

# Virus rugoso marrón del tomate ToBRFV: una amenaza emergente.

## *Tomato brown rugose virus (ToBRFV): an emerging threat.*

Gutarra-García, Brandon Lee<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga; Perú, Ayacucho;  
<https://orcid.org/0009-0000-4550-4518>; [brandon.gutarra.02@unsch.edu.pe](mailto:brandon.gutarra.02@unsch.edu.pe)

<sup>1</sup> Autor Correspondencia

 <https://doi.org/10.63618/omd/isj/v3/n4/136>

**Cita:** Gutarra-García, B. L. (2025). Virus rugoso marrón del tomate ToBRFV: una amenaza emergente. *Innova Science Journal*, 3(4), 281-289. <https://doi.org/10.63618/omd/isj/v3/n4/136>

**Recibido:** 05/07/2025

**Aceptado:** 04/09/2025

**Publicado:** 31/10/2025



**Copyright:** © 2025 por los autores. Este artículo es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de la Licencia Creative Commons, Atribución-NoComercial 4.0 Internacional. (CC BY-NC).

(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

**Resumen:** El virus rugoso marrón del tomate (ToBRFV) es un fitopatógeno viral que actualmente representa una amenaza emergente potencial por ser la única en superar el gen de resistencia Tm-22 y su alta capacidad de transmisión de la enfermedad. El principal objetivo de esta investigación es, resaltar la importancia de este fitopatógeno viral emergente, que afecta a los cultivos de tomate "Solanum lycopersicum" los cuales pueden generar pérdidas económicas a escala mundial. En la presente investigación se realizó una revisión sistemática de toda la literatura científica referidas al tema con un diseño no experimental, descriptivo y analítico. Por esa razón se ha acudido a búsquedas de la información en base de datos y fuentes que sean verídicas, confiables y sean conocimiento corroborado mediante el método científico, se usaron artículos que están disponibles en las bases de datos como Scielo, WOS, Scopus y otras bases de datos con exigencia científica usando palabras clave tales como: ToBRFV, virus rugoso marrón del tomate, gen Tm-22, Solanum lycopersicum, Capsicum spp, Tobamovirus y Virgaviridae con las cuáles se logró obtener resultados que eran afines a nuestro estudio de interés. A partir de las revisiones sistemáticas realizadas en este presente trabajo de investigación se dio a conocer a la comunidad científica una síntesis sobre el virus rugoso marrón del tomate (ToBRFV) y su relevancia económica a escala mundo, debido a que los fitopatógenos virales están ganando relevancia mundial, ya que afectan a la seguridad alimentaria y generan fluctuación económica.

**Palabras clave:** ToBRFV; virus rugoso marrón del tomate; gen Tm-22; Solanum lycopersicum; Capsicum spp; Tobamovirus y Virgaviridae.

**Abstract:** Tomato brown rugose fruit virus (ToBRFV) is a viral plant pathogen that currently represents a potential emerging threat due to its high transmission capacity and its high capacity to overcome the Tm-22 resistance gene. The main objective of this research is to highlight the importance of this emerging viral plant pathogen, which affects tomato crops "Solanum lycopersicum", which can generate economic losses worldwide. In this study, a systematic review of all the scientific literature related to the topic was conducted using a non-experimental, descriptive, and analytical design. For this reason, information searches have been carried out in databases and sources that are truthful, reliable and are knowledge corroborated by the scientific method, articles that are available in databases such as Scielo, WOS, Scopus and other databases with scientific requirement were used using keywords such as: ToBRFV, tomato brown rugose virus, Tm-22 gene, Solanum lycopersicum, Capsicum spp., Tobamovirus and Virgaviridae with which it was possible to obtain results that were related to our study of interest. From the systematic reviews carried out in this present research work, a synthesis on Tomato brown rugose virus (ToBRFV) and its economic relevance on a global scale was made known to the scientific community, because viral phytopathogens are gaining global relevance, since they affect food security and generate economic fluctuations.

**Keywords:** ToBRFV; Tomato brown rugose fruit virus; gen Tm-22, Solanum lycopersicum, Capsicum spp; Tobamovirus and Virgaviridae.

