

Artículo de investigación

Aspectos epidemiológicos de la hernia de la col en tres especies de crucíferas en el Huerto de la Escuela Normal Superior de Pamplona, Norte de Santander

Epidemiological aspects of clubroot in three cruciferous species in the Garden of the Escuela Normal Superior de Pamplona, Norte de Santander

Claudia Lisec Gamboa Bautista¹; Leónides Castellanos González²

¹Tenólogo Agropecuario independiente, Mutiscua. Colombia. Correo: claudia.gamboa@unipamplona.edu.co, ORCID: <http://orcid.org/0009-0009-7721-6452>; ²Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Pamplona. Vía Bucaramanga Km 1. Pamplona. Colombia. Correo: leonides.castellanos@unipamplona.edu.com, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9285-4879>.

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue caracterizar, cuantificar y determinar la incidencia y la severidad de esta enfermedad hernia de las crucíferas causada por *Plasmodiophora brassicae* Woronin en comparación con la edad de los cultivos, el pH del suelo y la pendiente del terreno. Se realizaron muestreos periódicos en las tres crucíferas repollo, brócoli y coliflor y se recopilieron datos foliares y radiculares de la incidencia y la severidad de la enfermedad. Por medio de datos y analizando el comportamiento en campo de las plantas afectadas se observó que el repollo presentó la mayor incidencia y severidad de la enfermedad, según los datos del Área Bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad (ABCPE) en los dos tipos de pendientes (pendiente alta y pendiente baja). También se observó que el pH influyó en la incidencia de la enfermedad en repollo por encima de pH 7 a pesar de no encontrarse diferencia significativa. Tampoco hubo diferencia significativa entre las especies de cultivos, sin embargo, se observó una tendencia a ser mayor la incidencia y severidad de la enfermedad en las parcelas ubicadas en zonas de poca pendiente y donde se acumulaba más fácilmente el agua.

Palabras clave: signo, síntoma, severidad, incidencia, enfermedad, regresión.

ABSTRACT

The objective of the research was to characterize, quantify and determine the incidence and severity of clubroot disease caused by *Plasmodiophora brassicae* Woronin in comparison with the age of the crops, the pH of the soil and the slope of the land. Periodic sampling was carried out on the three cruciferous plants, cabbage, cauliflower and broccoli, and foliar and root data on the incidence and severity of the disease were collected. Through data and analyzing the field behavior of the affected plants, it was observed that cabbage presented the highest incidence and severity of the disease, according to data from the Area Under the Disease Progress Curve (ABCPE) in the two types of slopes (high slope and low slope). It was also observed that pH influenced the incidence of the disease in cabbage above pH 7 despite no significant difference being found. There was also no significant difference between crop species, however, a tendency was observed for the incidence and severity of the disease to be greater in plots located in areas of low slope and where water accumulated more easily.

Keywords: sign, symptom, severity, incidence, disease, regression.

Recibido: 22-09-2023

Aceptado: 28-11-2023

Publicado: 28-11-2023

Autor de correspondencia: Leónides Castellanos González

Correo electrónico: leonides.castellanos@unipamplona.edu.com

Introducción

El protozoo *Plasmodiophora brassicae* Woronin, es causante de la enfermedad comúnmente llamada hernia, el cual afecta a las plantas de la familia de las crucíferas (coliflor, brócoli, repollo), causando afecciones en las raíces al propiciar la elongación y división celular en los hipocótilos y la formación de agallas en las raíces de las plantas. Como resultado, las plantas infectadas no pueden obtener suficiente agua o nutrientes (Pengjie et al., 2019).

Plasmodiophora brassicae es un parásito obligado de plantas y habitante natural del suelo, éste es el agente causal de la hernia de las crucíferas, la cual es responsable de pérdidas a nivel mundial entre el 10 % y el 15 % en cultivos de especies crucíferas. Infecta el tejido radicular y estimula un crecimiento anormal en las partes afectadas. El tejido infectado restringe en manera significativa el crecimiento y también suelta esporas que pueden ser transferidas a otros campos (Padilla et al., 2020).

