

VIROSIS DE TOMATE

en invernadero

España es un productor clave en el cultivo del tomate, destacando especialmente las regiones de Andalucía y Murcia. La producción en invernadero mejora la calidad y el rendimiento, pero enfrenta virus transmitidos por insectos y semillas. Sin tratamientos curativos, se opta por la aplicación de estrategias de control integrado, resistencia genética y medidas sanitarias. En 2024, España implementó un Plan Nacional para mitigar riesgos fitosanitarios del tomate.

DIRK JANSSEN, LETICIA RUIZ

Centro IFAPA de La Mojonería. IFAPA, Junta de Andalucía

España es un importante productor de tomates a nivel mundial, y la producción en invernadero juega un papel fundamental en este sector. Las principales zonas de producción se encuentran en Andalucía (con 11.121 ha, principalmente en Almería), y Murcia (1.844 ha), donde se dan las condiciones climáticas y de suelo óptimas para este tipo de cultivo (MAPA, 2023). Producir tomate en invernadero presenta numerosas ventajas en comparación con el cultivo al aire libre. En primer lugar, permite alargar la temporada de producción, ya que se pueden realizar siembras y trasplantes en diferentes épocas del año. Además, el ambiente protegido del invernadero reduce el riesgo de plagas y enfermedades, lo que disminuye la necesidad de utilizar productos fitosanitarios. Otra ventaja importante es la mejora de la calidad de los frutos. Al controlar la temperatura, la humedad y la iluminación, se favorece el desarrollo de tomates más sabrosos, con mejor textura y mayor tamaño. Además, el cultivo en invernadero permite obtener producciones más elevadas por unidad de superficie, lo que aumenta la rentabilidad de la explotación.

Impacto de los virus en las plantas

Desde inicios de la década de los 80, se han descrito más de 40 especies de virus vegetales en invernaderos de plantas hortícolas del sudeste de España, lo que implica un promedio de un nuevo virus por año (Velasco *et al.* 2020). Muchos de estos virus afectan también a tomate. Los virus transmitidos por pulgones son los que tuvieron mayor incidencia durante esta década, principalmente el cucumovirus *cucumber mosaic virus* (CMV, virus del mosaico del pepino). CMV a principios de los años 80 causó tanto daño en los cultivos protegidos que obligaron al agricultor a instalar mallas anti-insecto o plásticos en las ventanas y laterales inferiores de los invernaderos para evitar la entrada del vector, reduciéndose considerablemente su incidencia en cultivos protegidos. De las 40 especies de virus descritas desde los años 80, un tercio de ellas son transmitidas por otra importante plaga, la mosca blanca *Bemisia tabaci*, que apareció en Almería, alrededor de 1988. En tomate, *B. tabaci* es transmisor de tomato yellow leaf curl virus (TYLCV, virus de la cuchara del tomate) y tomato chlorosis virus (ToCV, el virus del amarilleo en tomate), causando importantes pérdidas para el agricultor en la década de los

90. Otro vector de virus, en particular tomato spotted wilt virus (TSWV, el virus del bronceado en tomate) es el trips *Frankliniella occidentalis*. Recientemente cobra importancia el *tomato fruit blotch virus* (ToFBV), transmitido por el vasates. Finalmente, hay varias especies de virus introducidos por semillas contaminadas y transmitidos por contacto: *Potexvirus pepino mosaic virus* (PepMV), y los tobamovirus *tomato mosaic virus* (ToMV) y el virus rugoso marrón del fruto del tomate (ToBRFV). Dependiendo de la especie del virus y la planta huésped, éstos pueden causar uno o más de los siguientes síntomas como son (i) mosaicos en las hojas, a menudo con decoloraciones y deformaciones en los frutos, (ii) amarillamiento de las hojas más viejas, (iii) manchas necróticas en hojas, frutos o necrosis generalizada (marchitamiento), (IV) deformaciones, como acucharamientos y filiformismos en hojas (**Foto 1**).