## 1. Introducción

Las pérdidas económicas generadas por los fitopatógenos en la agricultura a nivel mundial son muchas veces inmesurables, esto estimula por parte de los productores o agricultores el uso de agroquímicos, pesticidas y plaguicidas, de una manera desmedida los cuales afectan al microbiota del suelo, que desempeñan una función importante en la fertilidad edáfica y son la base de la sostenibilidad de los sistemas agrícolas a nivel mundial (Castro et al., 2023). Así mismo el cambio climático y que no exista la transición hacia un sistema energético basado en fuentes renovables está favoreciendo la adaptación y mutación de los distintos fitopatógenos a nivel mundial, generando desconcierto en nuestro futuro a corto y largo plazo. (Guerrero et al., 2023).

Uno de los principales fitopatógenos con mayor relevancia económica mundial son los virus vegetales siendo los Tobamovirus los más dañinos y devastadores en los cultivos, siendo el principal el ToBRFV (Zhang et al., 2022).

El virus rugoso marrón del tomate (ToBRFV) es un virus vegetal del género Tobamovirus, se detectó por primera vez en el año 2014 en Jordania e Israel en un brote donde dicha enfermedad afectó a cultivos de tomate "Solanum lycopersicum" (van de Vossen et al., 2021). Además, se ha visto que el virus rugoso marrón del tomate (ToBRFV) afecta a distintos tipos de cultivo como el del pimiento "Capsicum spp." (Mavrodieva et al., 2025).

Este género está conformado por los virus de ARN monocatenario de sentido positivo los cuáles están dentro de la familia Virgaviridae siendo estos los virus vegetales más estudiados a nivel mundial (Cao et al., 2023), ya que sus viriones pueden permanecer infecciosos en condiciones ambientales muchos años, además se transmiten muy fácilmente de forma mecánica, siendo las semillas el medio de propagación más común (Salem et al., 2022).

Recientemente el virus rugoso marrón del tomate (ToBRFV), ya es considerado una amenaza emergente ya que se ha logrado identificar en al menos 25 países a nivel mundial, su amenaza radica en que ToBRFV ha superado todas las resistencias genéticas que poseían los cultivos de tomate a los Tobamovirus incluido el gen de resistencia Tm-22 (Hak y Spiegelman, 2021).

El gen de resistencia Tm-22 contra los Tobamovirus se logró hace más de 50 años mediante la introgresión genética de especies silvestres de tomate entre los genes Tm-1 y Tm-2 y el alelo Tm-2, hoy en día el único Tobamovirus que ha podido superar esa resistencia genética es el ToBRFV, de ahí por lo cual debe ser considerada una amenaza emergente potencial a futuro (Hak y Spiegelman, 2021).

El principal objetivo de esta investigación es, resaltar la importancia de este fitopatógeno viral emergente, que afecta a los cultivos de tomate "Solanum lycopersicum" los cuales pueden generar pérdidas económicas a escala mundial.

## 2. Materiales y Métodos

### 2.1. Diseño del estudio

En la presente investigación se realizó una revisión sistemática de toda la literatura científica referidas al tema con un diseño no experimental, descriptivo y analítico.

## 2.2. Estrategia de búsqueda

La búsqueda de documentos científicos concernientes a nuestro tema y que sean específicos se hizo la búsqueda en la web de las bases de datos como Scielo, WOS, Scopus y otras bases de datos con exigencia científica usando palabras clave tales como: *ToBRFV*, *virus rugoso marrón del tomate*, *gen Tm-2<sup>2</sup>*, *Solanum lycopersicum*, *Capsicum spp*, *Tobamovirus* y *Virgaviridae* con las cuáles se logro obtener resultados que eran afines a nuestro estudio de interés.

Del total de documentos hallados se realizó la selección y síntesis y se excluyó aquellos documentos que cuyos formatos o temas de estudio se alejaban del tópico del trabajo de investigación.

## 2.3. Análisis de la información

La herramienta principal que se utilizó fue la de análisis sistemático y síntesis de documentos de carácter científico que fueron seleccionados para este presente investigación. Para reafirmar la confiabilidad y validez de esta revisión sistemática se usaron criterios de exclusión e inclusión para descartar artículos que no presenten relevancia académica referente al tema, para así garantizar la solidez estructural para que este trabajo tenga conocimientos de calidad y que las referencias sean verificables y que todas las citas posean la trazabilidad académica pertinente.