En Pamplona Norte de Santander y en los municipios cercanos se observan grandes pérdidas causadas por esta enfermedad debido a que en su gran mayoría estos municipios se dedican a la producción y comercialización de hortaliza en su gran mayoría cultivos como el brócoli, coliflor y repollo. El principal problema en suelo afectados por *P. brassicae* o la también conocida la hernia de la col es que puede permanecer en los suelos un aproximado de 20 años y esto impide volver a sembrar por un largo tiempo crucíferas en estos lotes (Castellanos et al., 2022).

A pesar de que se han realizado trabajos a nivel de laboratorio para conocer el patógeno y la eficacia de antagonistas como *Bacillus subtilis* y *Trichoderma* sp contra este (Castellanos et al., 2019), así como otros a nivel de campo para evaluar estos antagonistas bacterianos y fungosos contra la hernia mezclados con enraizantes (ANA) en brócoli y coliflor (Castellanos et al., 2020; Castellanos et al., 2022) muy poco se ha estudiado sobre la epidemiología de la enfermedad en general en Norte de Santander, tampoco con relación al pH del suelo. Existen referencias de que el pH alcalino detiene la enfermedad (Heinrich y Stone, 2014). Partiendo de estos antecedentes, el objetivo de este estudio fue evaluar la incidencia y severidad radicular y foliar de hernia de la col (*Plasmodiophora brassicae* Woronin) en tres especies de crucíferas; brócoli (*Brassica oleracea* var. Itálica), coliflor (*Brassica oleracea* var. botrytis) y repollo morado (*Brassica oleracea* var. capitata f. rubra) en el huerto de la Escuela Normal Superior de Pamplona-Norte de Santander en relación con la pendiente de las parcelas y el pH del suelo.

Materiales y métodos

Durante el segundo semestre del año 2023 se realizó un reconocimiento de los síntomas causados por *P. brassicae* en el brócoli, coliflor y repollo en el huerto de la Escuela

Normal Superior, en el municipio de Pamplona, Norte de Santander. Este huerto se encuentra ubicado a una altitud de 2228 msnm y una temperatura de 14,9 °C.

Se realizaron visitas semanales al huerto de la Escuela Normal Superior con el fin inicial caracterizar los síntomas de la hernia de la col (*P. brassicae*), así como determinar las variables de la enfermedad a nivel foliar y en las raíces.

Para estimar la incidencia y la severidad de la enfermedad causada por *P. brassicae* en el área foliar se llevaron a cabo muestreos cada 15 días en dos parcelas grandes (con alta pendiente (más de 30 %) y otra con pendiente media (entre 15 y 30 %) y donde estuvieran plantados los tres cultivos (brócoli, coliflor y repollo) en similares condiciones (pendiente y edad). En cada parcela de cultivo se marcaron diez (10) puntos cada uno de cinco (5) plantas. Las plantas se seleccionaron al azar, pero fueron marcadas con pintura roja en las hojas exteriores para dar seguimiento a la dinámica de la enfermedad desde el punto de vista de la sintomatología foliar. A cada planta se le otorgó un grado (grado 0; planta sana, grado 1; planta con marchitamiento muy incipiente, grado 2; planta con marchitamiento avanzado y crecimiento retardado y grado 3; planta muerta (Strelkov et al., 2006).

Para evaluar la incidencia y severidad en las raíces se muestrearon nueve parcelas (tres de cada cultivo de crucíferas) acto seguido después de la cosecha. En cada parcela se muestrearon 50 raíces de forma aleatoria y se le otorgó un grado: grado 0; planta sana, grado 1; hernias de tamaño pequeño menos de un 25 % de la raíz afectada, grado 2; hernias de tamaño mediano de 25 a 50 % de la raíz afectada y grado 3; hernias de tamaño mediano a grande en más del 50 % de la raíz (Strelkov et al., 2006).

Para estimar el porcentaje de incidencia de las afectaciones foliares y radicales, se utilizó la fórmula propuesta por Agrios (2005). En el caso de la severidad, se aplicó la ecuación Townsend y Heuberger, publicada por Ciba-Geigy (1981). Adicionalmente, se calculó el Área Bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad (ABCPE) para los datos foliares a lo largo del tiempo, empleando la fórmula de Campbell y Madden (1990).

