

ARTÍCULO DE REVISIÓN

Revisión de experiencias pedagógicas en la enseñanza de la fitopatología

Review of pedagogical experiences in the teaching of plant pathology

Santiago Velásquez Murcia ¹

¹Licenciatura en Ciencias Naturales, Universidad de La Sabana, Chía, Cundinamarca, Colombia

RESUMEN. Este estado del arte recopila investigaciones sobre la enseñanza de la fitopatología en diversos contextos educativos, abarcando enfoques pedagógicos, conceptuales y metodológicos. El análisis bibliométrico, que comprende el periodo 1997-2021, evaluó categorías como país, año de publicación, tipo de documento, estrategias pedagógicas y nivel educativo de las experiencias de aprendizaje. Los hallazgos destacan a Colombia como líder en producción académica, con predominio de artículos científicos. Las estrategias más empleadas incluyen aprendizaje basado en proyectos, problemas y experiencias, implementadas principalmente en entornos universitarios. Además, se presenta un resumen narrativo de los estudios analizados, resaltando que la enseñanza de la sanidad vegetal en distintos niveles educativos promueve una comprensión interdisciplinaria de fenómenos y procesos científicos, integrando conocimientos de manera efectiva.

PALABRAS CLAVE: educación formal, estrategia de enseñanza, fitopatología.

ABSTRACT. This review compiles research on the teaching of plant pathology in various educational contexts, covering pedagogical, conceptual, and methodological approaches. The bibliometric analysis, which covers the period 1997-2021, evaluated categories such as country, year of publication, type of document, pedagogical strategies, and educational level of learning experiences. The findings highlight Colombia as the leader in academic production, with a predominance of scientific articles. The most commonly used strategies include project-based, problem-based, and experiential learning, which are primarily implemented in university environments. In addition, a narrative summary of the analyzed studies is presented, highlighting that the teaching of plant health at different educational levels promotes an interdisciplinary understanding of scientific phenomena and processes, thereby effectively integrating knowledge.

KEYWORDS: formal education, teaching strategy, phytopathology.

Para citar este artículo: Velásquez Murcia, S. (2024). Revisión de experiencias pedagógicas en la enseñanza de la fitopatología. *Ciencias Agropecuarias* 10(1), 17-34. <https://doi.org/10.36436/24223484.592>



Recibido: 23/06/2023 **Aceptado:** 20/12/2023 **Publicado en línea:** 10/01/2024
Contacto: Santiago Velásquez Murcia - santiagovemu@unisabana.edu.co

Introducción

El objeto de estudio de la fitopatología son las enfermedades asociadas a las plantas y los organismos patógenos, así como el control biológico (1). Las patologías vegetales se pueden identificar por medio de signos y síntomas observables de los individuos infectados y la presencia de estructuras reproductoras de los agentes patógenos (2). Este proceso de identificación se fundamenta en los postulados de Koch que exponen los criterios de interacción de un patógeno y la especie vegetal huésped. Este conocimiento profesional representa un insumo para la investigación de estrategias de control biológico que contrarresten a los patógenos y reduzcan sus efectos (3).

El panorama actual de la formación de profesionales en las áreas agropecuarias es complejo. Por ejemplo, en Estados Unidos investigadores vinculados a la Asociación Americana de Fitopatología (APS), precisan que se ha identificado una reducción en el número de estudiantes matriculados en programas de formación universitaria en el área de las ciencias agrícolas y ante esta problemática se han impulsado diversas estrategias innovadoras que permitan comprender la relevancia de la patología vegetal en escenarios locales y globales (4). En la misma línea, los reportes publicados por investigadores asociados a la Sociedad Británica de Patología Vegetal (BSPP), resaltan la importancia de la enseñanza de la fitopatología como un tema esencial en la enseñanza básica, ante los retos globales actuales de demanda de alimentos y productividad forestal, en un contexto de cambio climático (5,6).

Materiales y métodos

La metodología empleada en esta revisión consistió en la búsqueda de documentos académicos sobre enseñanza de la fitopatología en las bases de datos Google Scholar y Science Direct, empleando las ecuaciones de búsqueda “Enseñanza AND Fitopatología”, “Teaching AND Phytopathology” y “Teaching” AND “Plant Disease”. El periodo de tiempo del análisis bibliométrico fue entre 1997 y 2021. Las categorías de análisis son: país, año de publicación, tipo de documento, enfoque y/o estrategia de enseñanza y nivel educativo en el

que se desarrolló la experiencia de aprendizaje. Posteriormente, se presenta un resumen narrativo con los elementos más relevantes de cada una de las 51 experiencias recopiladas.

Resultados y discusión

Con respecto al país de publicación, de acuerdo con la figura 1, se identifica que Estados Unidos y Colombia son los países que cuentan con el mayor número de publicaciones en este campo.