## 2.4. Consideraciones éticas

El presente trabajo no requiere de la aprobación ética específica al basarse unicamente en datos e información bibliográfica. Sin embargo, se tuvo especial cuidado para citar adecuadamente todas las fuentes y autores utilizados en el presente trabajo.

## 3. Resultados

Se hallaron 76 resultados de búsqueda de las cuales filtramos los que eran relevantes o de suma importancia para nuestro trabajo usando como base 24 trabajos, dónde realizamos la síntesis de toda la información relevante e importante para nuestra investigación los cuales fueron:

### 3.1. Tobamovirus

Tobamovirus es un género de virus considerados más devastadores de los cultivos a escala mundo ya que incluye fitopatógenos virales como el virus del mosaico del tomate (ToMV), virus del mosaico moteado verde del pepino (CGMMV) y el virus del moteado suave del tomate (ToMMV) (Zhang et al., 2022), estos virus generan daños económicos al afectar a cultivos importantes en la industria como del tomate "*Solanum lycopersicum*" y del pimiento "*Capsicum spp.*" siendo estos sus principales hospedadores (Ma et al., 2021). Este género poseen ARN de cadena positiva (+ssRNA) de aproximadamente 6.4 kb los cuales codifican al menos cuatro marcos de lectura abierta (ORF), dichos ORF son de importancia ya que gracias a estos se codifican la proteína de cubierta y la proteína de movimiento (MP) (Zinger et al., 2025), siendo esta última la más importante, ya que las mutaciones en la proteína de movimiento (MP) en el virus ToBRFV le permite

superar al gen de resistencia Tm-22, haciendo del virus ToBRFV, un problema emergente a escala mundo, por ende la proteína de movimiento (MP) es considerado un factor de virulencia de adaptación evolutiva del ToBRFV para evadir la resistencia de los hospedador objetivo (Tetty et al., 2023).

### 3.2. Virus rugoso marrón del tomate (ToBRFV)

El virus ToBRFV es un nuevo Tobamovirus que fue reportado por primera vez en el año 2014 y representa al fitopatógeno viral con un grado grave de amenaza emergente ya que, actualmente es el único virus del género Tobamovirus que ha se adaptado a tal grado que ha superado al gen de resistencia Tm-22, el ToBRFV se transmite fácilmente por contacto y semillas del cultivo de tomate "Solanum lycopersicum" y su aparición ha generado alertas en la industria del tomate y del pimiento (Rohde et al., 2025).

### 3.3. Tomate "Solanum lycopersicum"

El tomate "Solanum lycopersicum" viene siendo uno de los cultivos hortícolas más importantes del mundo, siendo los principales productores, China, India y EE.UU, y el tomate es uno de los cultivos que son mayormente susceptibles a distintos fitopatógenos (Ling et al., 2019), siendo uno de estos las infecciones virales, ya que hay cientos de fitopatógenos virales que afectan a las solanáceas y las enfermedades virales en las plantas son las más difíciles de controlar, por ende, la única manera eficaz actualmente es la de cultivar plantas resistentes a los virus (Rochsar et al., 2025).

### 3.4. Signos y síntomas del virus rugoso marrón del tomate (ToBRFV)

Los signos y síntomas ocasionados por el ToBRFV, muchas veces varia ya que según (Zhang et al., 2022), depende del genotipo del cultivo y las condiciones ambientales, siendo los más comunes: mosaico, distorsión de las hojas, lesiones necróticas con rugosidad marrón tanto en las hojas como en el fruto, he de ahí el nombre del virus ToBRFV (Yan et al., 2021). Este virus genera alteraciones en las hojas (abullonado), les da un aspecto filiforme con una apariencia fibrosa, en el cáliz produce la decoloración (pardeamiento) y en el fruto puntos rugosos marrones característicos de este fitopatógeno (Di Rosa et al., 2025). En el pimiento el ToBRFV produce un moteado amarillo en las hojas, produce también retraso en el crecimiento de las plántulas jóvenes y los puntos rugosos marrones clásicos de este virus que es lo más principal para reconocer la enfermedad (McKenzie et al., 2024).