Para determinar el pH de cada parcela, se recolectaron muestras de suelo en 25 puntos específicos, las cuales fueron cuidadosamente homogeneizadas. Posteriormente, las muestras se trasladaron al laboratorio de suelos para secarlas en el horno. Una vez secas, se tamizaron y se añadieron 50 mL de agua destilada a cada una. Las muestras se agitaron durante aproximadamente dos minutos y luego se dejaron reposar durante 15 minutos. Finalmente, se midió el pH utilizando un pH metro.

Los datos en las evaluaciones incidencia y severidad foliares se analizaron entre cultivos de crucíferas considerando las 5 plantas de cada parcela como repeticiones para cada pendiente y para la información radicular se consideró cada parcela de cada cultivo como repetición (3). Dado que los

datos no seguían una distribución normal, la comparación entre los grupos se realizó mediante la prueba de Kruskal-Wallis, estableciendo un nivel de significancia del 5%. Además, se realizaron ajustes de los datos de incidencia y severidad a modelos lineales mediante el uso del paquete estadístico SPSS.

Resultados y discusión

El cultivo que mostró mayor valor relativo de Área Bajo la Curva Epidemiológica fue el repollo en la pendiente alta, y aunque los valores del ABCPEI (repollo = 280, brócoli = 14, coliflor = 0) de las especies aparentemente son muy diferentes, estadísticamente no hubo diferencia estadística (Figura 1).

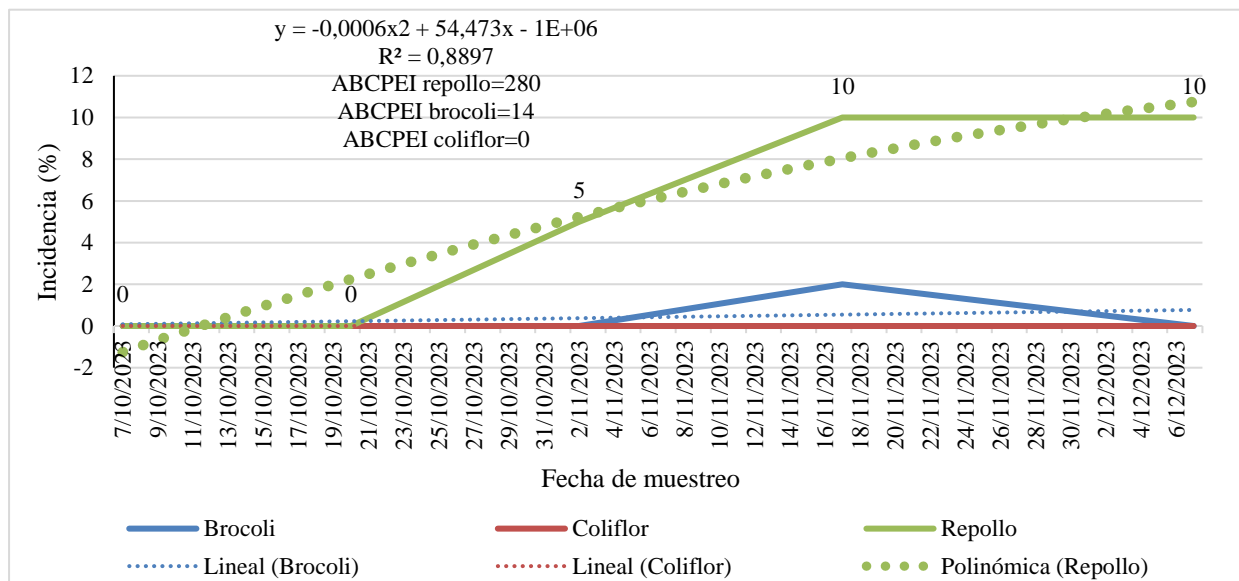


Figura 1. Incidencia foliar de la hernia de la col en tres especies de cultivo de crucíferas sembradas en un sitio con pendiente alta. Fuente: Autores.

El cultivo que mostró mayor área bajo la Curva epidemiológica para la severidad en la pendiente alta fue el repollo y aunque los valores del ABCPES (repollo= 112, brócoli=4,62, coliflor=0) de las especies aparentemente son

relativamente diferentes, estadísticamente no hubo diferencia significativa teniendo en cuenta que estos datos son tomados de la pendiente alta (Figura 2).

