

## Metodologías de aprendizaje activo en la enseñanza de la ingeniería ambiental: revisión sistemática 2014 – 2024

### Active Learning Methodologies in Environmental Engineering: Systematic Review 2014-2024

### Metodologias de Aprendizagem Ativa em Engenharia Ambiental: Revisão Sistemática 2014-2024

Bruno Fidel Sánchez Márquez

[bsanchez@lamolina.edu.pe](mailto:bsanchez@lamolina.edu.pe)

<https://orcid.org/0009-0002-9831-9636>

Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú

#### RESUMEN:

El objetivo de esta revisión sistemática fue investigar las metodologías de aprendizaje activo empleadas en la enseñanza de la ingeniería ambiental. Para ello, se analizaron estudios publicados entre 2014 y julio de 2024 en las plataformas WOS y SCOPUS, siguiendo la metodología PRISMA. Los criterios de inclusión fueron tipo de documento (artículos), idioma (inglés y español), si en el título, abstract o palabras clave del artículo aparecen los términos *Environmental engineering* y *Active Learning* o sus variantes, si hace referencia al aprendizaje activo en la ingeniería ambiental y si profundiza en el impacto de su enseñanza. Se identificaron 24 estudios relevantes los cuales resaltan la importancia y efectividad del aprendizaje activo para educar a futuros ingenieros, destacando metodologías efectivas en la enseñanza de la ingeniería ambiental como el Aprendizaje Basado en Proyectos, el Aprendizaje Basado en problemas o el Aprendizaje Cooperativo. Se concluye que el aprendizaje activo mejora significativamente la retención de conocimientos y habilidades prácticas tanto en cursos generales como avanzados. La integración de tecnología, junto con el enfoque de sostenibilidad y economía circular, son tendencias emergentes que reflejan la urgencia de preparar a los educandos para afrontar desafíos ambientales globales de forma colaborativa y creativa.

#### ABSTRACT:

The objective of this systematic review was to investigate the active learning methodologies employed in environmental engineering education. To achieve this, studies published between 2014 and July 2024 on WOS and SCOPUS platforms were analyzed, following the PRISMA methodology. The inclusion criteria were: document type (articles), language (English and Spanish), presence of the terms “Environmental Engineering” and “Active Learning” or their variants in the title, abstract, or keywords, reference to active learning in environmental engineering, and in-depth analysis of its teaching impact. A total of 24 relevant studies were identified, highlighting the importance and effectiveness of active learning in educating future engineers, with effective methodologies in environmental engineering education such as Project-Based Learning, Problem-Based Learning, and Cooperative Learning. It was concluded that active learning significantly enhances knowledge retention and practical skills in both general and advanced courses. The integration of technology, along with a focus on sustainability and circular economy, are emerging trends reflecting the urgency of preparing students to tackle global environmental challenges in a collaborative and creative manner.

**RESUMO:**

O objetivo desta revisão sistemática foi investigar as metodologias de aprendizagem ativa empregadas no ensino de engenharia ambiental. Para isso, foram analisados estudos publicados entre 2014 e julho de 2024 nas plataformas WOS e SCOPUS, seguindo a metodologia PRISMA. Os critérios de inclusão foram: tipo de documento (artigos), idioma (inglês e espanhol), presença dos termos “Environmental Engineering” e “Active Learning” ou suas variantes no título, resumo ou palavras-chave, referência à aprendizagem ativa na engenharia ambiental e análise aprofundada do impacto de seu ensino. Foram identificados 24 estudos relevantes, destacando a importância e a eficácia da aprendizagem ativa para formar futuros engenheiros, com metodologias eficazes no ensino de engenharia ambiental, como Aprendizagem Baseada em Projetos, Aprendizagem Baseada em Problemas e Aprendizagem Cooperativa. Conclui-se que a aprendizagem ativa melhora significativamente a retenção de conhecimentos e habilidades práticas tanto em cursos gerais quanto avançados. A integração de tecnologia, juntamente com o enfoque em sustentabilidade e economia circular, são tendências emergentes que refletem a urgência de preparar os alunos para enfrentar desafios ambientais globais de forma colaborativa e criativa.

**PALABRAS CLAVE:**

Ingeniería Ambiental, Aprendizaje Activo, Aprendizaje Basado en Proyectos, Aprendizaje Basado en Problemas, Aprendizaje Cooperativo.

**KEYWORDS:**

Environmental Engineering, Active Learning, Project-Based Learning, Problem-Based Learning, Cooperative Learning.

**PALAVRAS-CHAVE:**

Engenharia Ambiental, Aprendizagem Ativa, Aprendizagem Baseada em Projetos, Aprendizagem Baseada em Problemas, Aprendizagem Cooperativa.

---

Recibido: 12/11/2024 - Aceptado: 17/02/2025 - Publicado: 30/04/2025

---

## Introducción

El Aprendizaje Activo se centra en la teoría del Constructivista propuesta por Jean Piaget (Cambridge, 2019) que coloca al educando en el centro de su desarrollo educativo, permitiéndole ir más allá de la mera escucha del educador. Aunque el término de Aprendizaje Activo fue establecido por Bonwell & Eison en 1991 y lo define como todo aquello que involucra a los estudiantes en la realización de actividades y en la reflexión sobre las actividades que realizan”. Esta metodología fomenta la obtención de procesos cognitivos superiores, desafiando a los educandos a aplicar, reflexionar y cuestionar los contenidos de la asignatura. Entre las metodologías de aprendizaje activo más destacadas se encuentran el Aprendizaje Basado en Problemas, Aprendizaje Servicio, Aprendizaje Basado en Equipos, Aprendizaje Cooperativo, Aprendizaje Basado en Proyectos y Aprendizaje Invertido (Pontificia Universidad Católica de Chile, 2022)