### 3.5. Factor de virulencia del virus rugoso marrón del tomate (ToBRFV)

El Tm-22 el gen que otorga la resistencia contra los Tobamovirus obtenido a través de la introgresión de genes de tomates silvestres, ha servido al menos durante 50 años como gen clave para evitar la enfermedad ocasionada por los Tobamovirus, ya que el gen de resistencia Tm-22 codifica un tipo de receptor de células de planta (CC-NLR) (Hak y Spiegelman, 2021), este se va asociar con su efector la proteína de movimiento (MP) del Tobamovirus en la superficie de la membrana plasmática el cuál va activar una respuesta inmunitaria, esto mecanismo había conferido la resistencia de los cultivos de tomate a los Tobamovirus (Botermans et al., 2023).

El ToBRFV se ha adaptado generando mutaciones en la proteína de movimiento (MP), solo le basto con la sustitución de dos aminoácidos en el extremo C-terminal, para lograr la capacidad de romper la resistencia al Tm-22, lo cual le permitió infectar a plantas a

pesar que poseían el gen de resistencia Tm-22(Zhang et al., 2022), análisis posteriores demostraron que el ToBRFV había sufrido 12 mutaciones los cuales generaron 21 aminoácidos potenciales necesarios para evadir dicha resistencia (Hak y Spiegelman, 2021). Por ese motivo se está buscando a nivel global nuevos germoplasmas que sean resistentes y determinar con certeza los mecanismos por el cual el ToBRFV supera la resistencia para así una vez conocidas el mecanismo lidiar con el factor de virulencia del virus que es la principal fortaleza de este virus ya que, sin este, no tendría posibilidad de causar enfermedad en cultivos de tomate “*Solanum lycopersicum*” resistentes al Tobamovirus (Jaiswal et al., 2024).

### 3.6. Diagnóstico del virus rugoso marrón del tomate (ToBRFV)

El ToBRFV al ser un virus de fácil transmisión y daños severos en los frutos que merman la producción y afectan en gran manera los cultivos de tomate, es crucial poseer un método o técnica de diagnóstico rápido, económico y preciso, en la actualidad se utilizan técnicas serológicas y moleculares para detectar al virus de manera temprana, siendo los principales como los ensayo ELISA (Zhao et al., 2024), el cuál es recomendado por su simplicidad y bajo costo, pero presenta baja especificidad y sensibilidad, en otros países utilizan la reacción en cadena de la polimerasa con transcripción inversa (RT-PCR) (Mavrodieva et al., 2025), pero estudios actuales han sugerido utilizar la amplificación isotérmica mediada por bucle (LAMP), esta se ha desarrollado para aumentar la sensibilidad y especificidad de los métodos serológicos, pero estos métodos requieren de tiempos de ensayo largo, ya que todas involucran la extracción del ARN del ToBRFV los cuales no lo hacen tan práctico en el campo, para solucionar esta debilidad se ha combinado la amplificación asistida por recombinasa de transcripción inversa (RT RAA) con tiras de flujo lateral (LFS) con una sensibilidad y especificidad de 100% en campo que detecta al ToBRFV en 20 minutos (Cao et al., 2023).

## 4. Discusión

Desde su primera aparición en el año 2014 el virus rugoso marrón del tomate (ToBRFV) se ha reportado en todos los continentes a excepción de la Antártida y Oceanía, este virus ha causado múltiples brotes a nivel de invernadero en diversos países generando una alerta internacional, tanto que EE.UU. emitió una orden federal sobre el virus ToBRFV para inspeccionar y detectar su presencia en productos de tomate “*Solanum lycopersicum*” y pimiento “*Capsicum spp.*”(Topcu et al., 2025), de países donde hubo brotes alarmantes de este fitopatógeno, lo más preocupante es que los puntos de origen e infección son los invernaderos que otorgan las condiciones de cultivo protegidas, por ende, se está investigando a nivel mundial el impacto potencial del ToBRFV de infectar otros cultivos u hortalizas, estudios recientes mencionan que ToBRFV puede afectar a otras solanáceas excepto a la berenjena “*Solanum melongena*”(Melcher et al., 2021).