Estrategias de control

Los virus pueden afectar negativamente el crecimiento y el rendimiento de las plantas, causando síntomas visibles en los frutos y reduciendo la producción, lo que puede resultar en pérdidas económicas significativas. A diferencia de las plagas y otras enfermedades causa-

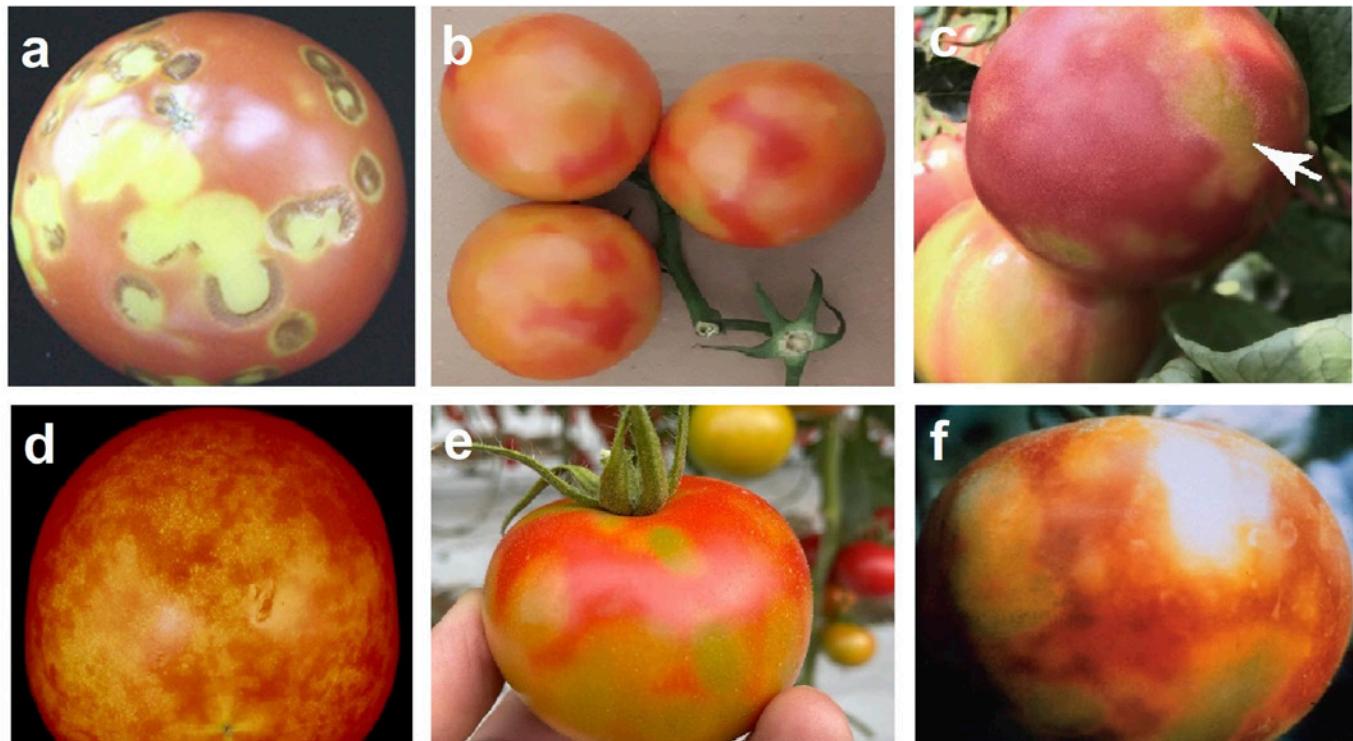


FOTO 1

Síntomas de virus en frutos de tomate: a) ToMV (Utah University, CABI), b) ToBRFV (Eppo), c) ToMMV (Tettey *et al.* 2022), d) PepMV (Eppo), e) ToFBV (Eppo), f) TSWV (Eppo).

