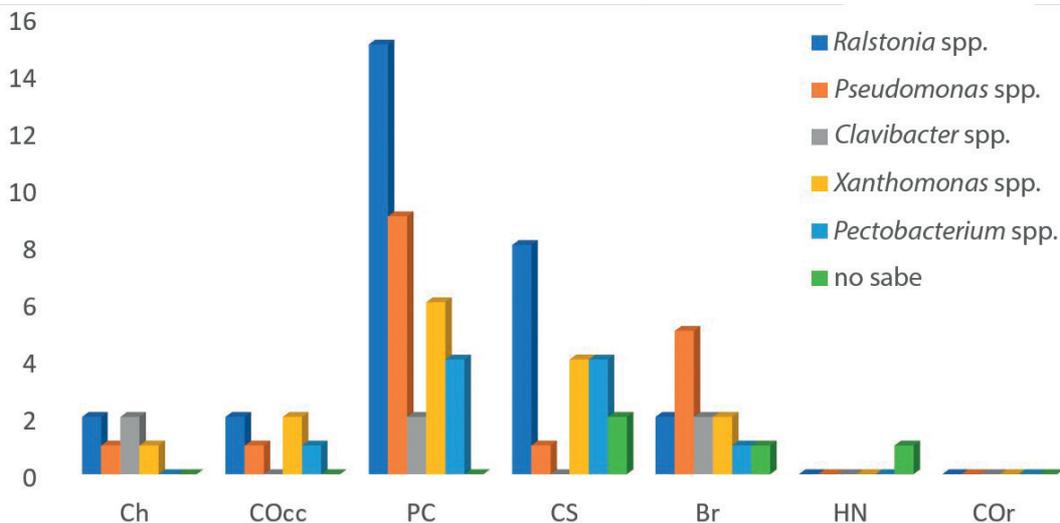


Figura 1. Bacterias fitopatógenas reportadas por los agricultores consultados presentes en las regiones productoras de tomate, según encuesta 2021.

Ch (Región Chorotega), COcc (Región Central Occidental), PC (Región Pacífico Central), CS (Región Central Sur), Br (Región Brunca), HN (Región Huetar Norte), COr (Región Central Oriental).

En la Región Chorotega se reportó la presencia de 4 bacterias: *Ralstonia* spp., *Pseudomonas* spp., *Clavibacter* spp. y *Xanthomonas* spp. Se reporta en mayor frecuencia la presencia de *Ralstonia* spp. y *Clavibacter* spp. (0,33 cada una) además, los productores reportan que la bacteria más problemática en cuanto a erradicación y

recurrencia en las plantaciones ha sido *Ralstonia* spp., seguida por las otras 3 bacterias presentes. En cuanto a los daños, pérdidas y disminución en la productividad prevalece *Pseudomonas* spp., seguida por *Ralstonia* spp. y *Clavibacter* spp.

En la Región Central Occidental se reportaron 4 bacterias: *Ralstonia* spp., *Pseudomonas* spp.,

Xanthomonas spp. y *Pectobacterium* spp. *Ralstonia* spp. y *Xanthomonas* spp. (0,33 cada una) se encuentran en mayor frecuencia. En cuanto a erradicación y recurrencia se reportan mayores problemas con *Ralstonia* spp., seguida de *Xanthomonas* spp., únicamente. Bacterias como *Ralstonia* spp., *Xanthomonas* spp. y *Pseudomonas* spp., en ese orden, son las que producen una mayor cantidad de daños, pérdidas y disminución en la productividad.

En la Región Pacífico Central se reportó la presencia de las 5 bacterias para el cultivo de tomate. La de mayor frecuencia es *Ralstonia* spp. (0,42) seguida por *Pseudomonas* spp. (0,25), *Xanthomonas* spp. (0,17), *Pectobacterium* spp. (0,11) y *Clavibacter* spp. (0,05). *Ralstonia* spp. es la única que se reporta como problemática a la hora de tratar de erradicarla y la recurrencia que tiene en la siembra de tomate. Los mayores daños, pérdidas y disminución en la productividad en esta región, son causados por *Ralstonia* spp., *Pseudomonas* spp. y *Xanthomonas* spp.