Aunque la importancia de las metodologías de aprendizaje activo ha sido ampliamente reconocida en la enseñanza de diversas disciplinas, en la ingeniería ambiental ha quedado rezagada por desconocimiento. Esto es particularmente relevante, ya que el aprendizaje activo es crucial para la comprensión de conceptos, la adquisición de habilidades y adopción de actitudes más positivas hacia el medio ambiente. Por ello, para determinar los beneficios y la importancia de estas metodologías en la enseñanza de la ingeniería ambiental, se realizó una revisión sistemática de la literatura en las plataformas Web of Science (WOS) y SCOPUS. Los criterios de inclusión fueron estrictamente definidos: fecha de publicación de 2014 a julio de 2024, tipo de documento (artículos) e idiomas (inglés y español). Se siguen las pautas establecidas en la metodología PRISMA para revisiones sistemáticas y meta-análisis las cuales de acuerdo a Liberati et al. (2009) y Moher et al. (2009) son reconocidas por su rigor y objetividad. Este estudio contribuye significativamente al conocimiento sobre el aprendizaje activo en ingeniería ambiental, proporcionando una evaluación detallada de la literatura reciente. De este modo se establece un fundamento robusto para

investigaciones posteriores y el desarrollo de prácticas educativas. La aplicación rigurosa de la metodología PRISMA asegura la fiabilidad y validez de los hallazgos, facilitando una comprensión profunda de cómo el aprendizaje activo puede optimizar la formación de ingenieros ambientales y potenciar sus competencias profesionales.

## Metodología

De acuerdo con Higgins y Green (2008) se emplea una metodología correspondiente a estudios de revisión sistemática de la literatura la cual según Ortiz-Revilla et al. (2021) este tipo de análisis es más objetivo y detallado que las revisiones tradicionales, estando menos expuesto al sesgo y es más claro para definir criterios de inclusión.

En la primera etapa, se definieron las plataformas de búsqueda y se procedió de conforme a las pautas dadas en la metodología PRISMA para revisiones sistemáticas y meta-análisis. Estas pautas incluyen 27 ítems de verificación y un diagrama de flujo de cuatro etapas (Liberati et al., 2009; Moher et al., 2009). Los manuscritos considerados se seleccionaron mediante dos canales de búsqueda: la plataforma de Web of Science (WOS) de Clarivate Analytics y la plataforma de SCOPUS de Elsevier, durante el mes julio de 2024.

La combinación de términos de búsqueda fue (“Environmental engineering”) AND (“active learning”), incluyendo variantes de aprendizaje activo como “Problem-Based Learning”, “Flipped Learning”, “Service-Learning”, “Cooperative Learning”, “Team-Based Learning”, “Project-Based Learning”, “Collaborative Learning” y “Flipped classroom”

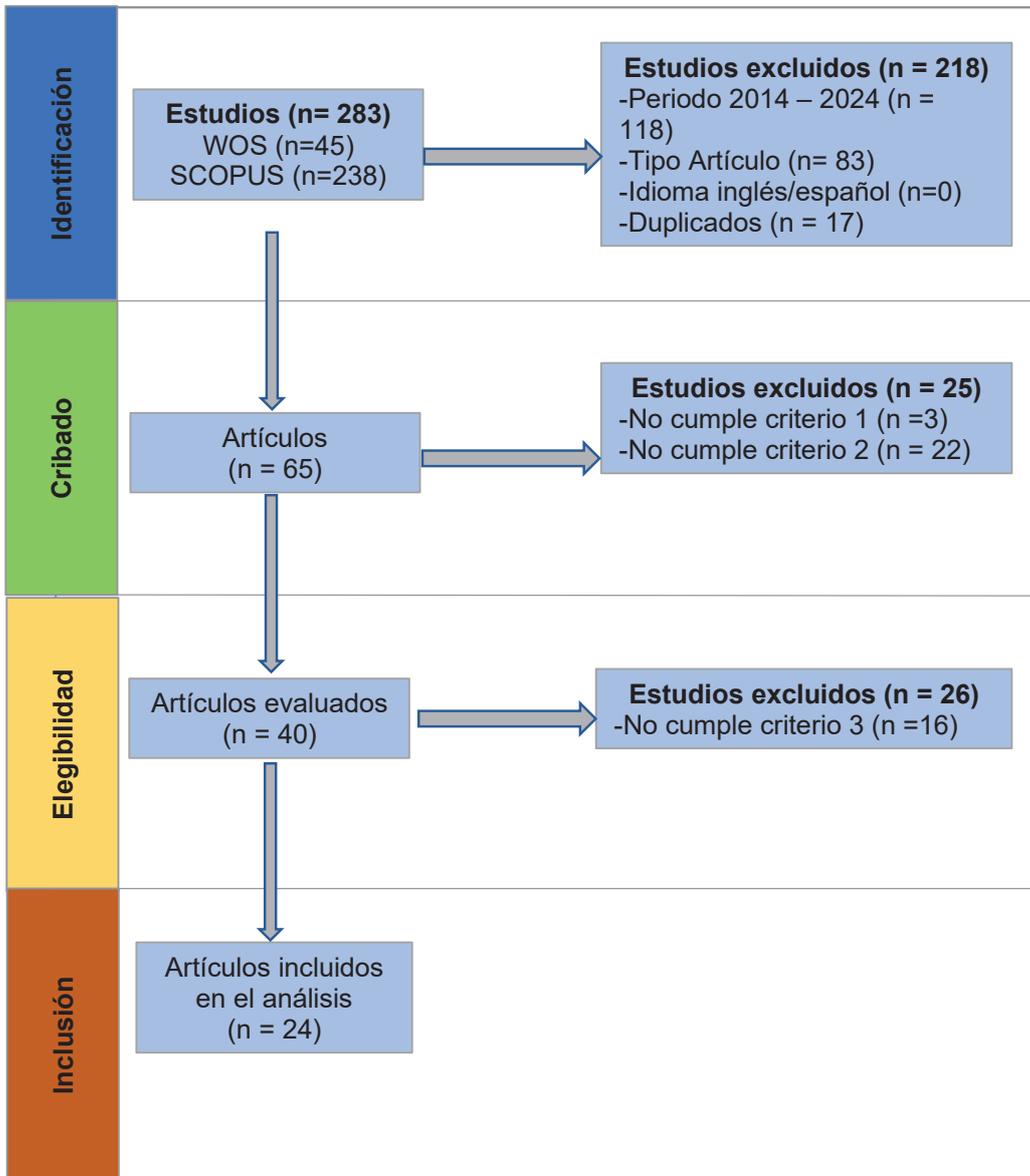
La primera búsqueda en WOS reportó 45 resultados en Título-Abstract-Keywords, de los cuales 32 correspondían al periodo de estudio (2014-2024). Al aplicar filtros por tipo de documento e idioma, se obtuvieron 32 artículos válidos (31 en inglés y 1 en español). En SCOPUS, la búsqueda inicial arrojó 238 resultados, que se refinaron a 116 para el periodo 2014-2024, de los cuales 31 artículos estaban en inglés y 2 en español, resultando en un total de 65 artículos elegibles en ambas plataformas. Tras eliminar duplicados, se obtuvieron 48 artículos y, aplicando criterios de inclusión, se seleccionaron 24 estudios relevantes.

