



EXPERIENCIA SOBRE LA ENSEÑANZA DE LA REMEDIACIÓN DE SUELOS EN LA POSTPANDEMIA: NUEVOS ENFOQUES Y METODOLOGÍAS

Graciela M. L. Ruiz-Aguilar

*División de Ciencias de la Vida, Campus Irapuato-Salamanca,
Universidad de Guanajuato
gracielar@ugto.mx*

Sergio Jacinto Alejo López

*División de Ciencias de la Salud e Ingenierías, Campus Celaya-Salvatierra,
Universidad de Guanajuato
sj.alejo@ugto.mx*

Rafael Alejandro Veloz García

*División de Ciencias de la Salud e Ingenierías, Campus Celaya-Salvatierra,
Universidad de Guanajuato
rafaveloz@yahoo.com.mx*

Área temática: A.17) Educación Ambiental para la sustentabilidad

Línea temática: 14. Educación ambiental y COVID-19 (Pandemia – pos-pandemia)

Tipo de ponencia: Intervención educativa sustentadas en investigación



Resumen

La enseñanza de la remediación de suelos en un mundo postpandemia presenta desafíos que requieren nuevas metodologías y recursos tecnológicos para garantizar la formación efectiva de los estudiantes. La educación en línea se ha convertido en un aliado para continuar con el proceso de enseñanza-aprendizaje en el aula, especialmente para aquellas situaciones donde el estudiante no puede asistir o reforzar los temas vistos en clase, sin embargo, presenta desafíos como la pérdida de interacción social y la falta de prácticas presenciales. Para abordar estos desafíos, se han propuesto soluciones como el uso de videos y materiales multimedia para mejorar la comprensión de los conceptos, la creación de comunidades virtuales para fomentar la colaboración y el aprendizaje interactivo en línea. Estas opciones han permitido a los estudiantes de Ingeniería Ambiental de la Universidad de Guanajuato, una experiencia más inmersiva y realista, mejorar la comprensión de los conceptos, generar una mayor motivación y participación en el proceso de aprendizaje. Asimismo, interactuar con estudiantes que se encuentran fuera del municipio y que participan de manera sincrónica. Los procesos de evaluación se transformaron en un proceso continuo y casi imperceptible para el estudiante, lo que ha vuelto el proceso de enseñanza-aprendizaje más libre y sin la presión que representa un examen. Se considera

importante seguir explorando y desarrollando soluciones creativas y efectivas para abordar los desafíos de la educación híbrida y asegurar la calidad del aprendizaje en la remediación de suelos que permita al futuro ingeniero la toma de decisiones en el mundo real.

Palabras clave: Ambiente educativo, Educación de jóvenes, Enseñanza de las Ciencias, Solución de problemas, Postpandemia

Introducción

La remediación de suelos es un tema crucial en la actualidad, especialmente en un mundo postpandemia donde la seguridad alimentaria y la salud humana son preocupaciones importantes (Gomez-Eyles et al., 2020). La contaminación del suelo puede tener graves consecuencias para el medio ambiente y para la salud pública, por lo que es fundamental contar con estrategias efectivas de remediación (Baldock et al., 2016; EPA, 2020; Harvey, 2019).

Sin embargo, a pesar de la importancia de la remediación de suelos, aún existen muchos desafíos para su enseñanza y aprendizaje efectivo. Por ejemplo, la diversidad de contaminantes y la complejidad de los procesos de remediación pueden dificultar la comprensión del tema para los estudiantes (EPA, 2020; Harvey, 2019). Además, la pandemia de COVID-19 ha generado cambios en la forma en que se enseña y aprende, lo que puede haber afectado la educación en este campo (Gomez-Eyles et al., 2020; Hernández-Ruiz y Mancilla-Villa, 2021). Por lo que surgen desafíos en términos de la modalidad de enseñanza, la accesibilidad a las herramientas y tecnologías necesarias y la integración de prácticas de enseñanza seguras y efectivas (García, 2021; García-Castro y Vicente, 2020; Jung et al., 2021).