En la Región Central Sur se reporta la presencia de 4 bacterias y la ausencia de únicamente *Clavibacter* spp. En mayor frecuencia se reporta a *Ralstonia* spp. (0,42) seguida por *Xanthomonas* spp. y *Pectobacterium* spp. (0,21 cada una) y finalmente, *Pseudomonas* spp. (0,05). Algunos agricultores reportan no saber qué tipo de enfermedades tienen en sus plantaciones. Se reporta a *Ralstonia* spp. como la única que es problemática a la hora de tratar de erradicarla, que tiene recurrencia, que presenta los mayores daños, pérdidas y una disminución en la productividad.

En la Región Brunca se reporta la presencia de las 5 bacterias en el cultivo, y en el caso de *Pseudomonas* spp. (0,38) es la que presenta una mayor frecuencia seguida por *Xanthomonas* spp., *Clavibacter* spp. y *Ralstonia* spp. (0,15 cada una) y en un menor caso *Pectobacterium* spp. (0,07). Algunos agricultores reportan no saber qué factores afectan a sus plantaciones. La bacteria que tiene una mayor dificultad para erradicarla y problemas con la recurrencia es *Pseudomonas* spp., seguida por *Ralstonia* spp. Estas mismas bacterias están presentes y en el mismo orden en cuanto a problemas por daños, pérdidas y una disminución en la productividad.

En la Región Huetar Norte se desconoce los problemas que existen y para la región Central Oriental no hubo respuesta a la consulta.

INTA (2017) reporta que, entre las enfermedades bacterianas más limitantes en Costa Rica, está la marchitez bacteriana, la cual es muy severa, debido al uso continuo de siembras de tomate o solanáceas en el mismo lote.

En una misma plantación o inclusive planta, se reportó la posible presencia de diferentes especies de bacterias, lo cual es importante conocer para el manejo que se le dé a la plantación.

Uso de antibióticos u otros agroquímicos. En la Figura 2 se observa que un 71,8% de las respuestas generadas evidencian el uso de antibióticos u otros agroquímicos para el manejo de los problemas ocasionados por bacterias fitopatógenas. Un 23,1% indicó que no aplica antibióticos y un 5,1% se abstuvo de contestar.

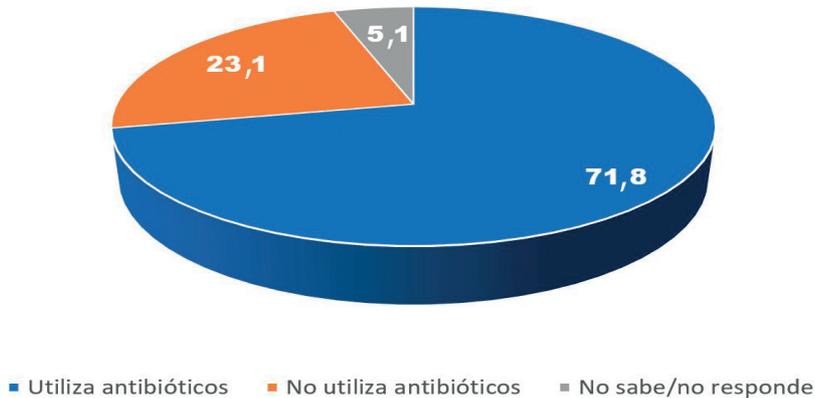


Figura 2. Uso de antibióticos según agricultores consultados en plantaciones de tomate durante el 2021. Costa Rica.

Agroquímicos y dosis utilizadas. La aplicación de antibióticos u otros agroquímicos es variada. En la Tabla 1 se exponen datos de los antibióticos, antimicrobianos u otros compuestos utilizados durante el 2021 por los agricultores consultados.