Los criterios de inclusión fueron:

1. Los términos *Environmental engineering* y *Active Learning* o sus variantes en el título, abstract o palabras clave.
2. Mención al aprendizaje activo en la educación superior y específicamente en temas referentes a la ingeniería ambiental.
3. Profundización en la metodología del aprendizaje activo y su impacto educativo en temas referentes a la ingeniería ambiental.

Finalmente, se leyó por completo de los manuscritos escogidos, eliminando aquellos que no presentaban una clara relevancia en cuanto a resultados y conclusiones de impacto educativo. La Figura 1 muestra el diagrama de flujo PRISMA que resume los resultados de las etapas implementadas.

Figura 1  
Diagrama de flujo PRISMA



## Resultados

Se presentan los hallazgos de los 24 estudios incluidos en este análisis. La variable de identificación de los estudios se examina en función del total de trabajos publicados por año, el idioma de publicación y el ámbito geográfico donde se realizaron las investigaciones. Además, de la identificación de la principal metodología activa empleada.

**Tabla 1**  
Estudios incorporados en la revisión sistemática

Nº	Autor/Año /País	Asignatura	Descripción
1	Andrew et al. (2022) EE. UU.	Introducción a la Ingeniería y las Ciencias Ambientales	A través del Haze Laser Sensor (HAZEL) un instrumento de bajo costo se enseñó a monitorear aerosoles, aplicándose así conocimientos teóricos en proyectos reales. Esto enriqueció el aprendizaje al ofrecerles una comprensión técnica más profunda y habilidades prácticas valiosas
2	Badir et al. (2023) EE. UU.	Diseño Final de Ingeniería	A través de la participación de la industria se enseñó diseño de manera sustentable, esta mejoró el aprendizaje experiencial y basado en proyectos, enriqueciendo así la experiencia educativa, mejorando el rendimiento estudiantil y proporcionando herramientas adicionales para sus carreras
3	Bolong & Saad (2022) Malasia	Ingeniería Ambiental	Mediante un aprendizaje basado en proyectos, adaptado a un formato en línea se enseñó sobre sostenibilidad y medio ambiente, aunque hubo una ligera disminución en el rendimiento en comparación con el modo presencial, el aprendizaje basado en proyectos en línea tuvo éxito.
4	Chaurra (2021) Colombia	Química 2	A través del aprendizaje de servicio se conectó el aprendizaje en el aula con la resolución de necesidades comunitarias. aplicando conceptos de química se separaron de residuos sólidos en la cafetería de la universidad. Esto reforzó su aprendizaje teórico y promovió su satisfacción personal al contribuir a resolver un problema ambiental real.
5	Clark, Stabryla & Gilbertson (2020) EE. UU.	Diseño Para el Medio ambiente	A través del Design Thinking se enseñó diseño para el medio. Se encontró una asociación positiva entre el Design Thinking y la creatividad en soluciones de diseño sostenible, con un impacto significativo en la novedad de las soluciones
6	Dameris, Frerker & Iler (2019) EE. UU.	Proyecto de Química	Mediante un proyecto de aprendizaje-servicio en química ambiental se enseñó a evaluar calidad del agua proporcionando una valiosa experiencia educativa práctica en química ambiental y análisis de agua, complementando su educación formal con aprendizaje experiencial y servicio comunitario.
7	Ecós, Manrique & Núñez (2020) Perú	Cálculo I	A través de grupos en una tarea grupal virtual se enseñó la variación y el cambio de las funciones. Los resultados mostraron que una mayor participación y una estructura de grupo integradora mejoraron el entendimiento y resolución de problemas matemáticos, destacando la importancia de la colaboración efectiva y la organización grupal en el aprendizaje.
8	Faba & Díaz (2020) España	Tratamiento y Manejo de Efluentes y Residuos	A través del software GPS-X se enseñó tratamiento y manejo de efluentes y residuos dando como resultado un aprendizaje más significativo, evidenciándose mejores calificaciones, mayor compromiso y mejor comprensión de la aplicabilidad de los conceptos teóricos en el mundo real
9	Gray (2014) Australia	Saneamiento	A través del Pensamiento Sistemático y el Aprendizaje Basado en Problemas en un proyecto de recolección de fósforo a partir de la orina en entornos urbanos. se fomentó el aprendizaje profundo y colaboración transdisciplinaria creando espacios con participación creativa, promoviendo interacciones intelectuales sofisticadas
10	Greetham & Ippolito (2018) U. K	Construcción Week	A través del aprendizaje basado en equipos se preparó a los alumnos antes de realizar un proyecto grupal. mejorando así el aprendizaje, asegurando la lectura previa, fomentando el dominio de la materia, permitiendo la discusión de temas complejos y desarrollando comportamientos colaborativos e inclusivos
11	Kalnin et al. (2014) Letonia	Sistemas de Gestión Ambiental	A través del aprendizaje cooperativo basado en problemas se enseñaron sistemas de gestión ambiental en situaciones reales desarrollándose habilidades prácticas, mejorando la comprensión y obteniéndose una perspectiva realista sobre la complejidad de los problemas ambientales a gran escala
12	Karayannis et al. (2017) Grecia	Proyecto de investigación	A través de un programa de reciclaje de residuos industriales se promovió el aprendizaje colaborativo. Hubo una transferencia práctica exitosa del conocimiento, mejorando la eficiencia del aprendizaje y la aceptación pública de las actividades de investigación.
13	Kim, McCur & Sivey (2022) EE. UU.	Proyecto de investigación	A través de reuniones virtuales en grupos de investigación entre instituciones distantes. donde hubo discusiones de literatura y sesiones de desarrollo profesional, hubo mejoras en las habilidades de comunicación, las perspectivas interdisciplinarias y ofrecieron mentoría profesional
14	Kinoshita, Knight & Gibbes (2017) Australia	Problemas Ambientales, Monitoreo y Evaluación	A través del aprendizaje activo en grandes aulas se enseñaron temas como sostenibilidad, atmósfera, agua y ecosistemas se comparó con la enseñanza tradicional basada solo en conferencias Los hallazgos estadísticos revelaron mejores logros de aprendizaje que el método activo.
15	Oerther (2022) EE. UU.	-Modelado de Sistemas Ambientales -Diseño de Ingeniería Ambiental	A través del aprendizaje por dominio se enseñó sostenibilidad y principios de ciclo de vida. Indicándose que es una metodología válida para enseñar estos principios. Las evaluaciones mostraron que los alumnos tuvieron una perspectiva positiva de la efectividad de la enseñanza.
16	Ortega, Martín, & González-Ávila (2024) España	Sistemas de Información Geográfica (SIG)	A través de la evaluación en pares se enseñó los SIG se mejoró la capacidad de análisis y síntesis, las habilidades de comunicación organizacional y profesional, y el juicio crítico de los estudiantes
17	Puleo (2020) EE. UU.	Laboratorio de Mecánica de Fluidos	A través del Vessel Project se enseñó sobre flotabilidad y estabilidad mejorando así las habilidades de comunicación y trabajo en equipo, este formato se prefirió sobre el laboratorio tradicional, destacándose la creatividad, construcción, prueba de la embarcación y trabajo en equipo