Para abordar estos desafíos, se presenta una reflexión sobre el diseño de una intervención educativa que tiene como objetivo mejorar el aprendizaje de la remediación de suelos en la postpandemia. Se discuten los principales desafíos y oportunidades asociados con este contexto y se presentan estrategias pedagógicas y herramientas tecnológicas para mejorar la calidad de la enseñanza. La intervención educativa se basa en un enfoque participativo y colaborativo que integra el aprendizaje práctico, el uso de tecnologías de la información y la comunicación. Se espera que esta intervención educativa ayude a los estudiantes a desarrollar habilidades prácticas y teóricas en la remediación de suelos, al mismo tiempo que se adaptan a las demandas del mundo postpandemia.

Desarrollo

La intervención educativa diseñada para la enseñanza de la remediación de suelos en la postpandemia se basó en un enfoque participativo y colaborativo, considerando lo propuesto

por García (2021). Se buscó que los estudiantes adquirieran conocimientos fundamentales y aplicarlos a situaciones prácticas en la remediación de suelos, adaptándose a las demandas del mundo postpandemia. Se aplicó a los estudiantes de sexto semestre o más avanzados que cursan la unidad de aprendizaje (UDA) Remediación de Suelos, del programa educativo de licenciatura en Ingeniería Ambiental, de la División de Ciencia de la Vida, Campus Irapuato-Salamanca, de la Universidad de Guanajuato.

Esta intervención se aplicó desde el retorno presencial en el periodo de enero del 2022 hasta marzo del 2023, en grupos que oscilaban entre 10 a 16 estudiantes. En el primer año sólo se contó con la participación de estudiantes de manera presencial de la sede El Copal, en la ciudad de Irapuato, Guanajuato, México; y para el semestre enero-junio 2023, se complementó con la participación de estudiantes de la sede Tierra Blanca, en la ciudad de Tierra Blanca, Guanajuato, México; centro y norte del estado respectivamente. Estos últimos de manera sincrónica dado la distancia que implica el traslado para impartir la clase de manera presencial y la ausencia de profesores adscritos en la sede.

La clase se imparte de manera híbrida-sincrónica mediante el uso de la plataforma MS Teams®, donde los estudiantes tienen la opción de asistir de manera híbrida o bien, seguir los videos que se suben en la plataforma MS-Teams. Las actividades que se generan durante la clase están abiertas a todas y todos los estudiantes en cualquier momento y se dejan las ligas para su participación en el chat de la clase. La plataforma cuenta con carpetas donde se pueden consultar los materiales, rúbricas y videos de manera libre y en el momento que el estudiante lo desee, con tiempos para su conclusión. Se prefirió el uso de herramientas de Microsoft® (Sway, OneNote, Forms, Flipgrid) dado que la Universidad cuenta con la licencia y es gratuito su uso para los integrantes de la comunidad. La asistencia presencial es opcional y se generó un acuerdo al inicio de cada semestre que, por temas de salud o personales, se puede participar de manera sincrónica o a distancia, siempre bajo el conocimiento del profesor. Esto permite participar en el proceso de aprendizaje sin demorar al resto de la clase. Además de ser empático por las situaciones derivada de la pandemia, que hicieron que el alumnado tuviera que trabajar, ser cuidadores de adultos enfermos, responsables de sus propios hermanos o contagiarse por COVID-19 y requerir el confinamiento voluntario.

El diseño conceptual de la intervención se basó en tres componentes principales (García, 2021; Jung et al., 2021; Moreno, 2019): el aprendizaje teórico, la discusión en grupo y la resolución de problemas. Estos componentes se integran en un enfoque transversal que permite el desarrollo de habilidades interdisciplinarias y la aplicación de conocimientos a situaciones prácticas. Se emplearon diferentes estrategias pedagógicas para fomentar la participación activa de los estudiantes en el proceso de aprendizaje (Jung et al., 2021; Moreno, 2019). Además, se fomentó la retroalimentación constante, tanto entre los estudiantes como del docente hacia los estudiantes.

- a. El aprendizaje teórico se lleva a cabo en la clase, donde los estudiantes adquieren los conocimientos teóricos necesarios para la remediación de suelos. Se utiliza una metodología

participativa, en la que los estudiantes tienen un rol activo en la construcción de su propio conocimiento.