Los 14 compuestos utilizados por los agricultores se pueden dividir en 5 grupos

Antibióticos. El Agry-gent Plus (Agrotico 2022) es un compuesto antibiótico-aminoglucósido en cuya composición se utilizan los antibióticos: tetraciclina, gentamicina y oxitetraciclina. El Agri-mycin (Casagri 2022) está reportado como bactericida, antibiótico y bacteriostático compuesto por oxitetraciclina y estreptomina. Kasumin (Disagro 2022) es un fungicida y bactericida sistémico compuesto por el antibiótico kasugamicina de origen biológico, que se obtiene de la fermentación del hongo *Streptomyces kasugaensis*. Terramicina Mycoshield TMQTHC 20® y Terramicina Agrícola 5WP (Zoetis 2022), están reportados como bacteriostáticos y compuestos por oxitetraciclina. La Oxitetraciclina 5% es un bacteriostático de amplio espectro compuesto por clorhidrato de oxitetraciclina.

Compuestos generados a partir de productos naturales. El Kilol (Agro Pro 2022) es un fungicida y bactericida preventivo y curativo y tiene una acción desinfectante. El Biobacter O (GreenCorp 2022) es un compuesto de amplio espectro con acción bactericida y bacteriostática, que previene y controla; también podría considerarse un inductor de resistencia contra enfermedades causadas por bacterias fitopatógenas.

Compuestos generados a partir de productos químicos. El Beltanol (Probelte 2022) es un fungicida bactericida sistémico que controla enfermedades del sistema vascular en aplicaciones tempranas. Este está compuesto por 8-hidroxiquinoleina la cual está reportada como antiséptico y desinfectante con acción pesticida. El Previcur (propamocarb) el cual es un fungicida sistémico (Bayer 2022) y el Daconil (clorotalonil) que es un fungicida preventivo de amplio espectro (Syngenta 2022).

Inductores de resistencia. Serenade Max (Bayer 2022) tiene acción fungicida y bactericida y está compuesto por *Bacillus subtilis* cepa QST713.

Tabla 1. Agroquímicos utilizados en tomate según respuestas de agricultores durante el 2021, Costa Rica.

Producto	Tipo de agroquímico ³	Composición ³	Dosis utilizada por productor	Dosis recomendada ³	Enfermedades que controla ³
Agry-gent Plus 8WP	Antibiótico-aminoglucósido	Tetraciclina, Sulfato de gentamicina, Clorhidrato de oxitetraciclina	200 g.estañón ⁻¹ 60 mL.bomba ⁻¹	1,6 kg.ha ⁻¹	No hay
Agri-mycin	Bactericida, antibiótico, bacteriostático	Oxitetraciclina, Sulfato de estreptomycinina	90 mL.bomba ⁻¹ 60 mL.bomba ⁻¹ 45 mL.bomba ⁻¹ 30 mL.bomba ⁻¹ 20 mL.bomba ⁻¹	120-240 g.100L ⁻¹	<i>Erwinia atroseptica</i> , <i>E. chrysanthemi</i> , <i>Xanthomonas</i> spp., <i>Pseudomonas</i> spp.
Beltanol	Fungicida-bactericida sistémico	8-hidroxiquinoleina 37,5% (sulfato)	No indica	4 L.ha ⁻¹	<i>Clavibacter michiganensis</i>
Biobacter	Bactericida y bacteriostático	Formulación orgánica	30 mL.bomba ⁻¹	1-2 L.ha ⁻¹	<i>Erwinia carotovora</i> , <i>Xanthomonas fragariae</i>
Cobretane	Fungicida-Ditiocarbamato	Mancozeb, oxiclورو de cobre	20 mL.bomba ⁻¹	2-3 kg.ha ⁻¹	No hay
Daconil	Fungicida multi-sitio, Amplio espectro	Chlorothalonil	No indica	1,5-3 L.ha ⁻¹	<i>Phytophthora infestans</i>
Hachero	Fungicida y bactericida	Sulfato de cobre pentahidratado	10 mL.bomba ⁻¹	100-125 mL.200L ⁻¹	<i>Erwinia</i> spp., <i>Xanthomonas</i> spp., <i>Pseudomonas</i> spp.
Kasumin	Fungicida y bactericida sistémico	Kasugamicina 20 g.L ⁻¹ de origen biológico	900 mL.bomba ⁻¹ 90 mL.bomba ⁻¹ 60 mL.bomba ⁻¹ 1 L.estañón ⁻¹	1,4-3,5 L.ha ⁻¹	<i>Xanthomonas vesicatoria</i>
Kilol	Biológico	Extracto de semilla de cítricos, ác. ascórbico, glicéridos, etc.	90 mL.bomba ⁻¹ 60 mL.bomba ⁻¹ 45 mL.bomba ⁻¹ 20 mL.bomba ⁻¹ 1 L.estañón ⁻¹	1,5 L.ha ⁻¹	No hay
Oxitetraciclina 5%	Bacteriostático	Clorhidrato de oxitetraciclina	No indica	400 g.100L ⁻¹	<i>Erwinia amylovora</i>
Phyton	Bactericida, fungicida sistémico	Sulfato de cobre pentahidratado	No indica	0,75-1,5 L.ha ⁻¹	<i>Xanthomonas campestris</i> , <i>Pseudomonas corrugata</i> , <i>Clavibacter michiganensis</i>
Previcur	Fungicida sistémico	Propanocarb, fosestil	600 mL.bomba ⁻¹	1-3 L.ha ⁻¹	<i>Phytophthora infestans</i>
Serenade max	Biológico	Bacillus subtilis cepa QST713	No indica	2,5-4 kg.ha ⁻¹	<i>Pseudomonas syringae</i>
Terramicina Agrícola-5 WP	Bacteriostático	Oxitetraciclina Pfizer	No indica	40 g.20 L ⁻¹	No indica
Terramicina Mycoshield TM	Terramicina agrícola	Clorhidrato de oxitetraciclina, ác. cítrico, drewfast	500 g.estañón ⁻¹ 100 g.bomba ⁻¹ (al suelo)	500 g.455L ⁻¹	<i>Xanthomonas campestris</i> , <i>Erwinia amylovora</i>

