

Un mal de raíz en las coles de México

Legnara Padrón Rodríguez y Mauricio Luna Rodríguez
Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Veracruzana.

Resumen:

El protozoo *Plasmodiophora brassicae* causa la enfermedad conocida como hernia de las crucíferas, afectando cultivos como el repollo, la coliflor y el brócoli en México. Este patógeno, que llegó a América con los colonizadores españoles, provoca abultamientos en las raíces de las plantas, dificultando su absorción de agua y nutrientes, lo que lleva a su debilitamiento y muerte. Para combatirlo, se utilizan estrategias como la rotación de cultivos, el aumento del pH del suelo y el uso de bacterias y hongos depredadores. Es crucial continuar investigando y capacitando a los agricultores para mitigar los daños causados por este protozoo.

Palabras clave: crucíferas, patógenos, raíces de las plantas, agricultores, enfermedad.

Abstract: The protozoan *Plasmodiophora brassicae* causes a disease known as clubroot, affecting crops such as cabbage, cauliflower, and broccoli in Mexico. This pathogen, which arrived in America with the Spanish colonizers, causes swellings in the roots of plants, hindering their absorption of water and nutrients, leading to their weakening and death. To combat it, strategies such as crop rotation, increasing soil pH, and using predatory bacteria and fungi are employed. It is crucial to continue researching and training farmers to mitigate the damage caused by this protozoan.

Keywords: cruciferous, pathogens, plant roots, farmers, disease.



Un protozoo dañino

Con frecuencia, vivimos preocupados por nuestra salud: asistimos regularmente al médico, nos sometemos a estudios, tomamos tratamientos preventivos, y sobre todo cuando padecemos alguna enfermedad. Sin embargo, casi nunca volteamos a ver la salud de los vegetales que consumimos habitualmente. ¡Ah sí!, ellos también se enferman, padecen los síntomas e incluso mueren, sobre todo, como resultado de la interacción con algunos insectos o microorganismos como hongos, bacterias y protozoos. Estos causan daños irreversibles en las plantas donde se hospedan, debido a la interacción negativa que se establece; de ahí que se con-

sideren patógenos (Caamal-Chan et al., 2020). Específicamente los protozoos se caracterizan por presentar zoosporas, que tienen cuerpo ovalado y dos colas para moverse hasta su hospedero (Figura 1).

México destaca por el cultivo de hortalizas en varios estados, principalmente en Guanajuato. Entre las más consumidas por nuestra población y que se exportan a nivel mundial están el repollo, la coliflor y el brócoli, conocidas como crucíferas. En 2021, en San Pedro Cholula, Puebla y en Lázaro Cárdenas, Tlaxcala, se detectó la presencia de una enfermedad que ya se conocía en los continentes asiático, europeo y norteamericano: la hernia de las



Figura 1. Ciclo de vida de *P. brassicae*. Tomada de: "Understanding the Genetics of Clubroot Resistance for Effectively Controlling this Disease in Brassica Species" por Hirani, A.H y Li, G. 2015.

crucíferas (Padrón-Rodríguez et al., 2022). Su nombre se debe a la presencia de abultamientos en las raíces de las plantas en forma de hernias, enfermedad causada por un protozoo llamado *Plasmodiophora brassicae*, identificado 1878 por el biólogo ruso Mikhail Stepanovich Woronin (Dixon, 2009).

Su historia en América

El protozoo *P. brassicae* tiene su propia historia. A pesar de su pequeño tamaño, fue capaz de atravesar océanos hasta llegar a nuestro continente. Tocó tierra acompañando a los colonizadores españoles, oculto en los brócolis y coliflores que traían para ser cultivadas aquí. ¡Qué astuto!, utilizó medios de transporte muy avanzados para la época, se estableció y colonizó nuevas tierras.

Superó la distancia, venció los obstáculos y el tortuoso camino hasta convertirse en un habitante más de nuestra América. Sí, un habitante dañino, pero con suficiente capacidad para adaptarse a nuevas condiciones y causar pérdidas significativas en los cultivos de crucíferas (Strelkov y Dixon, 2014). Como dice el dicho: "bicho malo nunca muere" y este llegó para quedarse.

Los conquistadores españoles trajeron consigo males que hasta la fecha no se han podido erradicar. De hecho, van a pasar muchos años para que logremos mitigar algunos de estos, pues en la agricultura moderna aún quedan huellas muy marcadas de esta etapa de la historia de nuestro continente.