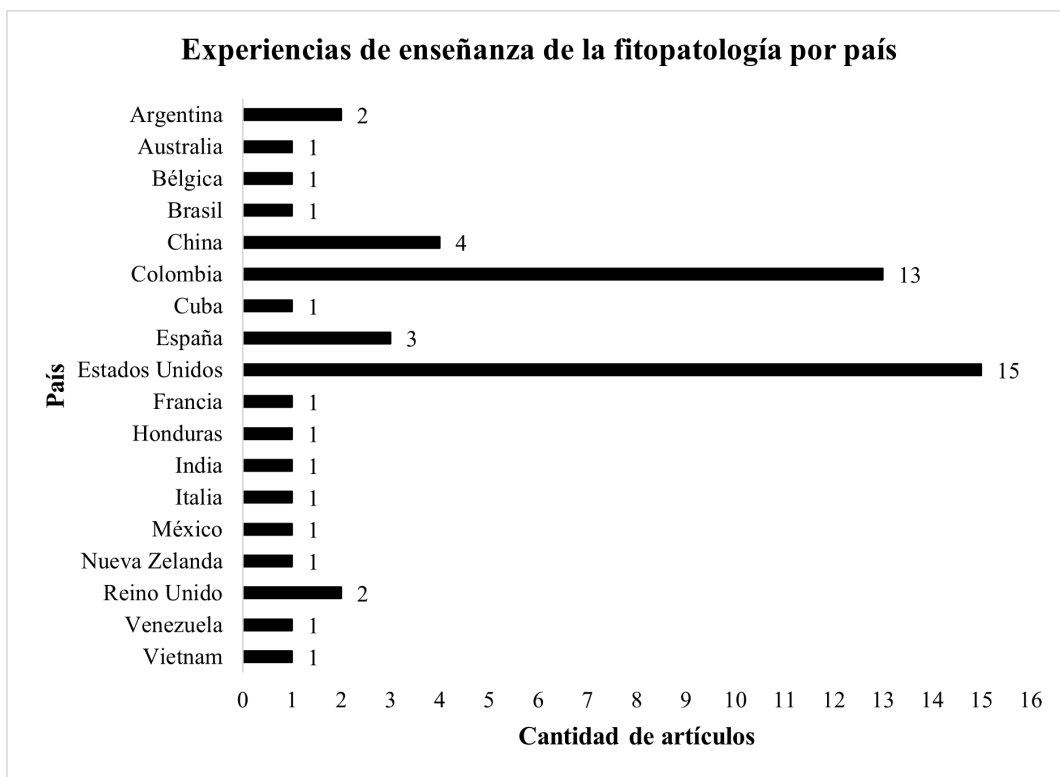


Figura 1. Artículos sobre enseñanza de la fitopatología y a fines por país
Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, el análisis del año de publicación presentado en la figura 2 no permite establecer una tendencia clara sobre la investigación en enseñanza de la fitopatología; sin embargo, se identifica que los años 2018 y 2021 fueron los de mayor producción académica en este campo.

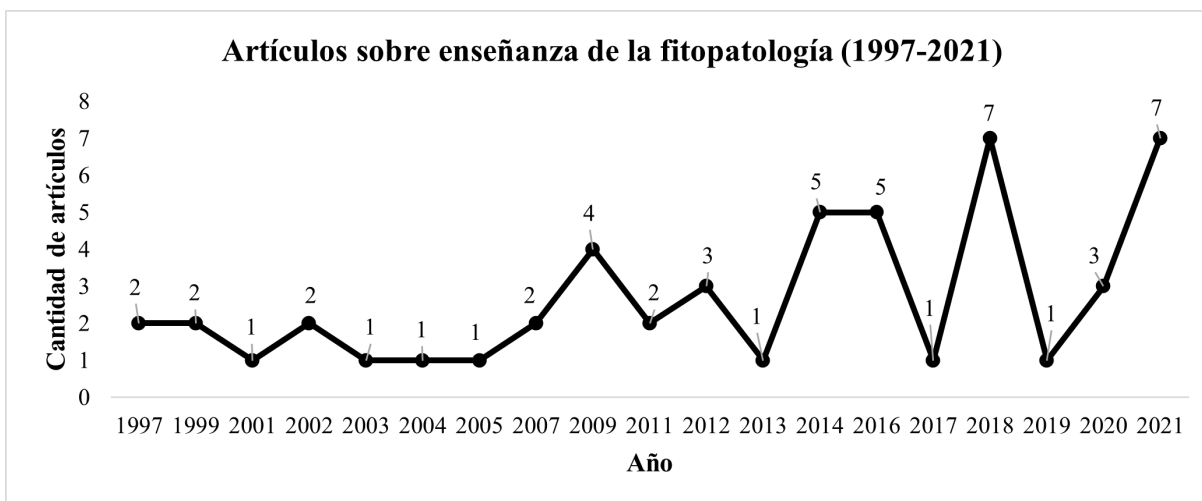


Figura 2. Artículos sobre enseñanza de la fitopatología por año

Fuente: Elaboración propia.

El análisis del tipo de documentos analizados permite establecer que, de acuerdo con la figura 3, los artículos académicos son la tipología más frecuente en las investigaciones sobre enseñanza de la fitopatología. Sin embargo, también es de destacar los aportes significativos de los trabajos de grado de pregrado y posgrado de profesores de ciencias naturales. Asimismo, en menor proporción se encuentran libros sobre fundamentos en fitopatología que abordan elementos conceptuales de esta disciplina de las ciencias agropecuarias.

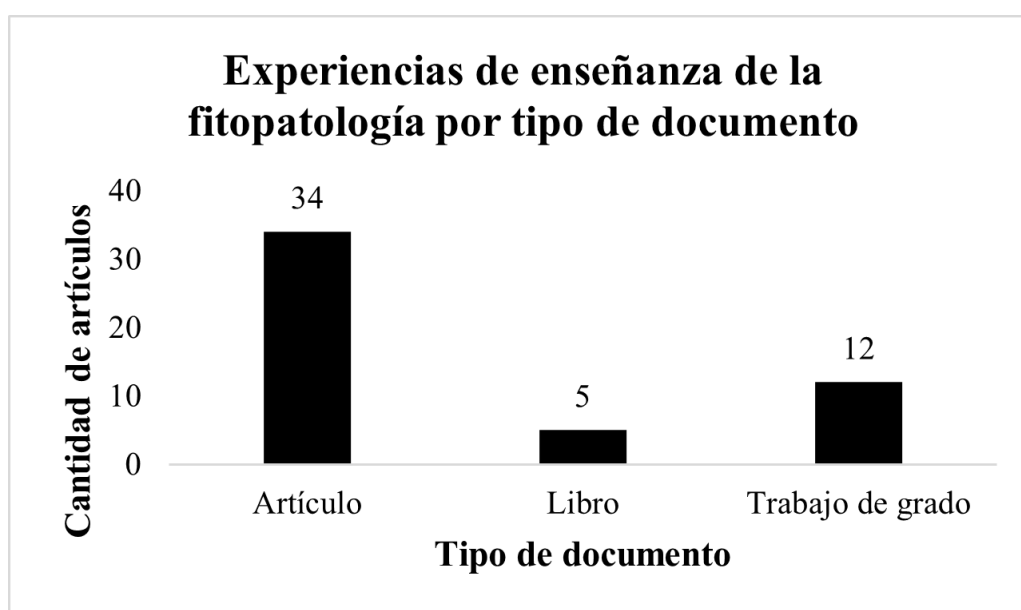


Figura 3. Tipos de documentos sobre enseñanza de la fitopatología reportados en la literatura