1 Estañón contiene 200 L (por lo general se aplican de 200-400 L por hectárea).

2 Bomba contiene 16 L la manual o 20 L la de motor.

3 Datos obtenidos de la ficha técnica del producto.

Bactericidas. Hachero (Agrocosta 2022) es un fungicida y bactericida compuesto por sulfato de cobre pentahidratado. El Cobrethane (Corteva 2022) es un fungicida bactericida preventivo de amplio espectro, compuesto por mancozeb y oxiclورو de cobre. El Phyton (Serfi 2022) está reportado como un bactericida y fungicida sistémico de acción preventiva y curativa contra hongos y bacterias, compuesto por sulfato de cobre pentahidratado.

La mayoría de los ingredientes activos que anotaron los agricultores se recomiendan por las casas comerciales para el control de enfermedades bacterianas, a excepción del Previcur y el Daconil los cuales están reportados para controlar problemas ocasionados por oomicetes como *Phytophthora infestans* (tizón tardío del tomate y de la papa) y hongos.

Un problema que se observó en los datos obtenidos de forma consistente es la aplicación de dosis diferentes a las que se recomiendan en la ficha técnica del producto. Tal es el caso del Agri-mycin y el Kasumin, donde las concentraciones varían entre 20-90 mL.bomba⁻¹. Existe la posibilidad de que esta variación se deba al momento de la aplicación en diferentes estados fenológicos del cultivo, pero no se cuenta con esa información.

Un 48,7% de los agricultores reporta ser consistente con la dosis que utiliza para un producto en específico, sin embargo, un 20,5% reporta haberlas aumentado cuando no se ven resultados positivos en el manejo de los agentes fitopatológicos. La variación en las dosis de aplicación podría llevar a problemas de resistencia, como los reportados con el ácido oxolínico por Stockwell y Duffy (2012).

Frecuencia de aplicación y periodos de carencia. Respecto a la cantidad de aplicaciones de agroquímicos ningún agricultor aplica todos los días, un 30,2% aplica de 1 a 2 veces por semana, un 24,1% aplica 1 vez por semana, un 15,4% aplica 1 vez cada 15 días y un 2,6% 1 vez al mes. Un 11,3% aplica sólo cuando observa síntomas y un 16,4% no aplica ningún producto (en algunos

casos sólo aplica compuestos biológicos los cuales no fueron sujeto de este estudio).

Un 56,4% de los productores reporta que la aplicación de antibióticos le permite obtener una buena cosecha, aunque se observen síntomas causados por bacterias. Un 15,4% reporta que los antibióticos le permiten eliminar o erradicar las enfermedades y un 28,2% no sabe o no responde.