El enemigo acecha

Para poder lidiar con este nuevo enemigo, necesitamos conocerlo, identificar los daños que causa y sus puntos débiles. Únicamente así podremos atacarlo por todos los flancos. Si se fortalece, no solo enfermará a las plantas, sino les causará la muerte en etapas tempranas de desarrollo. En la guerra como en el amor, todo se vale. Para que tengamos campos de crucíferas sanos, donde se produzcan cultivos saludables, se requiere combatir a *P. brassicae* utilizando todas las armas posibles.

Los patógenos pueden causar diferentes síntomas en las plantas, tanto en los tallos, como en las hojas o las raíces, de acuerdo con el sitio de contacto o la parte donde se alojen. En el caso del protozoo mencionado entra por las raíces para poder erradicarlo, debemos conocer su "modus operandi": se despierta en la tierra y es atraído por la planta al entrar en contacto con las sustancias químicas específicas de las raíces de las crucíferas (brassionesteroides y glucosinolatos), que desprenden un olor único y característico (Argento et al., 2019). Así es como deja de ser silencioso, llega a hospedarse y empieza a hacer de las suyas, debilitando el mecanismo de las plantas y destruyéndolas poco a poco.

Una vez dentro del cultivo, provoca una serie de síntomas en las crucíferas, como la malformación de las raíces por la presencia de abultamientos, el amarillamiento de las hojas y su caída temprana, así como retraso del crecimiento (Lüders, 2017). Estas malformaciones provocan que la planta no pueda absorber agua, ni nutrirse del suelo, por lo que se va debilitando (Figura 2). Los sínto-