- b. La discusión en grupo se utiliza para complementar el aprendizaje teórico y permitir a los estudiantes intercambiar ideas y puntos de vista sobre temas relevantes en la remediación de suelos. Se utilizan técnicas de moderación para fomentar la participación y el debate constructivo.
- c. La resolución de problemas se utiliza para aplicar los conocimientos teóricos adquiridos a situaciones prácticas (Moreno, 2019). Se utilizan casos prácticos y problemas reales de remediación de suelos para que los estudiantes trabajen en equipo y desarrollen habilidades para la toma de decisiones. Se complementa con el uso de herramientas digitales.

El seguimiento de la experiencia se llevó a cabo mediante la observación directa del proceso de aprendizaje, la recopilación de evidencias y la retroalimentación de los estudiantes. Se utilizaron rúbricas de evaluación para valorar el desempeño de los estudiantes en cada uno de los componentes de la intervención.

La evaluación de la experiencia se centró en el análisis de los resultados obtenidos por los estudiantes en la adquisición de conocimientos y habilidades prácticas. Se utilizaron técnicas de evaluación cualitativas y cuantitativas, como fueron trabajos prácticos, ensayos, ejercicios, videos, mapas conceptuales, presentaciones orales y proyectos, para medir el progreso de los estudiantes en la adquisición de conocimientos y habilidades en la remediación de suelos (García et al., 2019; Peng et al., 2018). Se emplearon diferentes herramientas de evaluación, como encuestas y entrevistas digitales, para evaluar la experiencia de los estudiantes en la intervención educativa. De manera complementaria se empleó el Kahoot®, el Mentimeter® y Playposit® como herramientas de evaluación y generación de dinámicas que permitieron evaluar el progreso tanto individual como grupal. Se buscó identificar los puntos fuertes y débiles de los módulos impartidos, así como las oportunidades de mejora para futuras intervenciones educativas similares.

A continuación, se describen los resultados alcanzados. Sobre el tema de la adquisición de conocimientos y habilidades en la remediación de suelos, se encontró que los estudiantes lograron adquirir los conocimientos fundamentales, incluyendo la identificación de contaminantes y su posible toxicidad, las técnicas de remediación y la evaluación de la factibilidad de aplicación del tren de tratamiento o tecnología aplicada. Se encontró que los estudiantes prefirieron actividades sobre las que se les permitía el uso de la tecnología sobre las que tenían que dibujar o escribir a mano. En la Figura 1 se presentan ejemplos de las tareas o consignas asignadas en la clase, se observa el uso de colores y la falta de estos en los trabajos elaborados manualmente en algunos de los estudiantes. Si bien la mayoría de los estudiantes prefería el uso de colores e imágenes del internet, esto se reflejaba más al momento de trabajar con power point que en la propia libreta.