Nº	Autor/Año /País	Asignatura	Descripción
18	Requies (2018) España	Operaciones Unitarias en Ingeniería Ambiental	A través del Aprendizaje Basado en Proyectos se enseñó operaciones unitarias. La metodología fomentó que los estudiantes sean responsables de su aprendizaje. Además, trabajar en pequeños equipos mejoró las capacidades de autoaprendizaje y las calificaciones académicas
19	Rodríguez-Chueca et al. (2019) España	Gestión Ambiental -Ingeniería Ambiental y Ecología Industrial	A través del aula invertida se enseñó sostenibilidad y economía circular, los estudiantes calificaron la eficiencia de las nuevas metodologías de aprendizaje como satisfactoria; Sin embargo, un análisis más detallado de los resultados revela algunos aspectos que requieren una especial consideración,
20	Rodríguez-Luna et al. (2024) Chile	5 asignaturas	A través de las clínicas de ingeniería ambiental se buscó solucionar problemas ambientales reales propuestos por sus municipios, siguiendo el ciclo Plan-Do-Check-Act (PDCA). Facilitando así la transferencia de conocimientos y mejorando la conexión con el entorno, contribuyendo a la sostenibilidad.
21	Rushing (2023) EE. UU.	Introducción a la Ingeniería Civil	A través de monitoreo de la calidad del agua utilizando tiras de prueba de bajo costo se mejoró el conocimiento en ingeniería ambiental. La actividad fue bien recibida por los estudiantes, quienes valoraron positivamente la experiencia y mostraron interés en continuar con este enfoque en otras clases.
22	Stamou (2020) Alemania y Grecia	Modelado Ecológico de Aguas Superficiales	Mediante el Aprendizaje Basado en Problemas híbrido con la Enseñanza Orientada a la Investigación se enseñó el modelamiento de aguas permitiendo a los estudiantes adquirir habilidades como resolución de problemas, trabajo en equipo, análisis, comunicación escrita, etc.
23	Velegol, Zappe & Mahoney (2015) EE. UU.	Introducción a la Ingeniería Ambiental	A través del aula invertido se enseñaron conceptos básicos de la ingeniería ambiental lo cual permitió una mayor flexibilidad para los estudiantes y una mejor utilización del tiempo en clase para actividades prácticas y colaborativas
24	Wolf et al. (2023) Alemania	Gestión del agua urbana	A través de visitas virtuales de campo en 360° se enseñó gestión del agua, dichas visitas apoyaron al aprendizaje siendo un sustituto válido en situaciones donde las visitas reales no son posibles, mejorando cualitativamente los planes de estudio

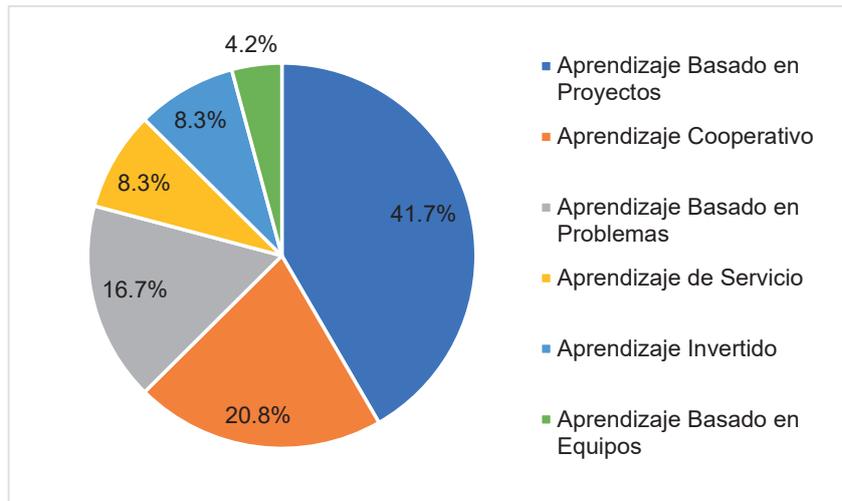
**Tabla 2**  
Cantidad de estudios según tipo de aprendizaje activo

Tipo de aprendizaje Activo	Cantidad de estudios	Porcentaje
Aprendizaje Basado en Proyectos	10	41.7%
Aprendizaje Cooperativo*	5	20.8%
Aprendizaje Basado en Problemas	4	16.7%
Aprendizaje de Servicio	2	8.3%
Aprendizaje Invertido	2	8.3%
Aprendizaje Basado en Equipos	1	4.2%
Total	24	100%

\*Para fines prácticos se incluyó dentro del aprendizaje cooperativo, el aprendizaje colaborativo debido a sus similitudes metodológicas.