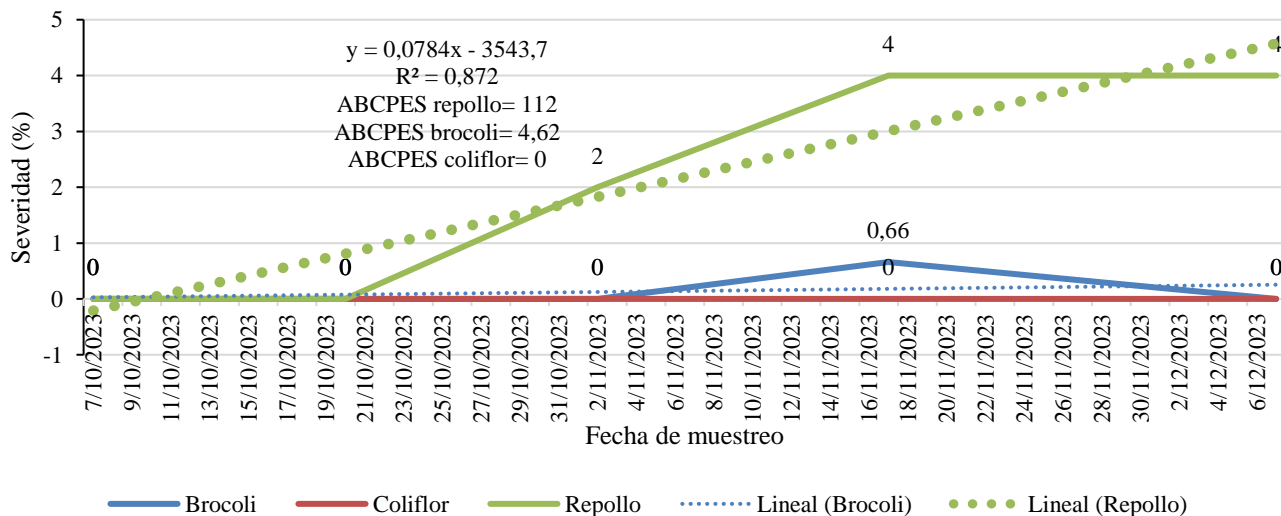


Figura 2. Severidad foliar de la hernia de la col en tres especies de cultivo de crucíferas sembradas en un sitio con pendiente alta. Fuente: Autor.

Gamboa y Castellanos: Aspectos epidemiológicos de la hernia de la col en tres especies de crucíferas

La mayor incidencia en el Área Bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad fue para el repollo (ABCPEI = 287). Los valores de R2 fueron significativos estadísticamente no

hubo diferencia significativa entre los tres cultivos (Figura 3).