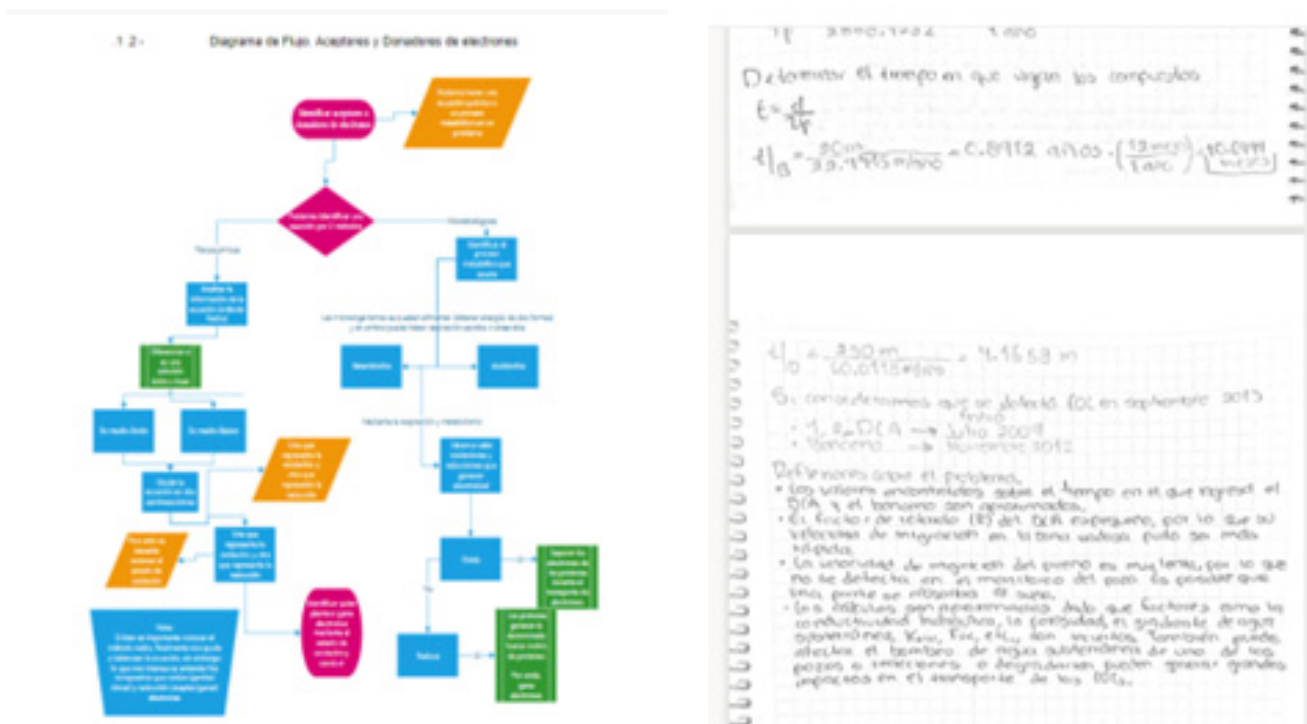


Figura 1. Imágenes de trabajos entregados por los estudiantes, en la izquierda un diagrama de flujo y la derecha la solución a un problema.

La gran mayoría de las actividades se trabajaron en equipo, lo que permitió comunicar sus ideas y hallazgos de una manera directa o indirecta (a través del chat). Esto fue notable conforme avanzaba el semestre dado que se sentía un ambiente de confianza entre los compañeros y se respetaban las ideas de todos. Esto se evidenció con el desarrollo de cuentos y “poemas” donde el estudiante tenía que usar su creatividad para narrar una historia sobre algún proceso de tratamiento y describir sus características (Figura 2). Si bien en un momento se cuestionaba el cómo generar un documento de esa naturaleza, al presentarle ejemplos de otros temas o de trabajos de compañeros de otros semestres, se entendió la actividad y los espectadores se encontraban más atentos para este tipo de actividades de aquellas donde se hacía una presentación en Power point por ejemplo.



Figura 2. Ejemplo de un cuento elaborado por los estudiantes para explicar el proceso de composteo de compuestos orgánicos tóxicos.

Se buscó que los estudiantes fueran capaces de aplicar sus conocimientos y habilidades adquiridos en situaciones reales. Lo que incluyó la capacidad de identificar y evaluar los problemas de contaminación del suelo en la vida real a través de elaborar un video a partir de noticias que encontró en la red (Figura 3); así como la capacidad de diseñar un proceso de tratamiento de remediación de manera efectiva con el apoyo de ruletas, juegos de mesa virtuales, competencias entre equipos, etc. Los problemas por resolver implicaron diferentes situaciones incluyendo áreas urbanas, rurales y en zonas industriales. Se espera que los estudiantes en un futuro puedan aplicar sus habilidades en contextos internacionales, dado que se les presentaban textos en inglés y casos mundiales, por lo que se espera que entiendan el impacto en el mundo postpandemia.