- Aprendizaje basado en Proyectos: Esta metodología fue la más prevalente, con aplicaciones en diversas áreas como la sostenibilidad, el monitoreo ambiental y el diseño para el medio ambiente.
- Aprendizaje Cooperativo: Se destacó en el desarrollo de habilidades prácticas y la comprensión de la complejidad de problemas ambientales.
- Aprendizaje Basado en Problemas: Utilizado para fomentar la resolución de problemas y el trabajo en equipo, mejorando el entendimiento y la aplicación de conceptos teóricos.
- Aprendizaje de Servicio: Conectó el aprendizaje en el aula con la resolución de necesidades comunitarias, proporcionando una experiencia educativa significativa y práctica.
- Aprendizaje Invertido: Permite una mayor flexibilidad para los estudiantes y un uso más eficiente del tiempo en clase para actividades prácticas.
- Aprendizaje Basado en Equipos: Promovió comportamientos colaborativos e inclusivos, asegurando una preparación adecuada antes de las actividades grupales.

**Figura 2**  
Porcentaje de estudios según tipo de aprendizaje activo



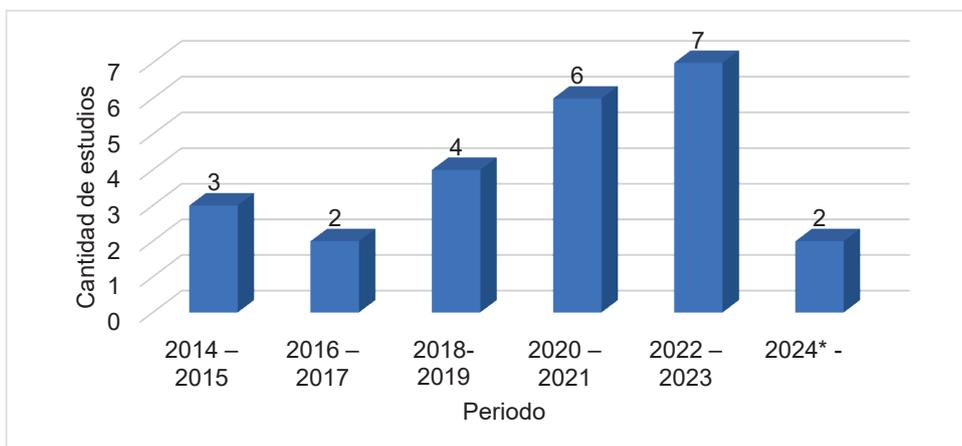
De los 24 estudios consultados, se identificaron seis metodologías de aprendizaje activo utilizadas en la enseñanza de la ingeniería ambiental, de los cuales 10 estudios utilizan una metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos (41.7 %), 5 estudios una metodología de Aprendizaje Cooperativo (20.8 %), 4 estudios una metodología de Aprendizaje Basado en Problemas (16.7 %), 2 estudios una metodología de Aprendizaje de Servicio (8.3 %), 2 estudios una metodología de Aprendizaje Invertido (8.3 %) y 1 estudio utiliza una metodología de Aprendizaje Basado en Equipos (4.2%).

**Tabla 3**  
Cantidad de estudios de aprendizaje activo por periodo

Periodo	Cantidad de estudios	Porcentaje
2014 – 2015	3	12.5 %
2016 – 2017	2	8.3 %
2018- 2019	4	16.7 %
2020 – 2021	6	25.0 %
2022 – 2023	7	29.2 %
2024* -	2	8.3 %
Total	24	100 %

\* La búsqueda realizada en WOS y SCOPUS solo se hizo hasta julio del 2024

**Figura 3**  
Cantidad de estudios de aprendizaje activo por periodo

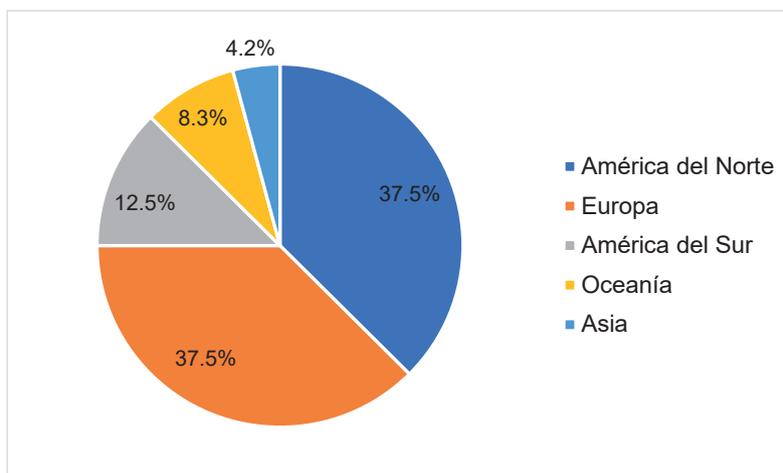


De acuerdo a la tabla 3 y figura 3 la mayor cantidad de artículos fueron divulgados entre el 2020 y 2023 (13 estudios), con un notable aumento en la cantidad de investigaciones durante estos años, esto debido a la influencia del COVID 19 ya que se aumentó el aprendizaje electrónico y virtual el cual fue combinado con el aprendizaje activo como en la investigación de Kim, McCur & Sivey (2022) que a través de reuniones virtuales en grupos de investigación entre instituciones distantes. Hubo discusiones de literatura y sesiones de desarrollo profesional.