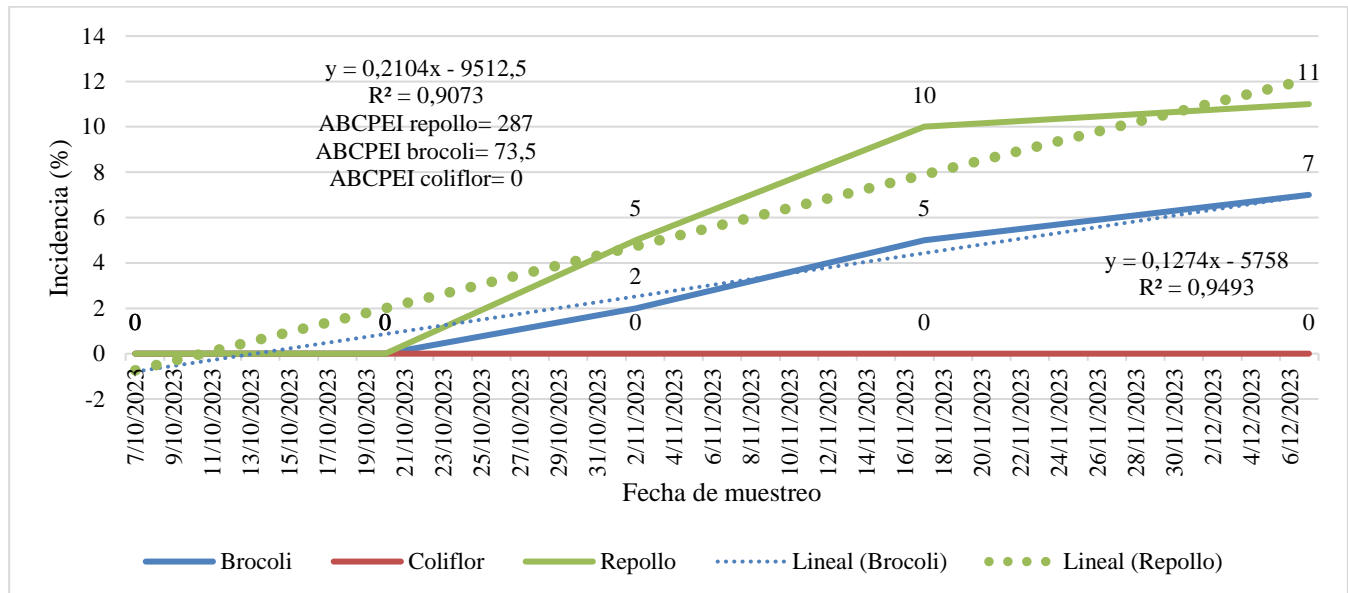


Figura 3. Incidencia foliar de la hernia de la col en tres especies de cultivo de crucíferas sembradas en un sitio con pendiente media. Fuente: Autor.

El cultivo que mostró mayor Área Bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad para la severidad fue el repollo (ABCPES = 119) en comparación brócoli (ABCPES = 35) y coliflor (ABCPES = 0). Para repollo y brócoli se obtuvieron ecuaciones lineales entre la severidad de la enfermedad y la

edad del cultivo con coeficientes de determinación (R2) de 0,94 para el primer cultivo y de 0,84 para el segundo, altos y significativos, lo que permite estimar la severidad de la enfermedad en función de la edad del cultivo (Figura 4).

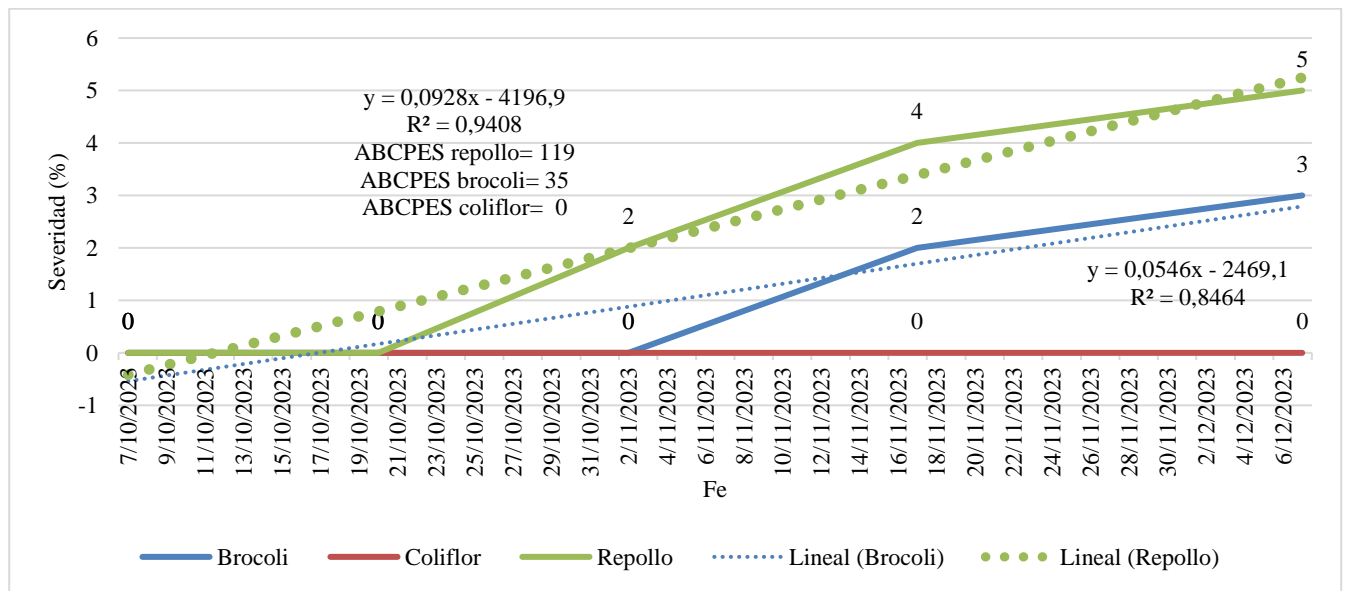


Figura 4. Severidad foliar de la hernia de la col en tres especies de cultivo de crucíferas sembradas en un sitio con pendiente media. Fuente: Autor.