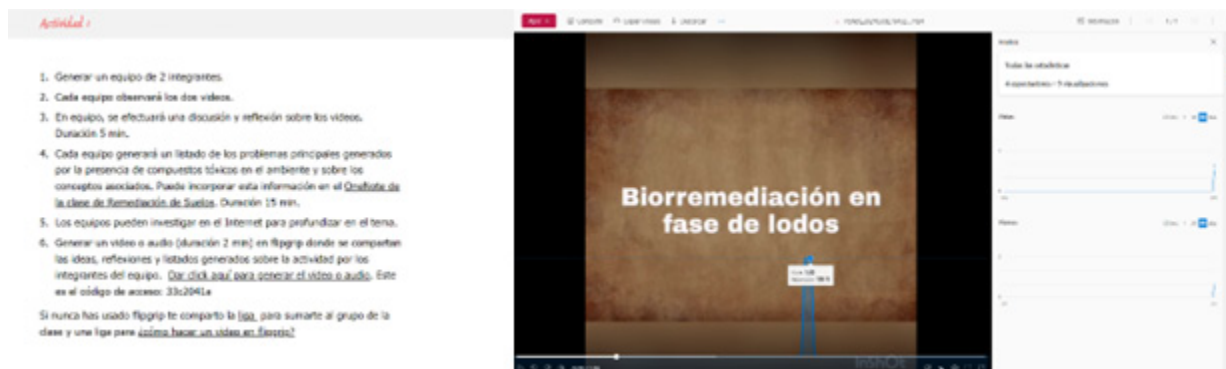


Figura 3. Ejemplo de una actividad en Sway® que involucraba la elaboración de un video. En la imagen derecha se aprecia la posibilidad de consultar las vistas y duración de estas.

Se procuró fomentar el desarrollo de habilidades sociales y de comunicación en los estudiantes. A través del trabajo en equipo y la discusión en grupo, los estudiantes tuvieron la oportunidad de desarrollar habilidades de comunicación y resolución de conflictos. Estoy último cuando para un mismo problema se encontraron con diferentes soluciones para resolverlo y se requirió de tomar la decisión de cual o cuáles, eran la(s) mejor(es) propuesta(s) de tratamiento. Si bien se manifestaron inconformidades, estas no generaron conflictos adicionales entre los estudiantes dado que los equipos se constituían por diferentes integrantes cada vez. Lo que les permite entender que en el mundo laboral no siempre estarán desarrollando actividades con personas de su agrado y aun así tendrán que ser profesionales (Gomez-Eyles et al., 2020).

La evaluación continua del desempeño se generaba en dos momentos, al inicio de la clase donde se pedía a los estudiantes que definieran los temas básicos de la clase anterior y durante el desarrollo de esta, dado que se les pedía aportaran los conceptos y justificaran sus respuestas a partir de los aprendizajes obtenidos con conceptos previos. Todo esto siempre invitando al estudiante a ampliar su respuesta o pedir el apoyo de otro estudiante para concretarla o reforzarla. Esto permitió al docente identificar las fortalezas y debilidades de los estudiantes y ajustar el proceso de enseñanza y aprendizaje para mejorar el aprendizaje de los alumnos. Por lo que las actividades lúdicas se ajustaron a cada momento y se mejoraron para los siguientes semestres a partir de lo vivido en el aula (García-Castro y Vicente, 2020). En la mayoría de las actividades se incluía un breve cuestionario de tres preguntas donde se le cuestionaba al estudiante si le había gustado la actividad (Figura 4), que podría mejorarse y si le gustaría repetirla. Lo anterior a través de escalas de valor y se daba la oportunidad de generar comentarios si así lo consideraba pertinente el alumno (Figura 5).

1. ¿Qué le ha parecido la presentación?

☆ ☆ ☆ ☆ ☆

2. ¿Cómo clasificaría cada categoría de presentación?

	1	2	3	4	5
Diseño de la dispositiva	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Habilidad del orador	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Contenido	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Interacción con el público	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

3. Escriba aquí sus comentarios

Escriba su respuesta

1. ¿Qué le ha parecido la presentación? *

5 Estrellas representan que le pareció excelente. 1 estrella que le disgustó

☆ ☆ ☆ ☆ ☆

2. ¿Cómo clasificaría cada categoría de presentación? *

5 representa que le pareció excelente. 1 que le disgustó

	1	2	3	4	5
Diseño de la dispositiva	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Habilidad del orador	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Contenido	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Interacción con el público	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

3. Escriba aquí sus comentarios (opcional)

Escriba su respuesta

A
B

Figura 4. Ejemplo de uno de los cuestionarios en MS Forms® antes (A) y después (B) de la retroalimentación de los estudiantes, donde se utilizaron escalas de valor que se compartieron al final de una actividad.



Figura 5. Ejemplo de las respuestas que se generaron dentro de una actividad donde se muestra que la gran mayoría mantuvo una postura neutral.