Fuente: Elaboración propia

Las estrategias de enseñanza mayormente implementadas en experiencias de aula sobre fitopatología son el aprendizaje basado en proyectos, en problemas y experiencial, con base en la figura 4. Los enfoques más reportados son las discusiones conceptuales, el desarrollo de habilidades de pensamiento científico y el aprendizaje significativo.

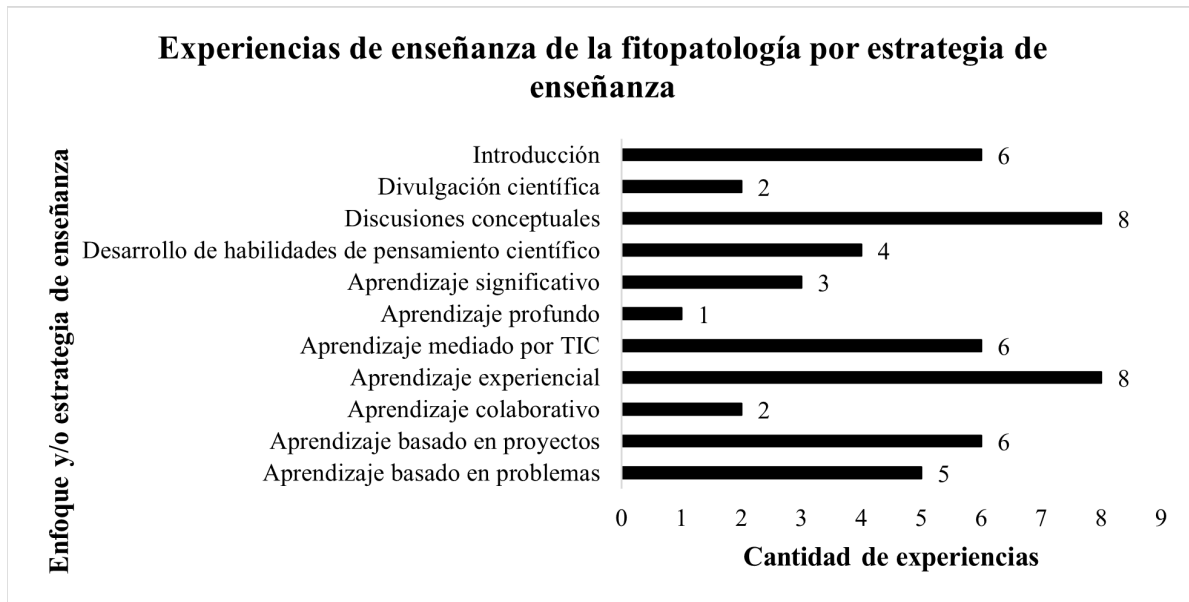


Figura 4. Enfoques y estrategias en la enseñanza de la fitopatología
Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, de acuerdo con la figura 5 es posible establecer que más de la mitad de los documentos reseñados desarrollaron experiencias de aprendizaje sobre fitopatología en entornos universitarios en carreras del campo de las ciencias agropecuarias. También, se destaca la importante proporción de experiencias desarrolladas en nivel secundario en las aulas de ciencias naturales. Finalmente, se reportan pocas experiencias en educación primaria y en escenarios educativos no convencionales.

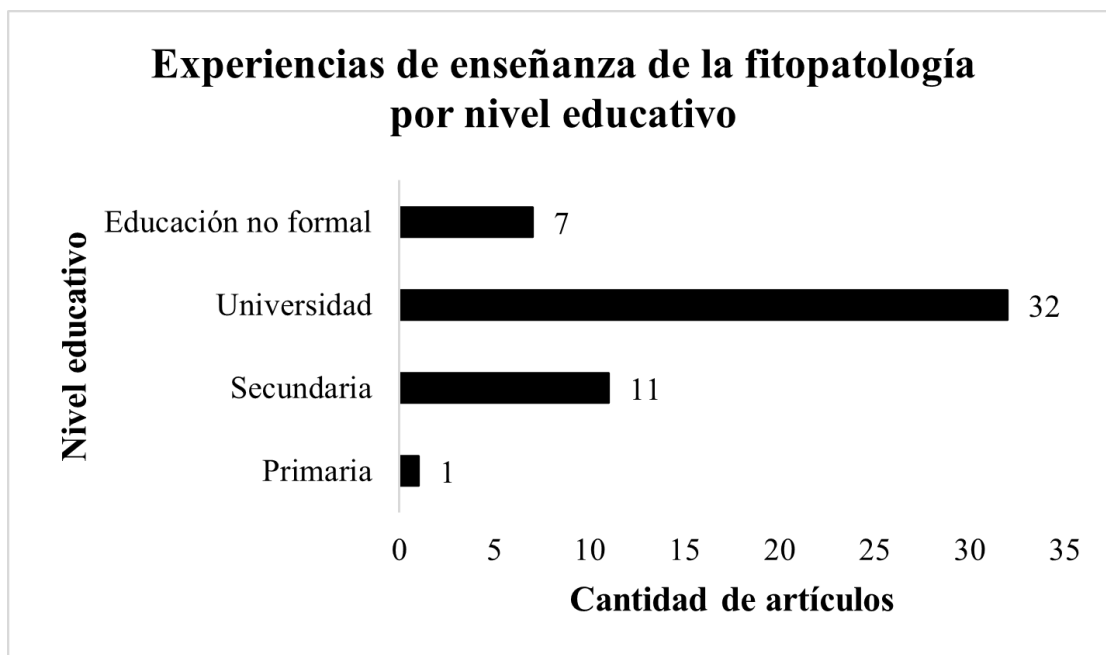


Figura 5. Investigaciones en enseñanza de la fitopatología por nivel educativo
Fuente: Elaboración propia