Con respecto al periodo de carencia del agroquímico, un 12,8% de los agricultores hace la última aplicación de 2-5 días antes de la cosecha, un 35,9% aplica de 8-15 días antes, un 10,2% lo hace de 15-22 días antes, un 30,8% lo hace de acuerdo con las instrucciones del empaque del producto y un 10,3% del todo no aplica de los productos evaluados.

Manejo de residuos. En cuanto al manejo de residuos, no se reportaron desechos en las pilas de agua, mientras que un 53,8% señaló que no se generan residuos. Un 20,5% reporta que los residuos se almacenan en sacos y bolsas, que se queman con los rastrojos, se reaplican en el cultivo, se realizan triples lavados y se reutilizan los envases, y si queda un residuo se aplica a otros cultivos como frijol; actividades que en ocasiones se realizan simultáneamente. Un 10,3% reporta que el residuo se entierra o se desecha en el suelo circundante y un 15,4% que se guardan en un envase para desechar posteriormente o se desechan con la recolección de plásticos para reciclaje.

La aplicación de antibióticos, así como el manejo de los residuos, es un tema al que se le debe dar prioridad, dada su relación con la posible generación de resistencia a los utilizados en el combate de enfermedades bacterianas en seres humanos. Bacterias que muestran resistencia a antibióticos pueden pasar sus genes de resistencia (Thomas y Nielsen 2005, von Wintersdorff *et al.* 2016) a bacterias intestinales y causar serios problemas para la salud humana, especialmente ante cuadros bacterianos que no responden al uso de antibióticos (Kirbis y Krizman 2015, Pan y Chu 2017). En el 2006, Rodríguez *et al.* 2006 reportaron la presencia de varias bacterias con resistencia a la gentamicina y a la oxitetraciclina

en cultivos de lechuga en Costa Rica. Es necesario realizar investigación exhaustiva, que muestre el efecto que tiene el uso de antibióticos en la agricultura, el efecto sobre el consumidor en productos frescos como procesados, alternativas que se le puedan dar al agricultor para el control de enfermedades causadas por bacterias, y un manejo responsable y efectivo de los mismos.

CONCLUSIONES

La producción del cultivo de tomate se adapta a las condiciones de todo el territorio nacional de Costa Rica. Entre los pequeños y medianos productores la siembra a campo abierto es la que predomina, seguida por semitechos e invernaderos, para su venta en estado fresco. Se identificó que todos los productores consultados, venden el producto en el mercado nacional, principalmente en CENADA o las ferias del agricultor de diferentes localidades. La mayoría de los agricultores solo reciben asesoría en caso de tener algún problema que lo amerite, y en caso de necesitarlo lo realizan a través del MAG (SFE), de los vendedores de agroquímicos, del INTA o de forma privada.

Los problemas fitopatológicos son comunes en el cultivo del tomate, en su mayoría causados por bacterias que son difíciles de erradicar y tienen una alta incidencia en las plantaciones, además de que producen pérdidas y disminución en la productividad. Parte del manejo del cultivo se realiza mediante el uso de antibióticos u otros agroquímicos, donde se nota que en algunos casos las concentraciones varían de acuerdo con las establecidas en las fichas técnicas de los productos. Por otra parte, se utilizan productos recomendados para el control de problemas causados por oomicetes y hongos.

No hay claridad en cuanto al manejo de residuos y los periodos de carencia utilizados por los productores de tomate, y se utilizan diversas opciones.

AGRADECIMIENTO

Un especial agradecimiento a las personas funcionarias de las agencias de extensión del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) y al Centro Agrícola Cantonal (CAC) en Santa Ana, San José que colaboraron para obtener la información requerida para el estudio. A la Vicerrectoría de Investigación de la UCR por facilitar la realización de este trabajo como parte del proyecto 813-C0-466.

