

Problem-Based Learning (PBL) in higher education: Literature review and practical implications for its implementation in the Dominican Republic

Francisco Orgaz-Agüera¹ ; Cándida María Domínguez Valerio² 

María Esther Trinidad Domínguez³ 

¹Universidad Internacional de La Rioja (UNIR), francisco.orgaz@unir.net

^{2,3}Universidad Tecnológica de Santiago, UTESA, República Dominicana, candidadominguez1@docente.utesa.edu,
esthertrinidadominguez@gmail.com

Abstract– *Problem-Based Learning (PBL) is an educational methodology focused on solving real-world problems, fostering interdisciplinarity, critical thinking, and active learning. This study conducts a systematic literature review on PBL in higher education, with an emphasis on its application in engineering and its integration with Education for Sustainable Development (ESD). The study identifies benefits such as the strengthening of technical and attitudinal competencies, but also challenges, including the need for teacher training and curriculum adaptation. Practical implications for its implementation in the Dominican Republic are proposed, including teacher training, interdisciplinarity in engineering education, and the establishment of partnerships with industry. The study concludes that PBL is a key tool for improving sustainability education in higher education, although further research is needed in the context of developing countries.*

Keywords– *Problem-Based Learning (PBL), Education for Sustainable Development (ESD), higher education, engineering, sustainability.*

Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) en educación superior: Revisión de la literatura e implicaciones prácticas para su implementación en la República Dominicana

Francisco Orgaz-Agüera¹ ; Cándida María Domínguez Valerio² 
María Esther Trinidad Domínguez³ 

¹Universidad Internacional de La Rioja (UNIR), francisco.orgaz@unir.net

^{2,3}Universidad Tecnológica de Santiago, UTESA, República Dominicana, candidadominguez1@docente.utesa.edu,
esthertrinidadominguez@gmail.com

Resumen– *El Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) es una metodología educativa centrada en la resolución de problemas reales, fomentando la interdisciplinariedad, el pensamiento crítico y el aprendizaje activo. Este estudio realiza una revisión sistemática de la literatura sobre el ABP en la educación superior, con un enfoque en su aplicación en ingeniería y su integración con la Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS). Se identifican beneficios como el fortalecimiento de competencias técnicas y actitudinales, pero también desafíos, como la necesidad de formación docente y adaptación curricular. Se proponen implicaciones prácticas para su implementación en la República Dominicana, incluyendo la capacitación de profesores, la interdisciplinariedad en la formación en ingeniería y el establecimiento de alianzas con la industria. Se concluye que el ABP es una herramienta clave para mejorar la enseñanza de la sostenibilidad en educación superior, aunque se requiere mayor investigación en contextos de países en desarrollo.*

Palabras clave– *Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS), educación superior, ingeniería, sostenibilidad.*

I. INTRODUCCIÓN

En el paradigma tecnológico actual, la ingeniería ocupa un rol central dentro de las disciplinas de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM), impulsando la innovación, resolviendo problemas complejos y promoviendo el desarrollo sostenible y económico mediante soluciones interdisciplinarias [1]. Así, en la Industria 5.0, es necesario integrar una mentalidad sostenible en las prácticas de ingeniería para garantizar que los avances tecnológicos contribuyan positivamente a la gestión ambiental y al bienestar social [2]. Esta integración requiere una reevaluación de los perfiles laborales tradicionales en ingeniería para incorporar principios

de sostenibilidad [3]. Dicha reorientación puede ser fortalecida mediante el uso del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) en las universidades, fomentando un enfoque práctico y reflexivo en los futuros ingenieros [4].

La combinación del ABP con la Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS) está adquiriendo una creciente relevancia en la educación superior, especialmente en ingeniería. El ABP promueve la capacidad de resolver problemas complejos y aplicar conocimientos en situaciones reales, preparando a los estudiantes para los desafíos multifacéticos del ámbito laboral [5]. Por su parte, la EDS enseña a los estudiantes a integrar la sostenibilidad en sus prácticas, lo cual es esencial para abordar los problemas ambientales y sociales actuales [6]. La integración de ambos enfoques en los currículos universitarios podría cerrar la brecha entre la teoría académica y la práctica profesional.

La EDS y el ABP se complementan al fomentar un aprendizaje interdisciplinario y colaborativo, esencial para comprender la sostenibilidad, que integra aspectos ambientales, sociales y económicos [6]. Herramientas como el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) permiten evaluar los impactos ambientales a lo largo del ciclo de vida de los productos [7], mientras que el análisis de partes interesadas evalúa los efectos de las decisiones colaborativas en los ODS. Asimismo, el software de gestión de proyectos mejora el monitoreo de la sostenibilidad, y los Sistemas de Información Geográfica (SIG) abordan problemas socioeconómicos y ambientales [8]. Estas herramientas apoyan un pensamiento holístico y metacognitivo necesario para los desafíos de sostenibilidad [9]. El aprendizaje contextual del ABP enfatiza problemas del mundo real y su relevancia local [10], integrando la sostenibilidad en los currículos de educación superior mediante actividades específicas [11].