das por nematodos, hongos y bacterias, no existen "virucidas" para tratar o curar plantas infectadas por virus. El control de virus en plantas es un desafío complejo debido a la variabilidad de las poblaciones virales en el tiempo y el espacio, así como a su capacidad de mutar fácilmente y superar las resistencias de las plantas huésped. Por lo tanto, el control de virosis requiere un enfoque de manejo integrado de enfermedades que se centre en reducir la cantidad de inóculo primario. Una vez que un virus está presente en un cultivo (infección primaria), se deben implementar estrategias para reducir la infección secundaria y minimizar los efectos patológicos en las plantas. La metodología específica dependerá de las características particulares de cada sistema virus-planta. La aplicación de un programa de control integrado requiere un conocimiento profundo de la biología y ecología del virus, así como del desarrollo de la enfermedad. Los detalles esenciales de la epidemiología

de la enfermedad, como las fuentes de inóculo, los mecanismos de propagación, los reservorios y las formas de desarrollo de la enfermedad, son cruciales para tomar decisiones informadas sobre la estrategia de control adecuada (Jones, 2004). Finalmente, el control integrado de virosis también debe incluir procedimientos para reducir el impacto de las infecciones en las plantas. El manejo adecuado de todos los factores relevantes puede ayudar a minimizar el efecto negativo en el rendimiento de los cultivos.

- Control de infecciones primarias

El control de la primera aparición de un virus en un cultivo, es fundamental para el manejo efectivo de enfermedades virales en plantas. Una estrategia clave para prevenir la introducción y propagación de virus es implementar medidas legislativas que regulen el movimiento de material vegetal, como plantas, semillas o esquejes. Estas medidas son esenciales para mante-

ner regiones o zonas libres de virus específicos (Pasquali *et al.* 2015). En el caso de virus que se transmiten a través de materiales de propagación, como semillas o propágulos vegetativos, el establecimiento de sistemas de certificación para la producción de material libre de virus puede ser una herramienta muy eficaz. La certificación garantiza que el material de propagación ha sido sometido a pruebas y está libre de virus, lo que reduce el riesgo de introducir la enfermedad en nuevas áreas. La transmisión por semillas es una vía importante de introducción y diseminación de virus a larga distancia. Las semillas infectadas pueden transportar el virus a nuevas regiones o países, donde puede iniciar nuevos brotes de la enfermedad. Dos ejemplos de virus importantes transmitidos por semillas en el sureste de España son PepMV y ToBRFV en tomate. Las semillas contaminadas son la principal vía de introducción de estos virus en nuevas áreas y facilitan su propagación

entre países. Por lo tanto, es crucial utilizar semillas certificadas y libres de virus para prevenir la propagación de estas enfermedades.

- Virus transmitidos por insectos vectores

Los virus de transmisión persistente por insectos vectores se caracterizan por un período de retención prolongado en el vector (días o semanas), así como por un período de adquisición e inoculación que puede durar varias horas o incluso días. Además, requieren un período de latencia de al menos varias horas para que el virus pueda ser transmitido a una nueva planta. Estos virus se localizan principalmente en el floema de la planta y pueden ser transmitidos incluso después de la muda del insecto vector. La especificidad virus-vector en la transmisión persistente es muy alta, lo que significa que un vector específico suele ser necesario para la transmisión de un virus en particular. Un ejemplo destacado de transmisión persistente es la de especies del género *Begomovirus* (familia *Geminiviridae*), que son transmitidos por la mosca blanca *B. tabaci*. Los begomovirus, como TYLCV, tienen un rango de hospedadores muy amplio, infectando a numerosas plantas dicotiledóneas, y son responsables de daños económicos considerables en cultivos de importancia mundial como el tomate, las alubias, la mandioca y el algodón. Los síntomas generales que inducen los begomovirus incluyen clorosis (amarillamiento) y enrollamiento de las hojas apicales de la planta. Si la infección ocurre en etapas tempranas del desarrollo, puede provocar retraso en el crecimiento e incluso enanismo. Otro ejemplo de virus de transmisión persistente es el *tomato spotted wilt virus* (TSWV, género *Tospovirus*, familia *Tospoviridae*). En este caso, el vector es el trips *F. occidentalis*. El virus es adquirido por las larvas de trips al alimentarse de plantas infectadas, y luego es transmitido a plantas sanas por los trips adultos.