LITERATURA CITADA

- Agrocosta. 2022. Ficha técnica del Hachero 6.6 SL (en línea). Consultado ene. 2022. Disponible en <https://agrocosta.net/wp-content/uploads/2018/03/Hachero.pdf>
- Agro Pro. 2022. Ficha técnica del KILOL LDF 100 11SL (en línea). Consultado ene. 2022. Disponible en <https://agroproca.com/product/kilol-ldf-100-11sl/>
- Agrotico. 2022. Ficha técnica del Agry-gent Plus (en línea). Consultado ene. 2022. Disponible en <http://agrotico.net/web/index.php/agry-gent-plus-8wp>
- Bayer. 2022. Ficha técnica del Previcur Energy (en línea). Consultado ene. 2022. Disponible en <https://www.cropsience.bayer.es/Productos/Fungicidas/Previcur-Energy>
- Bayer. 2022. Ficha técnica del Serenade Max (en línea). Consultado ene. 2022. Disponible en <https://www.cropsience.bayer.es/Productos/Fungicidas/Serenade-Max>
- Bertsch, F. 2006. El recurso tierra en Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 30(1):133-156.
- Bhagwat, M; Datar, A. 2014. Antibacterial activity of herbal extracts against five plant pathogenic bacteria. *Archives of Phytopathology and Plant Protection* 47(7):892-899. DOI: <https://doi.org/10.1080/03235408.2013.825398>
- Casagri. 2022. Ficha técnica del Agri-mycin 16.5WD (en línea). Consultado oct. 2022. Disponible en <https://www.zoetis.mx/products/agricola/agri-mycin-100.aspx>
- Corteva. 2022. Ficha técnica del Cobrethane WP (en línea). Consultado ene. 2022. Disponible en <https://www.corteva.mx/productos-y-soluciones/proteccion-de-cultivos/cobrethane-wp.html>
- Díaz, C. 2007. Caracterización agro cadena de tomate. Dirección Regional Central Occidental. M.A.G. Grecia, Costa Rica. 46 p.
- Disagro. 2022. Ficha técnica del Kasumin 2SL (en línea). Consultado ene. 2022. Disponible en <https://www.disagro.com/kasumin>