Un aspecto principal de la discusión es que actualmente no existe ningún cultivo comercial de tomate resistente a ToBRFV he ahí la amenaza de este fitopatógeno, ya que las medidas de MIP(manejo integrado de plagas); como la rotación de cultivos, la erradicación de cultivos contaminados, tratamiento agroquímico y desinfección de los invernaderos donde ocurrió los brotes, no ha surtido efecto, cuando se detecta el brote los agricultores y productores se ven obligados a finalizar el cultivo (Caruso et al., 2022).

Adicionalmente se puede resaltar que, dado la globalización y el fácil comercio de semillas a nivel mundial, probablemente el alcance de su propagación sea más grave de lo que se reporta (Zhang et al., 2022). En realidad lo que lo hace una amenaza emergente potencial se basa que la economía global se basa en el comercio internacional tanto como la importación y exportación internacional de semillas (Melcher et al., 2021), esto ha asegurado hasta el día de hoy tanto la seguridad alimentaria mundial como la agricultura sostenible, sin embargo, el virus rugoso marrón del tomate se ha demostrado que la principal vía de transmisión son las semillas, tanto así que el 100% de las semillas de plantas infectadas con el virus transmiten la enfermedad (Zhang et al., 2022).

Se ha visto también con preocupación que el virus rugoso marrón del tomate (ToBRFV) puede interactuar de manera sinérgica con otros virus conocido esto como “infecciones mixtas”, generalmente con el virus del bronceado del tomate (TSWV) que es otro fitopatógeno viral de importancia en los cultivos de tomate ya que es considerada una de las enfermedades más devastadoras en los cultivos de tomate afectando toda la temporada de producción, se ha visto que estos dos virus ToBRFV y TSWV ocasionan una infección mixta causando síntomas y signos más graves en las plantas de tomate “*Solanum lycopersicum*” (Luria et al., 2017).

## 5. Conclusiones

A partir de las revisiones sistemáticas realizadas en este presente trabajo de investigación se dio a conocer a la comunidad científica una síntesis sobre el virus rugoso marrón del tomate (ToBRFV) y su relevancia económica a escala mundo, debido a que los fitopatógenos virales están ganando relevancia mundial, ya que limitan el crecimiento productivo de la agricultura y es una amenaza emergente potencial, por eso es ahora que nosotros debemos tomar cartas en el asunto ya que, los fitopatógenos están día a día adaptándose al entorno, generando pérdidas económicas enormes y muchas veces esto es a causa del monocultivo.

A este paso habrá desabastecimiento a nivel mundial, ya que el virus ToBRFV puede mermar por sí misma la producción del tomate en muchos países, ya que el ToBRFV es el único virus a nivel global que ha superado por completo al gen Tm-22 (Hak y Spiegelman, 2021), lo que lo hace un peligro latente que no se le está dando la importancia que merece y de todo esto se puede rescatar que los microorganismos nos están dando una lección ya que se están adaptando y evolucionando mejor que nosotros en muchos aspectos y si no hacemos algo para cambiar dicha coyuntura nuestro futuro como civilización es incierto, por qué lo principal es velar por la seguridad alimentaria de una manera que sea sostenible con los recursos de nuestro planeta, por lo mismo hago un llamado a la reflexión de nuestro entorno como los únicos seres racionales de este planeta y que se vele por la seguridad alimentaria y que esta no involucre el deterioro de nuestro medio ambiente, así mismo invocar a una solución colectiva de la comunidad científica sobre los fitopatógenos que día a día van adaptándose a las adversidades que al final de cuentas van a afectar a la seguridad alimentaria hacia el año 2030.