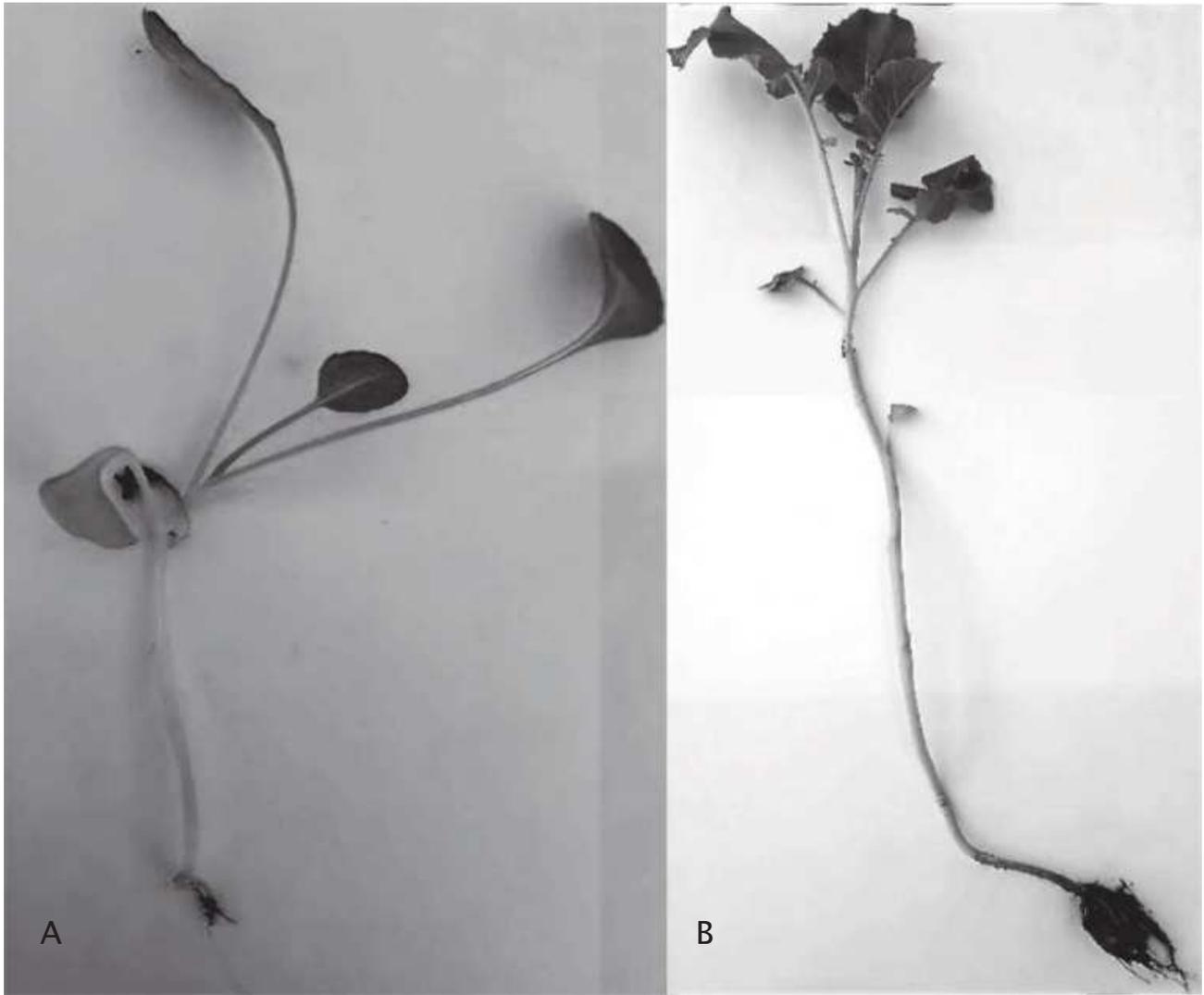


Figura 2. A: crucífera con amarillamiento causado por *P. brassicae* y B: crucífera sana. Fuente propia.

mas señalados repercuten en la apariencia y producción de los cultivos, lo que genera pérdidas irreparables para la economía de los productores y la producción agrícola del país.

Su camuflaje

P. brassicae presenta pequeñas proteínas conocidas como efectores de patogenicidad, que evitan que sea reconocido por las crucíferas al entrar en contacto con sus raíces, pues estos bloquean la defensa de las plantas ante su llegada (Jones y Dangl, 2006). Así le sirven de camuflaje a este patógeno para pasar desapercibido y salirse con la suya en el interior de su hospedero. Las plantas, por su parte, tienen mecanismos de defensa que se disparan al interactuar con un agente desconocido, pero en muchos casos no son efectivos por acción de los efectores.

Tal es el caso de este protozoo que es tan astuto y tiene tan buen camuflaje, que entra causando daños, logra reproducirse y enfermar a las crucíferas exitosamente. Su destreza para entrar a hospedarse es la clave de su éxito. Sin embargo, aún no se conoce bien cómo se expresan o qué función realizan estos efectores de patogenicidad durante el proceso de infección (Pérez-López et al., 2018), aspecto en el que hay que continuar profundizando.

A eliminar el mal

Ante lo expuesto, tenemos en nuestros campos a un enemigo al que hay que combatir. Tomando en cuenta tanto a sus adversarios como a sus aliados, las condiciones de campo que lo favorecen y el lugar de la planta por el que entra es necesario buscar alterna-

tivas viables y no concentrarnos en una sola. Si no somos capaces de identificar estos puntos, estaremos en desventaja y el protozoo en cuestión se aprovechará de nuestro desconocimiento para fortalecerse. Debemos unirnos en la lucha contra este patógeno, ya que en la unión está la fuerza.

Hasta el momento, solo se ha descrito el uso de estrategias de control amigables con la naturaleza para combatir al patógeno, basadas sobre todo en la rotación de cultivos, el aumento del pH del suelo, mediante el uso de cal para reducir su población, así como el empleo de bacterias u hongos que actúan como depredadores haciéndole frente (Chen et al., 2017). Otra medida de control ha sido la introducción de especies de crucíferas resistentes.

Probablemente todos hemos escuchado la frase "No hay peor ciego que el que no quiere ver". Mientras desviemos la mirada de algo que está afectando nuestros cultivos, estos patógenos y las enfermedades que causan, los van a seguir dañando y solo tendremos campos de crucíferas enfermas, con bajas producciones (Figura 3). La salud de los cultivos que consumimos a diario fortalece nuestra salud; de ahí la famosa frase "vida sana mente sana". ¡Rescatemos lo aprendido y cortemos los males de raíz!

Figura 3. Campo de brócoli con plantas afectadas por *P. brassicae* en San Pedro Cholula, Puebla.
Fuente propia.



A continuar trabajando

Al enemigo “ni un tantito así”, hay que conocerlo muy bien. Por eso es importante continuar estudiando a *P. brassicae* y llevar el resultado de nuestras investigaciones al principal estado productor de crucíferas en el país: Guanajuato. En dicho lugar nunca se ha estudiado a nuestro protagonista y se culpa al insecto palomilla dorso de diamante de todas las afectaciones en las crucíferas, principal plaga que los afecta a nivel nacional y mundial (Rodríguez-Rodríguez et al., 2022). Es casi seguro que el patógeno al que hacemos referencia esté causando daños, sin aún ser detectado. Además, es fundamental que los productores estén preparados y cuenten con las herramientas necesarias para poder combatir esta nueva enfermedad detectada recientemente en México.