Dentro de las prácticas de enseñanza en fitopatología es relevante reflexionar de manera sistemática y rigurosa sobre las discusiones conceptuales de este campo. En primer lugar, es necesario categorizar las concepciones que existen en el aula. Por ejemplo, se identifican dificultades en la comprensión de conceptos estructurantes de la botánica como la fotosíntesis y la célula, que fueron abordados por medio de una unidad didáctica con estudiantes de educación secundaria (7). Ante estas dificultades en la comprensión de conceptos fundamentales asociados a la fitopatología, se destaca una experiencia en la que se abordan los conceptos de resistencia vertical y horizontal planteados por Van der Plank en la explicación de los mecanismos de defensa de las plantas ante los patógenos, contemplando los mecanismos biológicos asociados y factores externos determinantes (8). Las experiencias de aula citadas en esta categoría denotan la relevancia de reflexionar sobre los conceptos centrales en fitopatología y a partir de este análisis, configurar estrategias de enseñanza que aproximen a los estudiantes a concepciones más acertadas desde el punto de vista científico.

Estas discusiones de índole conceptual han trascendido a la esfera de las políticas curriculares sobre sanidad vegetal. Al respecto, se destaca que la nueva política educativa de India fomenta un enfoque multidisciplinario y competitivo en fitopatología, destacando su relevancia frente a desafíos globales en seguridad alimentaria y desarrollo profesional (9). Entre tanto, se identifica que la educación de posgrado en fitopatología enfrenta desafíos de preparación interdisciplinaria y recursos limitados, cruciales para abordar problemas globales como enfermedades emergentes y seguridad alimentaria (10). Desde una mirada más amplia, se destaca que la fitopatología, nacida de crisis agrícolas, enfrenta el reto de aumentar la conciencia pública y educar a estudiantes urbanos sobre su impacto en la seguridad alimentaria y la vida diaria (11). Finalmente, se identifica que los cursos básicos de fitopatología subrayan desalineaciones entre habilidades prácticas y blandas enseñadas y las demandas laborales, destacando áreas clave para mejorar la formación y la colaboración con empleadores (12).

El estado actual de las prácticas de enseñanza en fitopatología en distintos contextos educativos es objeto de estudio de diferentes organizaciones científicas, gubernamentales y educativas. En este sentido, en un contexto latinoamericano se destacan reportes de investigación enfocados a caracterizar la enseñanza de las enfermedades asociadas a las plantas en un contexto de formación superior técnica y universitaria, donde se evidencia el claro interés por el desarrollo de prácticas innovadoras que permitan al estudiante apropiarse los conceptos fundamentales en sanidad vegetal y aplicarlos en diversos escenarios para la búsqueda de soluciones a problemáticas centrales que se derivan de las plagas vegetales como las afectaciones a la seguridad alimentaria y la sostenibilidad de los agroecosistemas (13,14).

Aprendizaje significativo

Respecto a las categorías de análisis desde diferentes enfoques de la teoría del aprendizaje, la sistematización de prácticas de enseñanza orientadas al desarrollo del aprendizaje significativo evidencia la diversidad de enfoques y metodologías con posibilidad de implementación en diversos contextos para generar comprensiones en los estudiantes sobre conceptos y fenómenos asociados a las enfermedades de las plantas. En esta línea,

se resalta una experiencia de aula orientada al desarrollo de comprensiones acerca de la actividad patógena de algunos microorganismos en estudiantes de educación básica primaria, por medio de organizadores gráficos y recursos audiovisuales (15). En secundaria, otra experiencia de aula reportada en la literatura evidencia que la identificación de tejidos vegetales en el laboratorio, mediado por una cultura del descubrimiento, aproxima de manera más relevante a los estudiantes al estudio histológico de especies de plantas (16). En un contexto de formación universitaria, se destacan experiencias significativas que permiten al estudiante tener un panorama más amplio y aplicado de las problemáticas de sanidad vegetal en contextos reales, donde la interacción con los agricultores es un espacio de aprendizaje significativo (17).

Aprendizaje basado en problemas

Asimismo, el aprendizaje basado en problemas representa una metodología pertinente que ha sido implementada por investigadores en prácticas de enseñanza de las enfermedades de las plantas en distintos niveles educativos. Al respecto, se destaca una experiencia desarrollada en educación básica, en la cual se evidencia que los problemas generados por los microorganismos en ámbitos como la agricultura y la salud humana brindan elementos que permiten a los estudiantes construir comprensiones más profundas sobre la relevancia del estudio de la microbiología (18).

Bajo ese mismo objetivo, dos experiencias identificadas se fundamentan bajo la metodología de estudio de casos en un contexto de formación universitaria, que permite desarrollar la habilidad de diagnóstico de problemas fitosanitarios y motiva al estudiante a proponer alternativas de solución argumentadas (19,20). Entre tanto, otras experiencias demuestran que los enfoques basados en problemas mejoran la comprensión, el diagnóstico y la motivación en fitopatología mediante simulaciones, creación de casos y tareas reales (21), mientras que una experiencia alternativa sugiere que mejorar la formación docente y la eficiencia en la enseñanza de fitopatología del paisaje fomenta el interés estudiantil y mejora su capacidad de análisis y resolución de problemas (22).