## Referencias Bibliográficas

- Botermans, M., de Koning, P. P. M., Oplaat, C., Fowkes, A. R., McGreig, S., Skelton, A., Adams, I. P., Fox, A., De Jonghe, K., Demers, J. E., Roenhorst, J. W., Westenberg, M., y Van de Vossen, B. T. L. H. (2023). Tomato Brown Rugose Fruit Virus Nextstrain Build Version 3: Rise of a Novel Clade. *PhytoFrontiers*, 3(2), 442-446. <https://doi.org/10.1094/PHTOFR-09-22-0090-A>
- Cao, Y., Weng, H., Rao, S., Li, J., Yan, F., y Song, X. (2023). Rapid and visual field diagnosis of tomato brown rugose fruit virus using reverse transcription recombinase aided amplification (RT RAA) combined with lateral flow strips (LFS). *Crop Protection*, 173, 106355. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2023.106355>
- Caruso, A. G., Bertacca, S., Parrella, G., Rizzo, R., Davino, S., y Panno, S. (2022). Tomato brown rugose fruit virus: A pathogen that is changing the tomato production worldwide. *Annals of Applied Biology*, 181(3), 258-274. <https://doi.org/10.1111/aab.12788>
- Castro, A. L., Lisette, M. L. M., y Anabel, L. A. L. (2023). El rol de los microorganismos en la fertilidad del suelo agrícola basado en una revisión de estudios recientes. *Innova Science Journal*, 1(1), 26-37. <https://doi.org/10.63618/omd/isj/v1/n1/8>
- Di Rosa, E., Durand, A.-A., Provost, C., y Constant, P. (2025). Epidemiology of Tomato Brown Rugose Fruit Virus in Commercial Greenhouses. *Plant Disease*, 109(3), 633-637. <https://doi.org/10.1094/PDIS-09-24-1873-RE>
- Guerrero, J. M., Raul, D. R. D., Antonio, M. A. M., y Elizabeth, G. E. G. (2023). Energías limpias y desarrollo sostenible una revisión sobre las tendencias y desafíos actuales. *Innova Science Journal*, 1(1), 38-50. <https://doi.org/10.63618/omd/isj/v1/n1/9>
- Hak, H., y Spiegelman, Z. (2021). The Tomato Brown Rugose Fruit Virus Movement Protein Overcomes Tm-22 Resistance in Tomato While Attenuating Viral Transport. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 34(9), 1024-1032. <https://doi.org/10.1094/MPMI-01-21-0023-R>
- Jaiswal, N., Chanda, B., Gilliard, A., Shi, A., y Ling, K.-S. (2024). Evaluation of Tomato Germplasm against Tomato Brown Rugose Fruit Virus and Identification of Resistance in *Solanum pimpinellifolium*. *Plants*, 13(5), 581. <https://doi.org/10.3390/plants13050581>
- Ling, K.-S., Tian, T., Gurung, S., Salati, R., y Gilliard, A. (2019). First Report of Tomato Brown Rugose Fruit Virus Infecting Greenhouse Tomato in the United States. *Plant Disease*, 103(6), 1439. <https://doi.org/10.1094/PDIS-11-18-1959-PDN>
- Luria, N., Smith, E., Reingold, V., Bekelman, I., Lapidot, M., Levin, I., Elad, N., Tam, Y., Sela, N., Abu-Ras, A., Ezra, N., Haberman, A., Yitzhak, L., Lachman, O., y Dombrovsky, A. (2017). A New Israeli Tobamovirus Isolate Infects Tomato Plants Harboring Tm-22 Resistance Genes. *PLOS ONE*, 12(1), e0170429. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0170429>
- Ma, Z., Zhang, H., Ding, M., Zhang, Z., Yang, X., y Zhou, X. (2021). Molecular characterization and pathogenicity of an infectious cDNA clone of tomato brown