Para cumplir con esta misión y reducir la incidencia del patógeno en los cultivos, es necesario conversar con los productores de la región de Guanajuato, de la misma forma como se hizo en Puebla y Tlaxcala, conocer sus opiniones y llegar a consensos, capacitar a los agricultores en el manejo adecuado de la enfermedad e informarles cómo actúa el patógeno que la causa. Por otro lado, es fundamental profundizar en el estudio de la genética del patógeno, lo que permitirá identificar si presenta alguna diferencia con respecto a los aislados obtenidos en otras regiones del mundo.

La ciencia encargada de su estudio

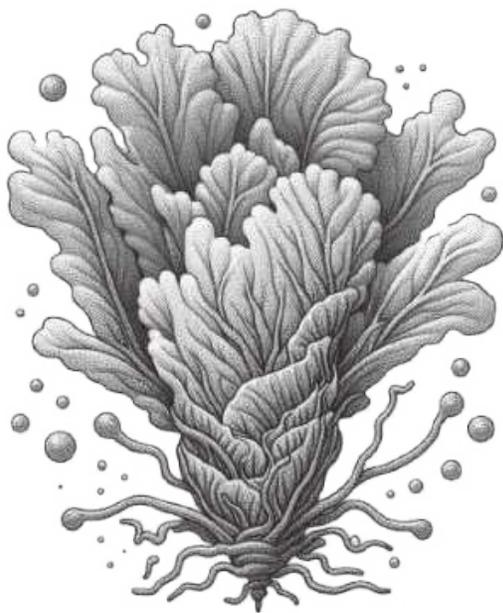
No podemos hablar de este y otros patógenos, ni de las enfermedades que causan en las plantas sin mencionar la ciencia que ha permitido su estudio desde su surgimiento

a mediados del siglo XIX: la fitopatología, ciencia que se basa en el diagnóstico y control de las enfermedades en las plantas y que se nutre de otras ciencias como la biología, la agronomía, la física, la química, por mencionar algunas (Burbano-Figueroa, 2020).

Por supuesto, tenía que existir una ciencia que, como la medicina para nosotros, estudiara las aflicciones y males de las plantas, puesto que estas son seres vivos y también primordiales para nuestra vida, al representar la principal fuente de alimentación, así como de ingresos. De ahí que, cuando se enferman o mueren, nos vemos afectados, no solo como individuos sino como población. Con la ayuda de la fitopatología, cada día se descubren más enfermedades en las plantas.

Aparte de los fenómenos que se van produciendo en la naturaleza como el calentamiento global o la presencia de gases de efecto invernadero, existen otros factores que afectan la salud de los cultivos como el uso desmedido de productos químicos que se utilizan a diario en nuestros campos. El abuso de productos químicos provoca que estos patógenos resistan más, de manera que, si queremos conservar nuestros campos lo más sanos posible, la fitopatología tiene que ir un paso adelante.

El pequeño invasor de las crucíferas es un ejemplo de resistencia, puesto que, aunque existen varios estudios centrados en su control, aún sigue latente y haciendo daño, por lo que nos queda mucho que aprender e investigar acerca de su comportamiento, cómo provoca la enfermedad en las crucíferas y cómo controlarlo. Para reducir su impacto en los cultivos, es necesario sumar esfuerzos.



La investigación y el campo

Como investigadores, parte de nuestra tarea consiste en llevar los resultados de nuestras investigaciones a los productores. Debemos informarles sobre la presencia de este y otros patógenos que habitan en sus parcelas, ya que, si solo investigamos para dejar nuestros hallazgos archivados y lograr mayor reconocimiento como investigadores, no estamos haciendo nada en beneficio de los demás. Los agricultores continuarán albergando al enemigo en sus parcelas, sin poder identificarlo y, a veces, sin saber cómo atacarlo.

Para lograr un objetivo común, debemos aprovechar la sabiduría de los productores, así como de las peculiaridades de cada uno de sus cultivos, puesto que su experiencia enriquece nuestros trabajos en la academia, al mismo tiempo que nosotros, a través de

talleres participativos, les mostramos lo que sabemos de este y otros patógenos, su forma oportunista de invadir los cultivos, sus mañas y algunas estrategias de manejo para combatirlos. Solo si las y los investigadores y los productores trabajamos mano a mano y somos responsables, tendremos campos de cultivos totalmente saludables.

Conclusión

Es necesario continuar profundizando en el tema, ya que el estudio del protozoo *P. brassicae* nos ayudará a evitar que se produzcan mayores daños en nuestras crucíferas. Requerimos combatirlo, al igual que lo están enfrentando en los cultivos de canola en Canadá. La investigación realizada por Padrón-Rodríguez et al. (2022), constituye un punto de partida para el estudio del patógeno en el país, un protozoo dañino que apenas se descubrió en México y, por tanto, poco se sabe de él.