La transmisión semipersistente de virus en plantas presenta características intermedias entre la transmisión no

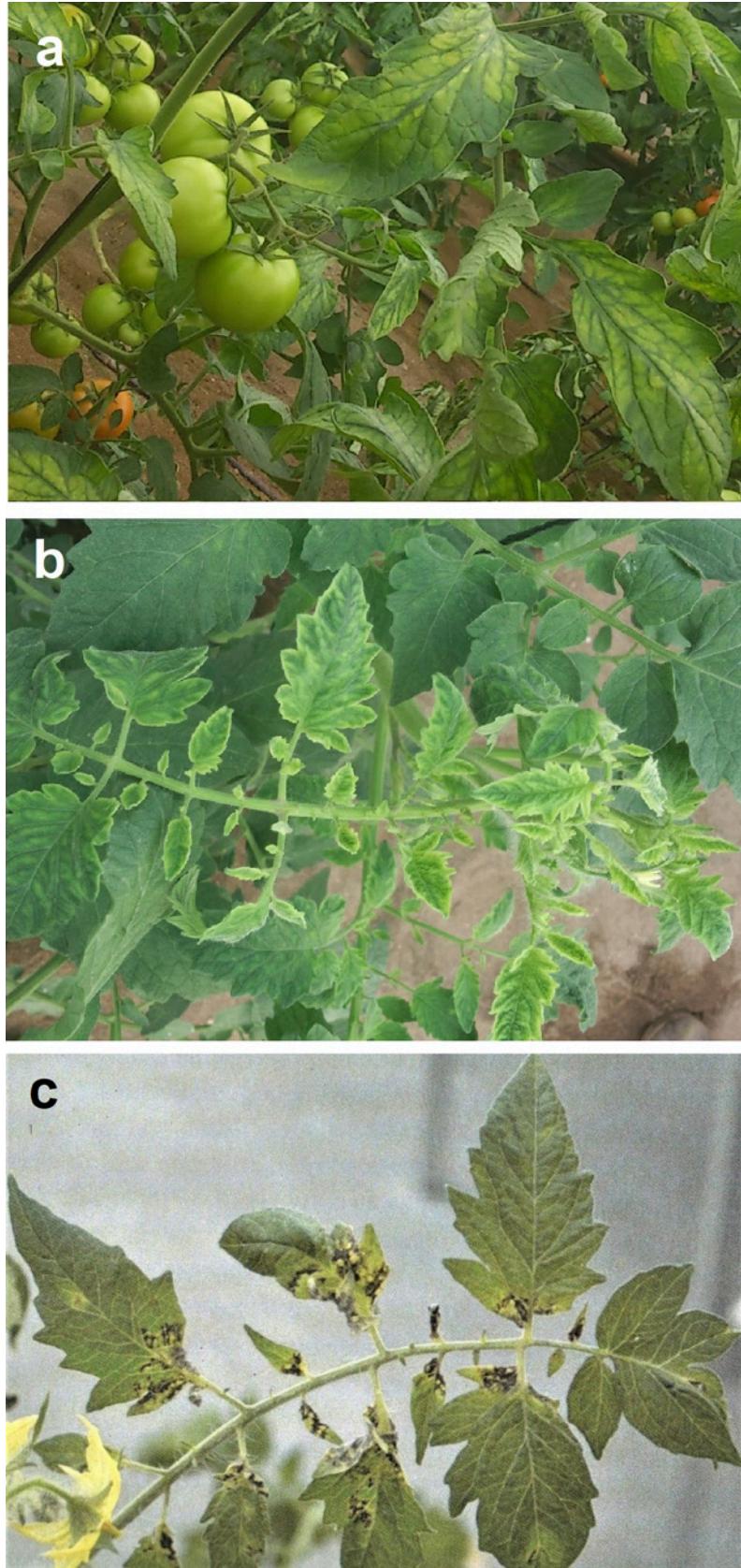


FOTO 2
Síntomas en hojas de tomate, de virus transmitidos por la mosca blanca.
a) ToCV (los autores), b) TYLCV (los autores), c) ToTV (M. Verbeeck, Wageningen International, Países Bajos).