Aprendizaje mediado por TIC

Por otro lado, el fortalecimiento del aprendizaje autónomo desde las prácticas pedagógicas mediadas por TIC se reporta en la literatura académica, en el marco del estudio de las enfermedades asociadas a las plantas en contextos de formación universitaria. En este sentido, un trabajo de grado es referente en el desarrollo del aprendizaje autónomo mediado por las TIC, por medio de la implementación de un sitio web que ofrece a los estudiantes recursos multimedia de apoyo, espacios de interacción y evaluación de los aprendizajes ante la necesidad de brindar instrumentos de retroalimentación a un gran número de estudiantes (23). En esta misma línea, se destaca una estrategia implementada en un curso de formación de pregrado, que evidencia el mejoramiento de los procesos de aprendizaje de los estudiantes al integrar elementos digitales, que sirven como insumo para los espacios presenciales de clase (24).

Asimismo, otras experiencias señalan que los avances tecnológicos y la colaboración mejoran la enseñanza de fitopatología, enfrentando limitaciones de recursos y aumentando el interés estudiantil en agricultura (25). El uso de objetos de aprendizaje digitales promueve enseñanza interactiva y reutilizable en fitopatología, integrando disciplinas para crear experiencias educativas memorables (26). Por otro lado, los podcasts, aunque poco usados, pueden comunicar eficazmente conceptos clave de fitopatología, ofreciendo una herramienta valiosa para programas de extensión (27). También, se destaca que el programa multimedia *Diagnosis for Crop Problems™* fomenta el aprendizaje profundo en fitopatología al permitir que estudiantes creen y resuelvan casos clínicos reales en entornos virtuales (28).

Aprendizaje experiencial

También, el aprendizaje experiencial como metodología que permite desarrollar comprensiones y habilidades en los estudiantes es esencial en el proceso de aprendizaje. En esta línea, las prácticas de laboratorio desempeñan un escenario que ofrece múltiples oportunidades a los estudiantes de interactuar directamente con el objeto de estudio o fenómeno, tal como lo refleja un estudio orientado a la validación de material didáctico destinado al desarrollo de prácticas de estudio sobre las patologías vegetales más comunes

en un contexto de formación universitaria en Estados Unidos (29). En el marco del cumplimiento de estos objetivos de enseñanza, se resalta una sistematización de una experiencia de aula en donde por medio de un proceso de investigación guiada se abordó el estudio científico y comprobación de la presencia de bacterias fijadoras de nitrógeno asociadas a las raíces de plantas leguminosas (30). En sintonía con la experiencia anterior, en un aula de básica secundaria en España se implementó un modelo didáctico-experimental orientado a la enseñanza de los postulados de Koch (relaciones huésped-patógeno), a través del estudio en laboratorio de los microorganismos causantes del marchitamiento de muestras de lechuga, donde la interacción directa con el fenómeno de estudio permite consolidar aprendizajes sobre los microorganismos fitopatógenos (31).

Asimismo, se destaca la experiencia de las Farmer Field Schools, en donde se capacitan a agricultores en manejo integrado de plagas, mejorando su comprensión de enfermedades y acceso a tecnologías mediante aprendizaje práctico y colaborativo (32). Por otro lado, se destaca el desarrollo de un curso de Fitopatología Agrícola que combina una guía docente, autoaprendizaje y experimentos innovadores, fomentando el estudio investigativo y el desarrollo integral de los estudiantes (33). A su vez, se identifica que los cursos de Protección Vegetal requieren un enfoque integrado y equilibrado entre teoría y práctica, destacando su relevancia en currículos agrícolas, biotecnológicos y de tecnología alimentaria (34).

Entre tanto, se reportan experiencias educativas que involucran el contacto directo con los agricultores, como es el caso de los talleres realizados en Cornell y Zamorano, en donde se capacitaron a productores en biología de enfermedades, fomentando manejo selectivo de pesticidas y generando soluciones innovadoras de control fitopatológico (35). Finalmente, en el marco de las investigaciones relacionadas con el aprendizaje experiencial, se destaca el desarrollo de un curso interactivo de Clínica de Plantas que combina diagnóstico de enfermedades y estrategias de protección vegetal, preparando a estudiantes de posgrado para retos en salud vegetal y biotecnología (36).

Aprendizaje basado en proyectos

Asimismo, el diseño, implementación y evaluación de proyectos de aula bajo la metodología del aprendizaje basado en proyectos, involucra al estudiante en la construcción del aprendizaje. En este sentido, se destaca una investigación de campo desarrollada en Estados Unidos por medio de un proyecto de aula orientado a la evaluación de la salud forestal en un bosque aledaño al contexto de intervención; los estudiantes de secundaria identificaron los síntomas asociados a diferentes patologías vegetales presentes en el terreno objeto de estudio. Este proceso favorece habilidades científicas y pone al estudiante en un rol activo como investigador (37).

En esta misma línea, un trabajo de grado realizado por profesoras de ciencias naturales en formación inicial de la Universidad Pedagógica Nacional de Colombia se enfocó en el análisis de la relación biológica entre un microhongo fitopatógeno y una especie de frailejón, y estuvo enmarcado bajo una metodología de investigación escolar con etapas específicas en el proceso y un producto final de carácter académico (38). Además, se destaca un proceso investigativo llevado a cabo en un contexto rural, cuyo objetivo esencial es la integración del conocimiento biológico y cotidiano de los estudiantes respecto a las especies vegetales de la región. Las tres experiencias anteriores ponen de manifiesto la relevancia de los proyectos de aula en el aprendizaje de las enfermedades asociadas a las plantas (39).