- Gent, DA; Schwartz, HF. 2005. Management of *Xanthomonas* leaf blight of onion with a plant activator, biological control agents, and copper bactericides. *Plant Disease* 89:6:631-639. DOI: <https://doi.org/10.1094/PD-89-0631>
- GreenCorp. 2022. Ficha técnica del Biobacter (en línea). Consultado ene. 2022. Disponible en <https://greencorp.mx/producto/biocontrol/biobactericida/biobacter-o/>
- INTA (Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria). 2017. Manual técnico del cultivo de tomate (*Solanum Lycopersicum*) /López Marín L. San José, C.R. 121 p.
- IRET (Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas). 2022. Manual de plaguicidas de Centroamérica. Universidad Nacional, San José, C.R (en línea). Consultado jun. 2022. Disponible en <http://www.plaguicidasdecentroamerica.una.ac.cr/>
- Kirbis, A; Krizman, M. 2015. Spread of antibiotic resistant bacteria from food of animal origin to humans and vice versa. *Procedia Food Science* 5:148-151.
- Li, C; Hu, W; Pan, B; Liu, Y; Yuan, S; Ding, Y; Li, R; Zheng, X; Shen, B; Shen, Q. 2017. *Rhizobacterium Bacillus amyloliquefaciens* strain SQR3-mediated induced systemic resistance controls bacterial wilt of tomato. *Pedosphere* 27(6):1135-1146. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(17\)60406-5](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(17)60406-5)
- López, L. 2017. Manual técnico del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*). Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria San José, Costa Rica. 126 p.
- López, L; Quirós, Y. 2016. Estadísticas de áreas de siembra y rendimientos por región para tomate periodo 2015-2016. Comisiones estadísticas de tomate. San José, Costa Rica. MAG. 9 p.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería de CR). 2009. Programa Nacional del Tomate (en línea). Consultado ene. 2022. Disponible en <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/dsorea-memoria-programas-nacionales-2009.pdf>
- McManus, P; Stockwell, VO; Sundin, GW; Jones, AL. 2002. Antibiotic use in plant agriculture. *Review of Phytopathology* 40:1:443-465. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.40.120301.093927>
- McManus, P; Stockwell, VO. 2000. Antibiotics for plant diseases control: silver bullets or rusty sabers. *APSnet Feature Articles* 10.1094/APSnetFeature-2000-0600. DOI: <https://doi.org/10.1094/APSnetFeature-2000-0600>
- Pan, M; Chu, LM. 2017. Fate of antibiotics in soil and their uptake by edible crops. *Science of the Total Environment* (599-600):500-512. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.04.214>
- Portal Frutícola. 2013. Costa Rica: un buen año para la exportación de chile y tomate (en línea). Consultado oct. 2022. Disponible en <https://www.portalfruticola.com/noticias/2013/03/12/costa-rica-un-buen-ano-para-la-exportacion-de-chile-y-tomate/>
- Probelte. 2022. Ficha técnica del Beltanol (en línea). Consultado ene. 2022. Disponible en <https://probelte.com/es/producto/beltanol/>
- Procomer. 2020. Anuario estadístico. Exportaciones según producto. San José, C.R (en línea). Consultado nov 2022. Disponible en <https://www.procomer.com/exportador/documentos/anuario-estadistico-2020/>
- Rodríguez, C; Lang, L; Wang, A; Altendorf, K; García, F; Lipski, A. 2006. Lettuce for human consumption collected in Costa Rica contains complex communities of culturable Oxytetracycline- and Gentamicin-resistant bacteria. *Applied and environmental Microbiology* 5870-5876.
- SEPSA. 2019. Boletín estadístico agropecuario No. 29 (en línea). Secretaria Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria. Consultado oct. 2022. Disponible en <http://www.infoagro.go.cr/EstadisticasAgropecuarias/Paginas/BoletinesEstadisticos.aspx>
- Serfi. 2022. Ficha técnica del Python 27 (en línea). Consultado ene. 2022. Disponible en <http://serfi.biz/product/python-27/>
- Shamshiri, R; Jones, J; Thorp, K; Ahmad, D; Che-Man, H; Taheri, S. 2018. Review of optimum temperature, humidity, and vapour pressure deficit for microclimate evaluation and control in greenhouse cultivation of tomato: A review. *International Agrophysics* 32:287-302. DOI: <https://doi.org/10.1515/intag-2017-0005>
- Stanton, TB. 2013. A call for antibiotic alternatives research. *Trends in Microbiology* 21(3):111-3. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tim.2012.11.002>
- Stockwell, VO; Duffy, B. 2012. Use of antibiotics in plant agriculture. *Revue Scientifique et Technique - Office International des Epizooties* 31(1):199-210. DOI: <https://doi.org/10.20506/rst.31.1.2104>
- Syngenta. 2022. Ficha técnica del Daconil 720SC (en línea). Consultado ene. 2022. Disponible en <https://www.syngenta.com.co/product/crop-protection/fungicida/daconil-720-sc>
- Thomas, C; Nielsen K. 2005. Mechanisms of, and barriers to, horizontal gene transfer between bacteria. *Nature reviews* 3:711-721.
- Varympopi, A; Dimopoulou, A; Theologidis, I; Karamanidou, T; Kaldeli KA; Vlachou, A; Karfaridis, D; Papafotis, D; Hatzinikolaou, DG; Tsouknidas, A; Skandalis, N. 2020. Bactericides based on copper nanoparticles restrain growth of important plant pathogens. *Pathogens* 9(12):1024. DOI: <https://doi.org/10.3390/pathogens9121024>
- von Wintersdorff, C; Penders, J; van Niekerk, J; Mills, N; Majumder, S; van Alphen, L; Savelkoul, P; Wolfs, P. 2016. dissemination of antimicrobial resistance

- in microbial ecosystems through horizontal gene transfer. *Frontiers in Microbiology*. 7(173):1-10.
- Vu, TT; Kim, H; Tran, VK; Vu, HD; Hoang, TX; Han, JW; Choi, YH; Jank, KS; Choi, GJ; Kim, JC. 2017. Antibacterial activity of tannins isolated from *Sapium baccatum* extract and use for control of tomato bacterial wilt. *PLoS ONE* 12(7): e0181499. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0181499>
- Zoetis. 2022. Ficha técnica de la Terramicina Agrícola (en línea). Consultado ene. 2022. Disponible en <https://www.zoetis.co.cr/products/agricola/terramicina-agricola.aspx>