persistente y la persistente. Esto significa que el virus puede ser retenido por el insecto vector durante un período de tiempo más largo que en la transmisión no persistente, pero no tan largo como en la persistente. Dos ejemplos de virus que se transmiten de manera semipersistente son el *tomato chlorosis virus* (ToCV) y el *tomato torrado virus* (ToTV), ambos transmitidos por la mosca blanca *B. tabaci* (**Foto 2**). Un síntoma característico de la infección por crinivirus, como el ToCV, es la clorosis (amarillo) de las hojas, que comienza en las hojas más viejas y avanza hacia las hojas más jóvenes. Las venas de las hojas suelen permanecer verdes, creando un contraste distintivo con el resto del tejido foliar amarillento. El virus de la mancha del fruto del tomate (ToFBV) es un virus emergente, recientemente identificado, que causa una maduración desigual y manchada, junto con hoyuelos y manchas oscuras en los frutos del tomate. Pertece a un grupo denominado blunavirus y está asociado con la enfermedad del “blotch” del tomate. Parece ser que este virus fue detectado en muestras vegetales de tomate recolectadas entre los años 2015 y 2019, originarias de Murcia. El único huésped registrado de ToFBV es el tomate y el virus no puede transmitirse ni de forma mecánica ni por semillas. Parece ser que el ácaro *Aculops lycopersici* (vasates) puede actuar como vector de este virus (**Foto 3**).

Una estrategia importante para prevenir la transmisión de virus por insectos vectores es la protección física de los cultivos. Esto se puede lograr mediante la instalación de mallas permanentes o semipermanentes a prueba de insectos, especialmente durante las fases tempranas del crecimiento de las plantas. Las mallas anti-insectos actúan como una barrera física que impide que los insectos virulíferos, como pulgones y moscas blancas, accedan a las plantas y transmitan los virus. Esta técnica es particularmente útil en cultivos protegidos bajo invernadero, donde se reduce significativamente el movimiento de vectores virales y, por lo tanto, la propagación de virus. Las



FOTO 3
Plantas de tomate infectadas con el ácaro *Aculops lycopersici* (vasates), posible vector de ToFBV (los autores).

mallas anti-insectos han demostrado ser eficaces para reducir la incidencia de virus como el TYLCV y el ToCV en cultivos de tomate (Velasco *et al.*, 2008). Al limitar el acceso de los insectos vectores a las plantas, se reduce la probabilidad de que se produzcan infecciones virales y se propaguen a otras plantas del cultivo.

- Control de la infección secundaria

El control de la propagación de un virus, una vez que ha sido introducido en un cultivo (infección secundaria), dependerá en gran medida de su modo de dispersión. Si el virus se propaga a través de un vector (como un insecto) que no está presente en el territorio, las medidas legislativas, sanitarias y de cuarentena serán de vital importancia para prevenir la entrada del vector y, por lo tanto, la dispersión de

la enfermedad. Estas medidas pueden incluir restricciones a la importación de plantas y otros materiales que puedan transportar el vector, así como la vigilancia y el control de posibles introducciones del vector. En el caso de virus que se transmiten eficazmente por contacto, como los tobamovirus, las medidas a establecer durante las labores culturales del cultivo son de especial relevancia. Estas medidas deben centrarse en prevenir la transmisión del virus a través de herramientas y manos contaminadas. Algunas prácticas importantes incluyen:

- Desinfección de manos: El personal que trabaja en el cultivo debe lavarse y desinfectarse las manos regularmente, especialmente antes y después de manipular plantas, herramientas o materiales.

- Desinfección de herramientas de poda y cosecha: Las herramientas utilizadas para podar, cosechar o realizar otras tareas en el cultivo deben desinfectarse frecuentemente para evitar la propagación del virus de una planta a otra.

En el caso de PepMV y ToBRFV, se concluyó que, el control del movimiento del personal de campo y el uso de material infectado, como guantes y herramientas de trabajo, fue fundamental para evitar la dispersión de las enfermedades en los cultivos afectados (Smith y Dombrovsky, 2019).

- Control mediante resistencia genética

Una vez que la planta está infectada, cualquier estrategia de control debe apuntar a contener el virus y así limitar el daño producido. Si se dispone de resistencia genética efectiva, su incorporación en cultivares comerciales es probablemente la forma más fácil de controlar las enfermedades virales. Afortunadamente, la búsqueda de fuentes de resistencia natural para su uso en programas de mejora ha sido exitosa en muchos casos. Existen cul-

tivares con resistencia intermedia o alta contra TYLCV y ToTV en tomate. Los genes *Tsw* confieren resistencia a TSWV en tomate.