En la literatura académica también se presentan los resultados de investigación orientada a la implementación de un proyecto de validación de material didáctico en profesores de biología, sobre los procesos de fitorremediación del buchón de agua en humedales artificiales, logrando impactar la práctica pedagógica de los docentes en ejercicio (40). Asimismo, una unidad didáctica reportada en un repositorio institucional evidencia los resultados satisfactorios tras el desarrollo de un proyecto de obtención de extractos de interés de muestras vegetales para su posterior análisis fitoquímico con profesores de biología en formación inicial, logrando contextualizar un contenido de enseñanza a través de un proceso de investigación guiada (41). Igualmente, se resalta los aportes de un trabajo de sistematización enfocado en la enseñanza de los postulados de

Koch a través del análisis de laboratorio de los hongos asociados a hierbas específicas, que demuestra una mayor comprensión en los estudiantes sobre las interacciones hospedador-patógeno. En definitiva, el aprendizaje basado en proyectos brinda oportunidades de contextualizar la enseñanza de la fitopatología, en donde los estudiantes son protagonistas activos por medio de una investigación guiada en el aula (42).

Aprendizaje colaborativo

Además, en la literatura académica se evidencian diversas estrategias de enseñanza enmarcadas bajo la teoría de otros tipos de aprendizaje. En este sentido, se destaca una investigación desarrollada sobre las relaciones entre el cambio climático y las enfermedades vegetales en un entorno de aprendizaje colaborativo que propicia la construcción colectiva del conocimiento, por medio de la asignación de roles de diferentes actores involucrados en esta problemática global (43). Entre tanto, un estudio demostró que el aprendizaje cooperativo mejora el interés y rendimiento de los alumnos en horticultura y jardinería, superando la enseñanza tradicional (44).

Aprendizaje profundo (Deep Learning)

Desde otro enfoque teórico del aprendizaje y un contexto distinto, un trabajo enmarcado en el aprendizaje profundo evidencia los resultados positivos de la integración TIC en la detección y reconocimiento de patologías vegetales, y su consolidación en una base de datos de imágenes (45). Los dos anteriores enfoques desde el aprendizaje reflejan la diversidad de estrategias de enseñanza en fitopatología en el aula y su relevancia práctica.

Desarrollo de habilidades de pensamiento científico

Por otro lado, en el marco del desarrollo de habilidades de pensamiento científico en el aula, la enseñanza de las enfermedades asociadas a las plantas representa una oportunidad que integra múltiples ramas de las ciencias naturales. Evidencia de la anterior postura es una experiencia de aula sistematizada en donde la validación e implementación de material didáctico potencia el desarrollo de las habilidades de observación y descripción en estudiantes de educación secundaria (46). También, desde la formulación de hipótesis como habilidad inherente a la actividad científica se destacan dos trabajos publicados en la

revista *The American Biology Teacher*, ambos orientados a potenciar la formulación de hipótesis en estudiantes de secundaria, a través del estudio de la interacción hospedador-patógeno en muestras vegetales sometidas a técnicas de análisis en laboratorio (47,48). Además, la modelización como habilidad esencial en la enseñanza de las ciencias es desarrollada en un artículo publicado a través de la implementación de un modelo experimental de estudio del concepto de resistencia inducida, modelada por la enfermedad en plantas de frijol por el virus del mosaico del tabaco (TMV). Las investigaciones citadas en esta categoría dan cuenta de las posibilidades de potenciar las habilidades científicas en la escuela a través del estudio de la fitopatología (49).

Divulgación científica

Adicionalmente, un proceso esencial que está inmerso dentro de la actividad científica es la divulgación del conocimiento científico. Ante esta necesidad, un sinnúmero de plataformas digitales dirigidas a diversas audiencias representa un importante canal de comunicación de la ciencia, que permite, por un lado, consolidar evidencias de investigación y por otro, acercar dichos resultados a demás personas. Precisamente, una investigación desarrollada en el marco del Año Internacional de la Sanidad Vegetal y marcado por un contexto de pandemia evidencia la importancia de promover recursos educativos digitales abiertos al público en general, sobre el análisis fotográfico y microbiológico de los organismos asociados a las enfermedades de especies vegetales presentes en una zona verde en Francia.

En este proceso, los estudiantes participantes desempeñaron el rol de investigadores, en donde identificaban las especies presentes y tomaban material fotográfico de los síntomas y signos identificados. Estas evidencias de aprendizaje se encuentran actualmente disponibles en la red social Twitter (50). Por tanto, esta experiencia significativa de divulgación resalta la necesidad de compartir el conocimiento en patología vegetal con otras personas para motivar el aprendizaje en este campo y construir comunidades de estudio. Finalmente, otra experiencia reportada se relaciona con el uso de realidad mixta en la enseñanza de tecnología aplicada a UAV (Vehículo Aéreo No Tripulado),

que mejora la calidad formativa, optimiza recursos y ofrece experiencias interactivas y escalables en protección agrícola y forestal (51).

Conclusiones

En síntesis, el proceso de sistematización de la literatura científica evidencia la relevancia de las prácticas de enseñanza en fitopatología en diversos contextos educativos, en relación con los retos a nivel local y global en la demanda de alimentos y la sostenibilidad agroecológica. Dentro de este campo de conocimiento, se evidencian discusiones epistemológicas que requieren de una revisión rigurosa por parte de los profesores investigadores. Con base en la revisión de prácticas de enseñanza, la integración TIC es un elemento común, con resultados satisfactorios en el proceso de aprendizaje.

Además, se reflejan los múltiples enfoques desde la teoría del aprendizaje que se han abordado desde las estrategias de enseñanza, logrando aproximar a los estudiantes con los procesos biológicos asociados a las interacciones hospedador-patógeno. También, queda de manifiesto que la patología vegetal es un tópico que permite potenciar las habilidades científicas en el aula. Finalmente, se resalta la divulgación de las ciencias como proceso mediador que permite educar a las personas sobre las enfermedades asociadas a las plantas.