- rugose fruit virus. *Phytopathology Research*, 3(1), 14. <https://doi.org/10.1186/s42483-021-00091-0>
- Mavrodieva, V., Dennis, G., Xoconostle-Cázares, B., Ong, K., Zale, B., Nickerson, J., Podleckis, E., Ramírez-Suárez, A., Ortiz-Berrocal, M., Suazo, A., y Bloem, S. (2025). Pilot for Harmonization of Diagnostic Protocols for Tomato Brown Rugose Fruit Virus (ToBRFV) in Tomato and Pepper Seeds. *PhytoFrontiersTM*, 5(2), 187-196. <https://doi.org/10.1094/PHTOFR-06-24-0070-FI>
- McKenzie, Z., Sturdivant, M., Ueckert, J., y Ong, K. (2024). Evaluating the Utilization of Synthetic Oligonucleotides as a Positive Control in the Detection of ToBRFV in Pepper Seeds. *Plant Health Progress*, 25(2), 141-143. <https://doi.org/10.1094/PHP-07-23-0064-SC>
- Melcher, U., Lewandowski, D. J., & Dawson, W. O. (2021). Tobamoviruses (Virgaviridae). En D. H. Bamford y M. Zuckerman (Eds.), *Encyclopedia of Virology (Fourth Edition)* (pp. 734-742). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809633-8.21529-X>
- Rochsar, E., Torgeman, S., Bandel, K., Koren, A., Klap, C., Dombrovsky, A., y Zamir, D. (2025). Tissue-specific resistance and susceptibility to the tomato brown rugose fruit virus (ToBRFV) conferred by *Solanum pennellii* loci. *BMC Plant Biology*, 25(1), 51. <https://doi.org/10.1186/s12870-024-05989-3>
- Rohde, M. J., Niehl, A., y Ziebell, H. (2025). A novel ToBRFV cDNA full-length infectious clone provides insights on virus host range and inoculation strategies. *Plant Disease*. <https://doi.org/10.1094/PDIS-08-24-1665-RE>
- Salem, N. M., Sulaiman, A., Samarah, N., Turina, M., y Vallino, M. (2022). Localization and Mechanical Transmission of Tomato Brown Rugose Fruit Virus in Tomato Seeds. *Plant Disease*, 106(1), 275-281. <https://doi.org/10.1094/PDIS-11-20-2413-RE>
- Tetty, C. K., Mu, X.-Q., Ma, H.-Y., Chen, X.-Y., Geng, C., Tian, Y.-P., Yan, Z.-Y., y Li, X.-D. (2023). The role of different innate and environmental factors in Tm-22-mediated resistance to tomato mottle mosaic virus. *Phytopathology Research*, 5(1), 8. <https://doi.org/10.1186/s42483-023-00162-4>
- Topcu, Y., Yildiz, K., Kayikci, H. C., Aydin, S., Feng, Q., y Sapkota, M. (2025). Deciphering resistance to Tomato brown rugose fruit virus (ToBRFV) using Genome-Wide Association Studies. *Scientia Horticulturae*, 341, 113968. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2025.113968>
- van de Vossen, B. T. L. H., Dawood, T., Woźny, M., y Botermans, M. (2021). First Expansion of the Public Tomato Brown Rugose Fruit Virus (ToBRFV) Nextstrain Build; Inclusion of New Genomic and Epidemiological Data. *PhytoFrontiersTM*, 1(4), 359-363. <https://doi.org/10.1094/PHTOFR-01-21-0005-A>
- Yan, Z., Zhao, M., Ma, H., Liu, L., Yang, G., Geng, C., Tian, Y., y Li, X. (2021). Biological and molecular characterization of tomato brown rugose fruit virus and development of quadruplex RT-PCR detection. *Journal of Integrative Agriculture*, 20(7), 1871-1879. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(20\)63275-0](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(20)63275-0)

- Zhang, S., Griffiths, J. S., Marchand, G., Bernards, M. A., y Wang, A. (2022). Tomato brown rugose fruit virus: An emerging and rapidly spreading plant RNA virus that threatens tomato production worldwide. *Molecular Plant Pathology*, 23(9), 1262-1277. <https://doi.org/10.1111/mpp.13229>
- Zhao, X., Wu, J., Ma, Z., Shi, Y., Fang, Z., Wu, J., Yang, X., y Zhou, X. (2024). Development and application of monoclonal antibody-based dot-ELISA and colloidal gold immunochromatographic strip for rapid, specific, and sensitive detection of tomato brown rugose fruit virus. *Journal of Virological Methods*, 323, 114841. <https://doi.org/10.1016/j.jviromet.2023.114841>
- Zinger, A., Doron-Faigenboim, A., Gelbart, D., Levin, I., y Lapidot, M. (2025). Contribution of the tobamovirus resistance gene Tm-1 to control of tomato brown rugose fruit virus (ToBRFV) resistance in tomato. *PLoS Genetics*, 21(5), e1011725. <https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1011725>

### CONFLICTO DE INTERESES

“El autor declaran no tener ningún conflicto de intereses”.