**Tabla 4**  
Cantidad de estudios de aprendizaje activo por continente

Continente	Cantidad de estudios	Porcentaje
América del Norte	9	37.5 %
Europa	9	37.5 %
América del Sur	3	12.5 %
Oceanía	2	8.3 %
Asia	1	4.2 %
Total	24	100 %

**Figura 4**  
Porcentaje de estudios de aprendizaje activo por continente

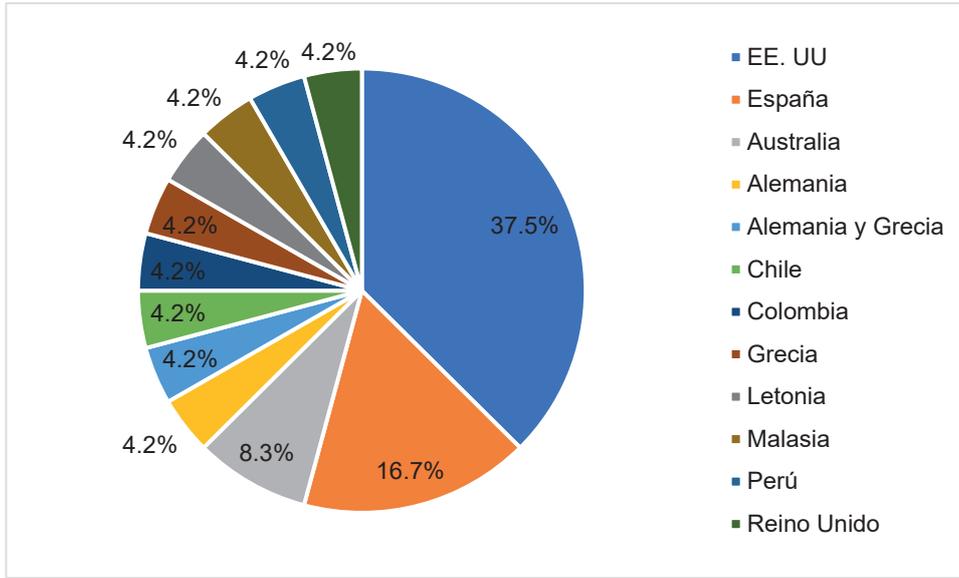


De acuerdo a la tabla 4 y figura 4 América del Norte y Europa lideran con 9 estudios cada uno, seguidos de América del Sur (3 estudios), Oceanía (2 estudios) y Asia (1 estudio), esto se ve reflejado la diversidad geográfica entre los estudios analizados.

**Tabla 5**  
Cantidad de estudios de aprendizaje activo por país

País	Cantidad de Estudios	Porcentaje
EE. UU	9	37.5%
España	4	16.7%
Australia	2	8.3%
Alemania	1	4.2%
Alemania y Grecia	1	4.2%
Chile	1	4.2%
Colombia	1	4.2%
Grecia	1	4.2%
Letonia	1	4.2%
Malasia	1	4.2%
Perú	1	4.2%
Reino Unido	1	4.2%
Total	24	100%

**Figura 5**  
Porcentaje de estudios de aprendizaje activo por país



**Tabla 6**  
Relación de universidades donde se realizaron los estudios

Nº	Universidad donde se realizó el estudio	País	Estudio
1	Harvard University	EE. UU.	1
2	Florida Gulf Coast University (FGCU)	EE. UU.	2
3	University Malaysia Sabah (UMS)	Malasia	3
4	Autonomous University of Colombia	Colombia	4
5	University of Pittsburgh	EE. UU.	5
6	Greenville University	EE. UU.	6
7	National University of Moquegua	Perú	7
8	University of Oviedo	España	8
9	University of New South Wales (UNSW)	Australia	
10	University of Technology Sydney (UTS)	Australia	9
11	University of Western Sydney	Australia	
12	Imperial College London	Reino Unido	10
13	Riga Technical University	Letonia	11
14	Western Macedonia University of Applied Sciences	Grecia	12
15	Towson University	EE. UU.	
16	University of Southern California	EE. UU.	13
17	University of Queensland	Australia	14
18	Missouri University of Science and Technology	EE. UU.	15
19	Technical University of Madrid (UPM)	España	16 y 19
20	University of Delaware	EE. UU.	17
21	University of the Basque Country	España	18
22	University of La Frontera (UFRO)	Chile	20
23	University of Mississippi	EE. UU.	21
24	Technical University of Munich (TUM)	Alemania	
25	National Technical University of Athens (NTUA)	Grecia	22
26	Pennsylvania State University	EE. UU.	23
27	University of Applied Sciences Erfurt	Alemania	
28	Bauhaus University Weimar	Alemania	24

Según la tabla 6, los estudios sobre aprendizaje activo en temas relacionados a la ingeniería ambiental se realizaron en 28 universidades de diversos países donde se han realizado estudios. En Estados Unidos (10 universidades), el enfoque principal es el aprendizaje basado en proyectos, cooperativo y de servicio, con una alta adopción de tecnologías emergentes y sostenibilidad. En Australia (4 universidades), predominan el aprendizaje basado en problemas y en proyectos. En España (3 universidades) y Alemania (3 universidades), se destaca la integración de sostenibilidad y tecnologías digitales. Otros países, como Malasia, Colombia, Perú, Letonia, Grecia y Chile (7 universidades), abordan el aprendizaje activo en contextos locales, variando desde el aprendizaje basado en problemas hasta el de servicio. Este panorama global refleja una tendencia hacia la educación ambiental avanzada y colaborativa, preparando a los estudiantes para enfrentar desafíos ambientales con habilidades prácticas y creativas.

## Discusión

Los resultados de esta revisión sistemática resaltan la importancia y efectividad del aprendizaje activo en la formación de ingenieros ambientales. A continuación, se hace una discusión respecto a los hallazgos más relevantes, incluyendo la comparación con estudios anteriores y la identificación de tendencias emergentes.