Financiamiento

El autor no declara fuente de financiamiento para la realización de este artículo.

Declaración de conflictos de interés

El autor declara que no existe ningún potencial conflicto de interés relacionado con el artículo.

Utilización de Inteligencia Artificial

El autor declara que no se emplearon herramientas de generación de contenido por Inteligencia Artificial para la elaboración del artículo.

Referencias

1. Buriticá PE. Las enfermedades de las plantas y su ciencia en Colombia (Internet). Universidad Nacional de Colombia; 1999 [citado el 5 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/11800>
2. López CE. Fitopatología molecular (Internet). Universidad Nacional de Colombia; 2007 [citado el 3 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/79853>
3. Agrios GN. Fitopatología. México, D.F.: Limusa; 2016.
4. MacDonald J, Allen C, Gadoury D, Jacobi W, Kelemu S, Moyer J, et al. Education in Plant Pathology: Present Status and Future Challenges. *Plant Dis.* 2009;93(12):1238–51.
5. Hird D. Plant pathology education and training in the UK: an audit (Internet). The British Society of Plant Pathology; 2012 [citado el 17 de junio de 2023]. Disponible en: <https://www.bspp.org.uk/wp-content/uploads/2019/05/2012-audit.pdf>
6. Walport M, Boyd IW, Heathwaite AL. Animal and Plant Health in the UK: Building our science capability [Internet]. 2014 [citado el 7 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://tinyurl.com/35fcpvbe>
7. González C. Unidad didáctica para la enseñanza y aprendizaje de la Botánica en estudiantes de grado séptimo [Internet]. Universidad Nacional de Colombia; 2016 [citado el 2 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/59228>
8. Burbano-Figueroa O. Resistencia de plantas a patógenos: una revisión sobre los conceptos de resistencia vertical y horizontal. *Rev Argent Microbiol.* 2020;52(3):245–55.
9. Chattopadhyay C. Plant pathology in the era of new education policy: challenges and opportunities. *Indian Phytopathol.* 2021;74(3):587–95.
10. Fletcher J, Gamliel A, Gullino ML, McKirdy SJ, Smith GR, Stack JP. A fresh look at graduate education in Plant Pathology in a changing world: global needs and perspectives. *J Plant Pathol.* 2020;102:609–18.
11. Schumann GL, D'Arcy CJ. Plant pathology courses for agricultural awareness. *Plant Dis.* 1999;83(6):492–501.
12. Richter BS, Poleatewich A, Hayslett M, Stofer K. Finding the gaps: An assessment of concepts, skills, and employer expectations for plant pathology foundational courses. *Plant Dis.* 2018;102(10):1883–98.
13. Herrera Isla L, Mayea Silverio S. La enseñanza de la sanidad vegetal en Cuba. *Fitosanidad.* 2002;6(3):47–53.
14. Mujica H, Zambrano Y. Enseñanza del control biológico de plagas en las escuelas agropecuarias. Caso Escuela Técnica Agropecuaria “AREGUE” Estado Lara. *Paradigma.* 2012;33(1):67–82.
15. Rozo González JC. Trabajo Práctico: Recurso que propicia el aprendizaje significativo sobre diversidad y ecología microbiana en estudiantes de grado cuarto (4o) del colegio Champagnat de Bogotá. *Bio-grafía.* 2011;4(6):1–18.
16. Murillo LJ. Estrategia didáctica para la enseñanza de la histología vegetal mediada por la microscopía con el uso de las TIC [Tesis de maestría en Internet]. Universidad Nacional

- de Colombia; 2020 [citado el 18 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/75730>
17. Zapata E. La escuela de campo, como estrategia de aprendizaje significativo de un tema de sanidad vegetal (Tesis de maestría en Internet). Universidad Nacional de Colombia; 2014 [citado el 19 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/21605>
 18. Quiroz K. El aprendizaje basado en problemas para la enseñanza de los microorganismos en el grado 6o [Tesis en Internet]. Universidad Nacional de Colombia; 2018 [citado el 22 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/68847>
 19. Yadav A, Beckerman JL. Implementing Case Studies in a Plant Pathology Course: Impact on Student Learning and Engagement. *J Nat Resour Life Sci Educ.* 2009;38(1):50–5.
 20. Quintana de Quinteros SL, Bejarano NV, Gallardo CB. Una propuesta para la enseñanza por competencias, de la disciplina Sanidad Vegetal, en Agronomía [Internet]. Universidad Nacional de La Plata; 2012 [citado el 28 de mayo de 2023]. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/21627>
 21. Lian L, Zhang R, Chen X. Application of cooperative learning method in classroom teaching of Plant Protection - taking the main pathogenic species and disease types of plant diseases as an example. *IOP Conf Ser Earth Environ Sci.* 2021;705(1):012035.
 22. He X, Wang W. Teaching reform and practice of landscape plant pathology. En: *Proceedings of the 2021 2nd International Conference on Modern Education Management, Innovation and Entrepreneurship and Social Science (MEMIESS 2021)*; 2021.
 23. Alcalde MA. Fitopatología 2.0, aprender sin coincidir en el tiempo y el espacio: una alternativa metodológica para la enseñanza de la Fitopatología [Internet]. 2017 [citado el 16 de junio de 2023]. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/65099>
 24. Suárez B. Desarrollo de recursos multimedia de autoaprendizaje relacionados con la identificación y detección molecular de organismos patógenos en el ámbito del Diagnóstico en Fitopatología [Internet]. Universidad de Salamanca; 2016 [citado el 1 de junio de 2023]. Disponible en: <https://gredos.usal.es/handle/10366/130689>
 25. Schumann GL. Innovations in teaching plant pathology. *Annu Rev Phytopathol.* 2003;41:377–98.
 26. Curtis CR, Blevins D, O’Hanlon N, Green C. The Disease Triangle as a Reusable Learning Object [Internet]. The Ohio State University. Disponible en: <https://kb.osu.edu/handle/1811/4849>
 27. Lim M, Swenson R. Talking plants: Examining the role of podcasts in communicating plant pathology knowledge. *J Appl Commun.* 2021;105(2).
 28. Galea V, Stewart T, Norton G. Diagnosis for Crop Problems™: Reverse application of a multimedia program designed for clinical teaching to create a tool for deeper learning in students. En: *ETL Conference*; 2004.
 29. Nichols T. Vegetable Disease Identification Lesson Plan A Senior Project [Internet]. California Polytechnic State University; 2014 [citado el 13 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://digitalcommons.calpoly.edu/agedsp/68>