En gen *Tm2²* confiere resistencia contra ciertos tobamovirus, incluyendo ToMV y el virus del mosaico del tabaco (TMV). Durante muchos años, esta resistencia ha sido una herramienta valiosa para mantener la productividad de los cultivos de tomate. Sin embargo, en los últimos años, han surgido nuevas variantes de tobamovirus que son capaces de superar la resistencia *Tm2²*. Un ejemplo destacado es ToBRFV, que se descubrió en 2014 y se ha propagado rápidamente por todo el mundo, incluyendo España en el año 2019. Ante la presencia de virus que superan la resistencia *Tm2²*, es importante adoptar estrategias de manejo integradas que combinen diferentes enfoques. Estas estrategias pueden incluir el uso de variedades resistentes a ToBRFV. Ya existen en el mercado algunas variedades de tomate que han sido desarrolladas con resistencia específica al ToBRFV. Estas variedades pueden ser una opción para los productores en áreas donde este virus es

un problema. Además, es fundamental implementar medidas de higiene y desinfección en los cultivos para prevenir la propagación de virus. Esto incluye la desinfección de herramientas, manos y superficies, así como la eliminación de plantas infectadas. Es igualmente importante realizar un monitoreo constante de los cultivos para detectar la presencia de virus en etapas tempranas. La detección temprana puede permitir la implementación de medidas de control oportunas para prevenir la propagación de la enfermedad.

Otro método de control de las virosis en plantas es la protección cruzada, para ello se inoculan plantas jóvenes con cepas virales suaves y atenuadas que infectan sin causar síntomas de la enfermedad e inducen mecanismos de defensa en las plantas, protegiéndoles de una posterior cepa virulenta. Este tipo de protección se ha utilizado a escala comercial con cepas atenuadas de PepMV en cultivos de tomate.

Bibliografía

Queda a disposición del lector interesado en el correo electrónico: redaccion@editorialagricola.com

PLAN NACIONAL DE SANIDAD VEGETAL DEL TOMATE

El virus ToBRFV ha venido a complicar muy significativamente la situación fitosanitaria del tomate, haciendo inviables muchas plantaciones afectadas, pero existen otros riesgos fitosanitarios cada vez más importantes: otras virosis emergentes, como ToFBV o el *tomato mottle mosaic tobamovirus* (ToMMV) y bacterias como *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*. En 2024, España implementó un Plan Nacional de Sanidad Vegetal específico para el tomate, con el objetivo de abordar los desafíos fitosanitarios que amenazan este cultivo y garantizar su sostenibilidad y competitividad en el mercado global. El principal objetivo de este plan es determinar los puntos críticos que pueden afectar a la fitosanidad del tomate y establecer las medidas de actuación más eficaces para reducir los riesgos en las plantaciones. Para ello, se establecerá un marco de actuación para cada uno de los “puntos críticos”, basado en los conocimientos bibliográficos, trabajos de investigación específicos y normativa en vigor. En paralelo, se intensificarán los programas de sensibilización, colaboración y transferencia de conoci-

miento, con los diferentes sectores implicados, desde los que proporcionan insumos a los productores. Los agentes fitopatógenos a analizar serán los que se consideren según el análisis de riesgo que se establezca y que tengan alguna interrelación con el ToBRFV, tales como el PepMV, el tomate mottle mosaic tobamovirus ToMMV, el ToBFV y la bacteria *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*. De esta manera, se plantean los siguientes objetivos:

- Objetivo 1. Establecimiento de un plan nacional de la sanidad del tomate que establezca un marco de actuación para los diferentes operadores profesionales involucrados.
- Objetivo 2. Establecimiento de los puntos críticos y de control (semilla, semillero e invernadero) en las instalaciones de los operadores, tal y como se establece en el Reglamento (UE) 2016/2031.
- Objetivo 3. Establecer un sistema de muestreos analíticos en semillas, plantas y plántulas que aseguren la no dispersión de estos agentes fitopatógenos, mediante protocolos de actuación que deben llevar a cabo los operadores profesionales.
- Objetivo 4. Divulgación y transferencia de toda la información e investigación generada.