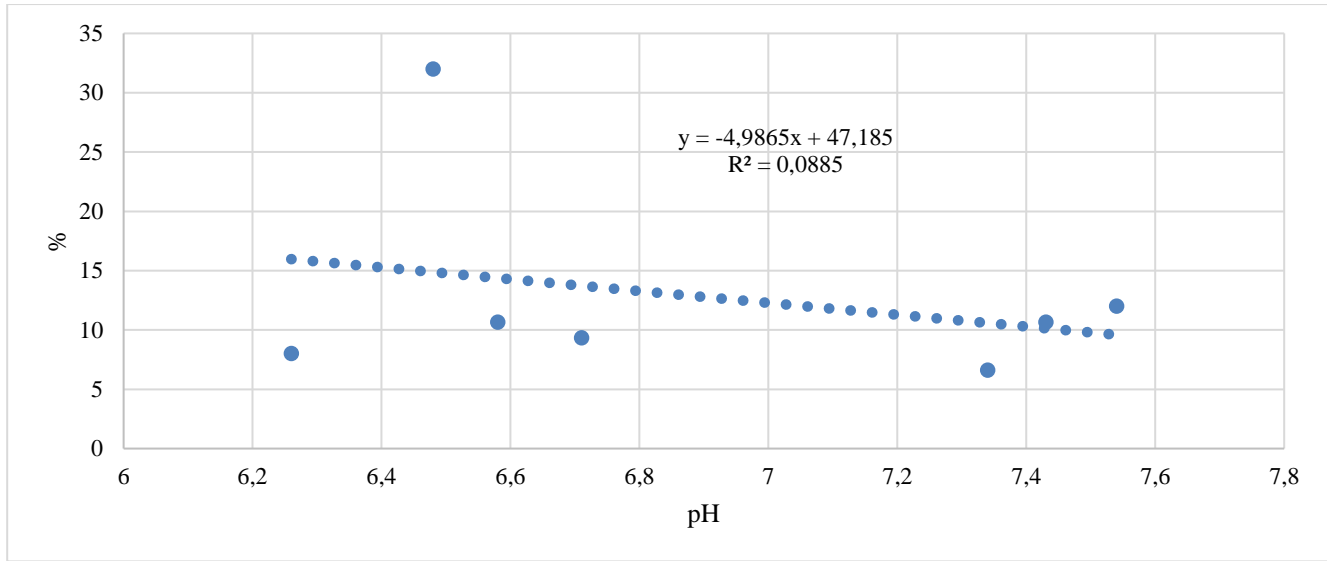


Figura 7. Relación entre la severidad de la hernia de la col en raíces con el pH en las tres variedades estudiadas con el pH del suelo. Fuente: Autor.

Puede observarse que tanto para la incidencia como la severidad los valores más altos ocurren en pH por debajo de 7, a pesar de que no hay una fuerte relación entre las variables existe como un umbral en $\text{pH}=7$.

Los presentes resultados se corresponden con Heinrich y Stone (2014), que demostraron que el encalado del suelo es un método efectivo para reducir la incidencia y severidad de la hernia, ubicando un pH de 7,1 como umbral en los suelos, y aunque no elimina al patógeno reduce la infección de la planta.

Donald et al. (2004) también plantea que el aumento de pH del suelo no elimina el patógeno del suelo contaminados, pero interfiere en el proceso de infección radicular, o sea, en la fase inicial de la enfermedad, y que las partículas más finas de los productos son más eficientes por reaccionar mejor con las superficies de las partículas del suelo, proporcionando un aumento de pH más eficiente. Niwa et al. (2007) e (ICA, 2012) también hacen referencia a que modificar el pH es fundamentales para el control de *P. brassicae*.

Los resultados obtenidos sobre la influencia de la pendiente y la respuesta de los distintos cultivos de crucíferas subrayan la necesidad de continuar investigando las curvas epidemiológicas en condiciones reales de campos de producción agrícola. Además, es esencial incrementar el número de observaciones para profundizar en el estudio de la relación entre la incidencia y la severidad de la hernia de la col y el pH del suelo en los tres cultivos más importantes de crucíferas en la provincia de Pamplona.