30. López Pérez JP, Boronat Gil R. Aspectos básicos de la fijación de nitrógeno atmosférico por parte de bacterias. Estudio en el laboratorio de educación secundaria. *Rev Eureka Enseñ Divulg Cien.* 2016;13(2):334-46.
31. Robledo D'Angelo O. Enfermedad de marchitamiento fúngico en plántulas de lechuga: un modelo didáctico-experimental para la enseñanza de los postulados de Koch. *Rev Eureka Enseñ Divulg Cien.* 2016;13(3):680-5.
32. Nelson R, et al. Working with resource-poor farmers to manage plant diseases. *Plant Dis.* 2001;85(7):684-95.
33. Shi M, Yang R, Lu N, Deng P. Construction of "Guided-Learning" and Reformation on Practice Education of "Agricultural Plant Pathology" Based on Data Statistics. En: *Advances in Computer Science, Environment, Ecoinformatics, and Education.* CSEE 2011. Springer; 2011.
34. Gullino M. Teaching Plant Pathology and Disease and Pest Management for University Students: Some Considerations After Thirty Years of Experience. En: *Symposium Paper (Education: Pest Management)*; 2009.
35. Sherwood S. Little things mean a lot: Working with Central American farmers to address the mystery of plant disease. *Agric Hum Values.* 1997;14:263-78.
36. Maraite H, Bragard C, Legrève A. Plant clinics and phytopathology training. En: *Knowledge and Technology Transfer for Plant Pathology.* Springer; 2009. p. 75-90.
37. Bal TL. Forest Health Detectives. *Am Biol Teach.* 2014;76(8):536-41.
38. Corredor Rodríguez NM, Delgadillo Pulido LS. Caracterización de la relación ecológica del frailejón-microhongo fitopatógeno en el Parque Natural Nacional Chingaza... [Tesis en Internet]. Universidad Pedagógica Nacional de Colombia; 2019 [citado el 3 de mayo de 2023]. Disponible en: <http://repository.pedagogica.edu.co/handle/20.500.12209/10130>
39. Camargo Becerra JV. Proyecto de aula "Aprende de las Plantas". [Tesis en Internet]. Universidad Pedagógica Nacional de Colombia; 2018 [citado el 30 de mayo de 2023]. Disponible en: <http://repository.pedagogica.edu.co/handle/20.500.12209/10490>
40. Muñoz Trujillo CV, Novoa Pardo SK. El humedal artificial como material educativo para la enseñanza de la fitorremediación... [Tesis en Internet]. Universidad Pedagógica Nacional de Colombia; 2018 [citado el 1 de junio de 2023]. Disponible en: <http://repository.pedagogica.edu.co/handle/20.500.12209/10509>
41. Castiblanco Rojas FA. Unidad didáctica para la enseñanza de conceptos asociados a la Fitoquímica... [Tesis en Internet]. Universidad Pedagógica Nacional de Colombia; 2014 [citado el 30 de mayo de 2023]. Disponible en: <http://repository.pedagogica.edu.co/handle/20.500.12209/1857>
42. Mitchell JK, Orsted KM, Warnes CE. Fun Microbiology: Using a Plant Pathogenic Fungus to Demonstrate Koch's Postulates. *Am Biol Teach.* 1997;59(9):574-7.
43. Shigenaga AM, Kroh GE, Argueso CT. Plant Disease & Climate Change. *Am Biol Teach.* 2021;83(3):174-9.
44. Lian L, Zhang R, Chen X. Application of cooperative learning method in classroom teaching of Plant Protection... En: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*; 2021.

45. Barbedo JGA. Factors influencing the use of deep learning for plant disease recognition. *Biosyst Eng.* 2018;172:84–91.
46. Rodríguez Díaz MA. Unidad didáctica para la enseñanza de la microbiología en el aula [Tesis en Internet]. Universidad Pedagógica Nacional de Colombia; 2013 [citado el 24 de mayo de 2023]. Disponible en: <http://repository.pedagogica.edu.co/handle/20.500.12209/1811>
47. Schenck T, Villani P. Investigating Plant Pathogen Responses: Using a Common Moss and a Soil Pathogen to Demonstrate Plant Defense Mechanisms. *Am Biol Teach.* 2018;80(1):35–9.
48. Hirsch RL, Miller S, Halterman D. An Inquiry-Based Investigation of Bacterial Soft Rot of Potato. *Am Biol Teach.* 2018;80(8):594–9.
49. Goetsch E, Mathias C, Mosley S, Shull M, Brock D. Induced Pathogen Resistance in Bean Plants: A Model for Studying “Vaccination” in the Classroom. *Am Biol Teach.* 2002;64(1):58-62.
50. Suffert F, Suffert M. “Phytopathological strolls” in the dual context of COVID-19 lockdown and IYPH2020: transforming constraints into an opportunity for public education about plant pathogens. *bioRxiv* [Preprint]. 2021 [citado el 3 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2021.02.03.429201v2>
51. Xu Z. Application of MR Technology in Teaching: A Case Study of UAV Agriculture & Forestry Plant Protection Curriculum. *Plant Dis Pests.* 2021;12.