Para lo anterior, nos queda un largo camino que recorrer, tomando en cuenta que, si bien existen muchos estudios sobre los protozoos que afectan a los humanos, como la ameba y los plasmodios, son escasas las investigaciones acerca de los protozoos que afectan a las plantas, a excepción de algunas sobre las gramíneas, la papa y determinadas hortalizas. Actualmente, no solo en Puebla y Tlaxcala se encuentra presente la hernia de las crucíferas, enfermedad que afecta los campos de brócoli, coliflor, col, al igual que otras hortalizas pertenecientes a este grupo.

Referencias y bibliografía

- Argento, S., Melilli, M.G. y Branca, F. (2019). Enhancing greenhouse tomato-crop productivity by using *Brassica macrocarpa* Guss. Leaves for controlling root-knot nematodes. *Agronomy*, 9(12), 1-13. doi: <https://doi.org/10.3390/agronomy9120820>.
- Burbano-Figueroa, O. (2020). Resistencia de plantas a patógenos: una revisión sobre los conceptos de resistencia vertical y horizontal. *Revista Argentina de Microbiología*, 52(3), 245-255. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ram.2020.04.006>.
- Caamal-Chan, M.G., Loera-Muro, A. y Barraza, A. (2020). ¿Las plantas también se enferman? Las defensas vegetales, una guerra constante contra los patógenos. *Recursos Naturales y Sociedad*, 6(2), 1-12. doi: <https://doi.org/10.18846/renaysoc.2020.06.06.02.0001>.
- Chen, S., Zhou, X., Yu, H. y Wu, F. (2017). Root exudates of potato onion are involved in the suppression of clubroot in a Chinese cabbage-potato onion-Chinese cabbage crop rotation. *European Journal of Plant Pathology*, 150(3), 765-777. doi: [10.1007/s10658-017-1307-5](https://doi.org/10.1007/s10658-017-1307-5).
- Dixon, G.R. (2009). The Occurrence and Economic Impact of *Plasmodiophora brassicae* and Clubroot Disease. *Journal Plant Growth Regulation*, 28, 194-202. doi: [10.1007/s00344-009-9090-y](https://doi.org/10.1007/s00344-009-9090-y).
- Hirani, A.H. y Li, G. (2015). Understanding the Genetics of Clubroot Resistance for Effectively Controlling this Disease in Brassica Species. En El-Shemy, H (Ed.), *Plants for the Future* (pp. 1-22). InTech.
- Jones, J.D.G. y Dangl, J.L. (2006). The plant immune system. *Nature*, 444, 323-329. doi: <https://doi.org/10.1038/nature05286>.
- Lüders, W. (2017): Analyses of virulence of European isolates of clubroot (*Plasmodiophora brassicae* Wor.) and mapping of resistance genes in rapeseed (*Brassica napus* L.), Ph.D. Dissertation, University of Giessen.
- Padrón-Rodríguez, L., Cerdán, C.R., Sánchez Coello, N.G., Luna-Rodríguez, M. y Pérez-López, E. (2022). *Plasmodiophora brassicae* in Mexico, from anecdote to fact. *Plant Disease*, 106, 1832-1836. doi: <https://doi.org/10.1094/PDIS-11-21-2607-RE>.
- Pérez-López, E., Waldner, M., Hossein, M., Kusalik, A. J., Wei, Y., Bonham-Smith, P. C. y Todd, C. D. (2018). Identification of *Plasmodiophora brassicae* effectors a challenging goal. *Virulence*, 9(1), 1344-1353. doi: [10.1080/21505594.2018.1504560](https://doi.org/10.1080/21505594.2018.1504560).
- Rodríguez-Rodríguez, J.F., Cerna-Chávez, E., Ochoa-Fuentes, Y.M., Landeros-Flores, J. y Guevara-Acevedo, L.P. (2022). Susceptibilidad a plaguicidas de la polilla de las crucíferas (*Plutella xylostella* L.) (Lepidoptera: Plutellidae) en el centro de México. *ITEA-Información Técnica Económica Agraria*, 118(1), 5-18.
- Strelkov, S.E. y Dixon, G.R. (2014). Clubroot (*Plasmodiophora brassicae*) on canola and other Brassica species – disease development, epidemiology and management. *Canadian Journal Plant Pathology*. 36(S1), 1-4. doi: [10.1080/07060661.2013.875338](https://doi.org/10.1080/07060661.2013.875338).