Conclusiones

La remediación de suelos es una práctica crucial para abordar la degradación del medio ambiente y garantizar la sostenibilidad del planeta. Sin embargo, el mundo actual se enfrenta a nuevos desafíos, incluyendo los retos que dejó la pandemia que ha alterado las formas tradicionales de aprendizaje. Por lo tanto, es necesario la enseñanza de la remediación de suelos mediante el desarrollo de habilidades teóricas y prácticas en los estudiantes, para que puedan enfrentar los desafíos que implica la remediación de suelos en un contexto postpandemia (Gomez-Eyles et al., 2020). Los resultados muestran que la adquisición de conocimientos y habilidades, la aplicación de estos conocimientos a situaciones prácticas, el desarrollo de habilidades sociales y de comunicación, y la evaluación continua y formativa del progreso de los estudiantes, ofrecieron una buena alternativa para asegurar el aprendizaje del estudiante. Al enfatizar el uso de recursos digitales y la colaboración en línea, esta intervención educativa logró combinar la teoría y la práctica, fomentando el desarrollo de habilidades prácticas, el pensamiento crítico y la aplicación efectiva de conocimientos y destrezas en situaciones reales.

Además, los rasgos centrales del seguimiento de la intervención educativa permitieron evaluar de manera continua el progreso de los estudiantes, identificar fortalezas y debilidades y mejorar la calidad de futuras intervenciones educativas similares. Lo que contribuye a una formación académica integral y comprometida con la solución de los desafíos ambientales globales como lo establece el modelo educativo de la Universidad de Guanajuato.

En conclusión, la enseñanza de la remediación de suelos en un mundo postpandemia debe considerar la necesidad de adaptarse a nuevas formas de aprendizaje, y la intervención educativa presentada en este trabajo ofrece una solución efectiva para abordar este desafío. A través de la combinación de recursos digitales y la colaboración en línea, se logra fomentar el desarrollo

de habilidades prácticas, el pensamiento crítico y la aplicación efectiva de conocimientos y habilidades en situaciones reales. Además, se espera que esta intervención educativa inspire futuros trabajos de investigación y desarrollos pedagógicos en este campo.

Referencias

- Baldock, J. A., Oades, J. M., y Waters, A. G. (2016). *Remediation of soil contamination: Concepts and methods*. CRC Press.
- Environmental Protection Agency. (2020). *Remediation technologies for cleaning up contaminated sites*. Recuperado de <https://www.epa.gov/remedytech/remediation-technologies-cleaning-contaminated-sites>.
- García, C. M. (2021). Intervención educativa para la enseñanza de la remediación de suelos en un mundo postpandemia. En J. Sánchez (Ed.), *Enseñanza de la ingeniería ambiental en un mundo postpandemia* (pp. 45-56). Ciudad de México: Editorial Universidad Nacional Autónoma de México.
- García, J. A., González, M., y López, C. (2019). Enseñanza teórico-práctica de la remediación de suelos en la formación de ingenieros ambientales. *Revista de Investigación Académica*, 42, 1-12.
- García-Castro, J., y Vicente, J. (2020). Aprendizaje cooperativo, colaborativo y participativo: Una revisión bibliográfica. *Education in the Knowledge Society (EKS)*, 21, 43-61.
- Gomez-Eyles, J. L., Coulon, F., y Semple, K. T. (2020). Impact of COVID-19 on the remediation sector. *Environmental Science & Technology Letters*, 7(10), 735-741. doi: 10.1021/acs.estlett.0c00523
- Harvey, C. F. (2019). *Environmental remediation: Reclaiming land contaminated with chemicals and hazardous waste*. Routledge.
- Hernández-Ruiz, M., y Mancilla-Villa, M. (2021). Impact of the COVID-19 pandemic on the teaching and learning of environmental sciences in higher education. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(14), 17357-17365.
- Jung, J. Y., Ryu, H., y Lee, J. H. (2021). Application of Virtual Reality Technology for Environmental Education: Focused on the Learning Effectiveness of Soil Pollution. *Sustainability*, 13(2), 780.
- Moreno, R. (2019). Evaluación de competencias en el aprendizaje basado en problemas en la educación superior. *Revista Iberoamericana de Evaluación Educativa*, 12(1), 139-156.
- Peng, Y., Zhang, H., Huang, G., y Wang, S. (2018). Teaching innovation of soil remediation technology in environmental science major. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 10(1), 121-125.