Conclusiones

El cultivo de repollo manifestó mayor valor relativo del ABCPE a nivel foliar tanto para la Incidencia como la Severidad, aunque no se pudo verificar diferencia estadística, también se manifestó una tendencia a ser mayores los valores de estas variables en la parte con pendiente más baja.

La incidencia y severidad radicular de la enfermedad en repollo duplicó el valor en brócoli y coliflor, aunque no hubo diferencia estadística, lo que sugiere la necesidad de profundizar en estudios similares en zonas más extensas

El resultado del análisis de regresión lineal entre la incidencia y la severidad y el pH como variable independiente, evidenció pendientes negativas, pero con valores no significativos de R^2 , por lo que no se puede estimar ni la incidencia ni la severidad de la enfermedad en las raíces en función del pH con las ecuaciones lineales obtenidas

Referencias

- Agrios, G. (2005). *Plant Pathology*. Elsevier Academic Press.
- Campbell, C., & Madden, L. (1990). *Introduction to Plant Disease Epidemiology*. John Wiley and Sons Inc.
- Castellanos González, L., Fuentes Rodríguez, Y., & Villamizar Valencia, C. J. (2022). Biological alternatives combined with Naphthaleneacetic Acid (NA) for the management of *Plasmodiophora brassicae* Woronin in cauliflower (*Brassica oleracea* L. var. *Botrytis*). *INGE CUC*, 18(1), 1-14.
- Castellanos-González, L., Fuentes, Y. Y., & Mondragón, Y. D. (2019). Comparación de la eficacia de tres antagonistas comerciales para el control de *Plasmodiophora brassicae* Woronin en condiciones de

- laboratorio. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 4(1), 22-28.
<https://ojs.unipamplona.edu.co/index.php/rcyta/article/view/903/1107>
- Ciba Geygi. (1981). *Manual de ensayos de campo en producción vegetal* (2a ed.). Basilea, Suiza:
- Donald, E. C., Lawrence, J. M., & Porter, I. J. (2004). Influence of particle size and application method on the efficacy of calcium cyanamide for control of clubroot of vegetable brassicas. *Crop Protection*, 23(4), 297-303.
- Heinrich, A., & Stone, A. (2014). Clubroot (*Plasmodiophora brassicae*) control strategies on brassicas: Oregon Processed Vegetable Commission Continuing Project Report, 2014. Recuperado de https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Heinrich%2C+A.%2C+%26+Stone%2C+A.+%282014%29.+&btnG=
- ICA. (2012). *Manejo fitosanitario del cultivo de hortalizas, medidas para la temporada invernal*. Bogotá: Camilo Ernesto Vásquez Gonzáles. Recuperado el 27 de agosto de 2018, de <https://www.ica.gov.co/getattachment/bb883b42-80da-4ae5-851f-4db05edf581b/Manejo-fitosanitario-del-cultivo-de-hortalizas.aspx>.
- Niwa, R., Kumei, T., Nomura, Y., Yoshida, S., Osaki, M., & Ezawa, T. (2007). Increase in soil pH due to Ca-rich organic matter application causes suppression of the clubroot disease of crucifers. *Soil Biology & Biochemistry*, 39(3), 778-785.
- Padilla Huertas, F. L. (2020). *Caracterización de los factores de riesgo asociados a la hernia de las crucíferas en los sistemas de producción de hortalizas en Colombia* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia).
- Pengjie, H., Wenyan, C., Shahzad, M., Xingyu, L., Yixin, W., Xumang, Y., & Yueqiu, H. (2019). *Plasmodiophora brassicae* root hair interaction and control by *Bacillus subtilis* XF-1 in Chinese cabbage. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1049964418304456#!>
- Strelkov, S. E., Tewari, J. P., & Smith-Degenhardt, E. (2006). Characterization of *Plasmodiophora brassicae* populations from Alberta, Canada. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 28, 467-474.

Ciencia y Tecnología Agropecuaria es una revista publicada por la Universidad de Pamplona bajo la licencia: [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/) (CC BY-NC-SA 4.0)