Los resultados concuerdan con estudios hechos anteriormente que sugieren que el aprendizaje activo incrementa notablemente la retención de conocimientos y las habilidades prácticas de los educandos (Freeman et al., 2014). Sin embargo, esta revisión aporta evidencia específica para el campo de la ingeniería ambiental, destacando cómo metodologías como el Aprendizaje Basado en Proyectos y el Aprendizaje Cooperativo pueden ser particularmente efectivas en este contexto. Esto debido a la naturaleza de las asignaturas ya que el aprendizaje activo no solo es beneficioso en cursos generales como química y matemáticas, sino que además influye positivamente en asignaturas avanzadas y especializadas en los programas de ingeniería ambiental, como es el caso de la gestión de sistemas ambientales o el tratamiento de aguas residuales. Esto es importante porque establece una base sólida de comprensión y habilidades que los estudiantes llevan consigo a lo largo de su trayectoria académica y profesional. Por ejemplo, en cursos básicos Prince (2004) menciona que el aprendizaje activo ha demostrado que el aprendizaje activo en cursos de química general mejora la comprensión de conceptos básicos y fomenta el interés en los estudiantes. Métodos como el Aprendizaje Basado en Problemas y el Aprendizaje Cooperativo han mostrado ser efectivos para aumentar la retención de información y el rendimiento académico en cursos introductorios de matemáticas (Tarmizi & Bayat, 2012). Mientras que, en cursos avanzados y especializados de ingeniería ambiental, el aprendizaje activo permite la aplicación de conocimientos teóricos a problemas reales. Por ejemplo, en cursos sobre tratamiento de aguas residuales, el Aprendizaje Basado en Proyectos facilita a los alumnos diseñar y evaluar sistemas de tratamiento, mientras que el Aprendizaje de Servicio conecta el conocimiento académico con proyectos comunitarios, proporcionando una experiencia práctica valiosa Dameris et al. (2019)

Además, estudios como el de Bolong & Saad (2022) indican que el aprendizaje basado en proyectos en línea puede ser igual de eficaz que el presencial, aunque presenta desafíos únicos que deben ser abordados. Además, que el aprendizaje en línea ha visto su incremento a partir de la pandemia por COVID 19, también el uso de tecnologías como el software GPS-X (Faba & Díaz, 2020) y las visitas virtuales en 360° Wolf et al (2023) demuestra un creciente interés en integrar herramientas tecnológicas para enriquecer el aprendizaje. Finalmente, la enseñanza de la sostenibilidad y la economía circular, como en el estudio de Chueca et al (2019), se está convirtiendo en una prioridad, reflejando la urgencia de preparar a los educandos para afrontar desafíos ambientales globales.

## Conclusiones

Esta revisión sistemática demuestra que el aprendizaje activo es una metodología eficaz para la enseñanza de la ingeniería ambiental. Las diversas técnicas de aprendizaje activo no solo mejoran la retención de conocimientos y habilidades prácticas, sino que también preparan a los educandos para afrontar desafíos ambientales globales de forma colaborativa y creativa. La integración de tecnologías y el enfoque en la sostenibilidad son tendencias emergentes que deben ser exploradas y potenciadas en futuros estudios.

## Referencias

- Andrew, G., Brown, B. Y., Cortesa, S., Dai, M., Bruno, J., LaPier, J., Sule, N., Hancock, M., Yoon, B., Chalah, A., Sunerland, E., & Wofsy, S. C. (2022). HazeL: A Low-Cost Learning Platform for Aerosol Measurements. *Journal of Chemical Education*, 99(9), 3203-3210. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c00535>
- Badir, A., O'Neill, R., Kinzli, K. D., Komisar, S., & Kim, J. Y. (2023). Fostering Project-Based Learning through industry engagement in Capstone design projects. *Education sciences*, 13(4), 361. <https://doi.org/10.3390/educsci13040361>
- Bonwell, C. C., & Eison, J. A. (1991). *Active learning: Creating excitement in the classroom*. 1991 ASHE-ERIC higher education reports. ERIC Clearinghouse on Higher Education, The George Washington University, One Dupont Circle, Suite 630, Washington, DC 20036-1183.
- Bolong, N., & Saad, I. (2022). Evaluating the Influence and Modification for Environment and Sustainability Learning Outcome in Environmental Engineering Course During COVID-19 Pandemic. *international Journal of Engineering Education*, 38(5), 1606-1614.
- Cambridge Assessment International Education. (2019). Aprendizaje Activo. <https://www.cambridgeinternational.org>
- Chaurra, A. M. (2021). Implementation of Service Learning in the Chemistry Classroom: A Colombian Experience. *Journal of Chemical Education*, 98(7), 2290-2297. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00594>
- Clark, R. M., Stabryla, L. M., & Gilbertson, L. M. (2020). Sustainability coursework: student perspectives and reflections on design thinking. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 21(3), 593-611. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-09-2019-0275>
- Dameris, L., Frerker, H., & Iler, H. D. (2019). The southern Illinois well water quality project: a service-learning project in environmental chemistry. *Journal of Chemical Education*, 97(3), 668-674. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00634>
- Ecos, A., Manrique., & Núñez, J. (2020). Análisis de grupos de trabajo virtuales y su relación con el aprendizaje colaborativo de la matemática en estudiantes universitarios. *Propósitos y Representaciones*, (SPE3), e595-e595. <https://doi.org/10.20511/10.20511/pyr2020.v8nSPE3.595>
- Faba, L., & Díaz, E. (2020). Combining the project-based learning methodology and computer simulation to enhance the engagement in the context of Environmental Engineering courses. *Computer Applications in Engineering Education*, 28(5), 1311-1326. <https://doi.org/10.1002/cae.22303>
- Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(23), 8410-8415. <https://doi.org/10.7759/cureus.63100>
- Gray, J., Williams, J., Hagare, P., Mellick Lopes, A., & Sankaran, S. (2014). Lessons learnt from educating university students through a trans-disciplinary project for sustainable sanitation using a systems approach and problem-based learning. *Systems*, 2(3), 243-272. <https://doi.org/10.3390/systems2030243>
- Greetham, M., & Ippolito, K. (2018). Instilling collaborative and reflective practice in engineers: using a team-based learning strategy to prepare students for working in project teams. *Higher Education Pedagogies*, 3(1), 510-521. <https://doi.org/10.1080/23752696.2018.1468224>
- Higgins, J. P. T., & Green, S. (2008). *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions*. *Cochrane Collaboration & Wiley*.
- Kalnins, S. N., Valtere, S., Gusca, J., Valters, K., Kass, K., & Blumberga, D. (2014). Cooperative problem-based learning approach in environmental engineering studies. *Agronomy Research*, 12(2), 663-672.
- Karayannis, V., Domopoulou, A., Lakioti, E., Baklavaridis, A., & Charalampides, G. (2017). Environmental research and teaching in a university of applied sciences—students' awareness. *Ponte*, 73(1), 2-10. <https://doi.org/10.21506/j.ponte.2017.1.1>

- Kim, E., Driessen, O. M., McCurry, D. L., & Sivey, J. D. (2022). Intermural Online Research Group Meetings As Professional Development Tools for Undergraduate, Graduate, and Postdoctoral Trainees. *Environmental Engineering Science*, 39(2), 101-104. <https://doi.org/10.1089/ees.2021.0147>
- Kinoshita, T. J., Knight, D. B., & Gibbes, B. (2017). The positive influence of active learning in a lecture hall: An analysis of normalised gain scores in introductory environmental engineering. *Innovations in Education and Teaching International*, 54(3), 275-284. <https://doi.org/10.1080/14703297.2015.1114957>
- Liberati, A., Altman, D. G., Tetzlaff, J., Mulrow, C., Gøtzsche, P. C., Ioannidis, J. P. A.,... Moher, D. (2009). The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. *PLoS Med*, 6(7), 1-28. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000100>
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., y The PRISMA Group. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA Statement. *PLoS Med*, 6(7), 1-6. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000100>
- Oerther, D. B. (2022). Using modified mastery learning to teach sustainability and life-cycle principles as part of modeling and design. *Environmental Engineering Science*, 39(9), 784-795. <https://doi.org/10.1089/ees.2021.0385>
- Ortega, E., Martín, B., & González-Ávila, S. (2024). Student and Instructor Ratings in Geographic Information Systems: A Comparative Analysis. *Education Sciences*, 14(1), 98. <https://doi.org/10.3390/educsci14010098>
- Ortiz Revilla, J., Greca Dufranc, I. M., & Adúriz Bravo, A. (2021). Conceptualización de las competencias: revisión sistemática de su investigación en Educación Primaria. *Profesorado, Revista de Currículum y Formación del Profesorado*, 25(1), 223-250. <https://doi.org/10.30827/profesorado.v25i1.8304>
- Prince, M. (2004). Does active learning work? A review of the research. *Journal of Engineering Education*, 93(3), 223-231. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2004.tb00809.x>
- Pontificie Universidad Católica de Chile. (2022). Temáticas Docentes Aprendizaje Activo. <https://desarrollodocente.uc.cl/recursos/tematicas-docentes/aprendizaje-activo/>
- Puleo, J. A. (2020). A design-based fluid mechanics laboratory. *Global Journal of Engineering Education*, 22(1), 26-31.
- Requies, J. M., Agirre, I., Barrio, V. L., & Graells, M. (2018). Evolution of projectbased learning in small groups in environmental engineering courses. *Journal of Technology and Science Education*, 8(1), 45-56. nt ISSN: 2014-5349. <https://doi.org/10.3926/jotse.318>
- Rodríguez-Chueca, J., Molina-García, A., García-Aranda, C., Pérez, J., & Rodríguez, E. (2020). Understanding sustainability and the circular economy through flipped classroom and challenge-based learning: An innovative experience in engineering education in Spain. *Environmental Education Research*, 26(2), 238-252. <https://doi.org/10.1080/13504622.2019.1705965>
- Rodríguez-Luna, D., Rubilar, O., Alvear, M., Vera, J., & Zambrano Riquelme, M. (2023). Implementation of Environmental Engineering Clinics: A Proposal for an Active Learning Methodology for Undergraduate Students. *Sustainability*, 16(1), 365. <https://doi.org/10.3390/su16010365>
- Rushing, G., Power, B., & D'Alessio, M. (2023). Implementing Service-Focused Activities Focused on Water Quality While Teaching a Freshmen Undergraduate Course During the COVID-19 Pandemic. *Journal of Chemical Education*, 100(5), 1843-1851. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c00958>
- Stamou, A., Noutsopoulos, C., Kuhlmann, A., & Rutschmann, P. (2020). How can we link teaching with research in our engineering courses? The case of an ecological modelling course in two European Universities. *European Journal of Engineering Education*, 45(4), 597-613. <https://doi.org/10.1080/03043797.2019.1620174>
- Tarmizi, R. A., & Bayat, S. (2012). Collaborative problem-based learning in mathematics: A cognitive load perspective. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 32, 344-350. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.01.051>
- Velegol, S. B., Zappe, S. E., & Mahoney, E. (2015). The evolution of a flipped classroom: Evidence-based recommendations. *Advances in Engineering Education*, 4(3), n3.

Wolf, M., Wehking, F., Söbke, H., Montag, M., Zander, S., & Springer, C. (2023). Virtualised virtual field trips in environmental engineering higher education. *European Journal of Engineering Education*, 48(6), 1312-1334. <https://doi.org/10.1080/03043797.2023.2291693>

**Conflicto de intereses / Competing interests:**

El autor declara no incurrir en conflictos de intereses.

**Rol del autor / Author Role:**

BFSM: Conceptualización, investigación, escritura-preparación del borrador original, redacción-revisión y edición.

**Financiamiento / Funding:**

Esta investigación se realizó con el financiamiento del autor.

**Aspectos éticos – legales/ Ethical and legal aspects**

El autor declara no haber violado u omitido normas éticas o legales al realizar la investigación.