Por todas estas razones, las universidades deben mejorar la formación en sostenibilidad de los ingenieros. En este sentido, Álvarez et al. [12] reconocen las limitaciones en la flexibilidad de los currículos y la necesidad de un compromiso institucional más fuerte para una integración más efectiva de la sostenibilidad. Aunque las conclusiones de Álvarez et al. [12] se establecen en el contexto de estudiantes de ingeniería civil, el enfoque de nuestro estudio abarca una oferta de ingeniería más amplia. [13] Thürer et al. [13] sugieren evaluar esta integración y analizar la interacción educativa y la correlación entre las actitudes y el conocimiento sobre sostenibilidad en los estudiantes. En su estudio, realizaron una revisión sistemática sobre la integración de la sostenibilidad en los currículos de ingeniería, identificando 12 preguntas clave para investigaciones futuras. Una de las áreas críticas que proponen es la evaluación de la interacción educativa y la relación entre actitudes y conocimientos sobre sostenibilidad en los estudiantes, un aspecto que también es central en nuestro estudio.

Por lo tanto, las actitudes son clave, por un lado, para incorporar efectivamente la sostenibilidad en la educación en ingeniería [14] y, por otro, para diseñar o mejorar los programas de ABP con un enfoque en sostenibilidad [6]. Y, aunque esta integración e interacción se ha analizado previamente, se requiere más investigación para profundizar en la EDS y su relación con el ABP desde la perspectiva estudiantil. Así, Guerra [6] señala que, aunque el ABP y la EDS comparten principios fundamentales de aprendizaje como la interdisciplinariedad y el aprendizaje contextual, su integración práctica enfrenta desafíos, como la necesidad de equilibrar el conocimiento profesional con otros contextos (social, ambiental, económico). Por ello, se requiere más investigación que se enfoque en cómo los estudiantes perciben y experimentan esta integración, con el fin de identificar mejor las barreras y oportunidades desde su perspectiva y, así, desarrollar estrategias que promuevan una integración más efectiva de la sostenibilidad en el aprendizaje basado en problemas en contextos específicos.

A. *Objetivo y metodología*

El propósito de este artículo analizar de manera exhaustiva la literatura científica disponible sobre el ABP, publicada en revistas indexadas en bases de datos de alto impacto como Web of Science y Scopus. A través de una revisión sistemática, se busca identificar las principales tendencias, enfoques teóricos, áreas de aplicación, beneficios, desafíos y brechas en la implementación del ABP, con el fin de aportar implicaciones prácticas que orienten su integración en contextos educativos diversos de la República Dominicana.

II. REVISIÓN DE LA LITERATURA

A. *ABP en la educación en ingeniería*

Los retos que enfrentan los ingenieros son cada vez más complejos. Por esta razón, las universidades están adoptando

enfoques centrados en los estudiantes, como el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP). Este enfoque se desarrolla de manera muy variada y fomenta diferentes competencias en los estudiantes [15]. El ABP incorpora seis elementos clave: preguntas impulsoras, objetivos de aprendizaje claros, participación activa, colaboración, tecnologías de apoyo y la creación de artefactos tangibles [16]. Este método promueve la identificación y solución de problemas, fortaleciendo el conocimiento y las habilidades de los estudiantes [17]. De esta manera, el ABP ha sido utilizado en la enseñanza de la sostenibilidad y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) [4].

Diversos estudios han explorado el uso del ABP en programas de ingeniería, destacando sus herramientas, métodos y resultados. Por ejemplo, la Universidad de Sherbrook (Canadá) implementó el ABP como método principal de aprendizaje en Ingeniería Informática y Eléctrica, logrando resultados satisfactorios en competencias profesionales y ética en desarrollo sostenible [18]. Sin embargo, este estudio se centró únicamente en campos específicos y no abordó disciplinas más amplias de la ingeniería ni la sostenibilidad. En el Tecnológico de Monterrey (México), el ABP integró ciencias de la computación, física y matemáticas en problemas reales de ingeniería, mostrando resultados positivos en el aprendizaje estudiantil, aunque con énfasis en matemáticas y ciencias más que en sostenibilidad [19].

De manera similar, el marco Conceive-Design-Implement-Operate (CDIO) dentro del ABP simuló entornos laborales reales para preparar a los estudiantes para la práctica futura y mejorar la retención del conocimiento a largo plazo [20]. En la Universidad de Midwestern (Estados Unidos), el ABP mejoró el aprendizaje en estudiantes de Ingeniería Eléctrica, pero con una muestra limitada de 55 participantes [21]. En el Politécnico de Singapur, se desarrolló el modelo “Un día, un problema” en el ABP, fomentando el trabajo en equipo, la creatividad y el aprendizaje autodirigido [22]. Sin embargo, ninguno de estos estudios examinó cómo las actitudes de los docentes influyen directamente en los comportamientos sostenibles de los estudiantes, un factor clave para promover la sostenibilidad en las universidades [23].

Recientemente, un ejemplo de herramientas utilizadas en el ABP fue el desafío de laboratorio de bombas eólicas [24], implementado en la Universidad del País Vasco (España). Esta herramienta ilustra emblemáticamente la efectividad del aprendizaje basado en problemas, demostrando su éxito al activar herramientas heurísticas como analogías y diagramas entre los estudiantes. Sin embargo, este estudio se centra en una sola rama de la ingeniería y aborda conceptos técnicos sobre energía eólica y habilidades críticas, sin desarrollar un enfoque integral sobre actitudes, conocimientos y comportamientos sostenibles, como lo hace nuestra investigación.

La incorporación de tecnologías y cuestiones socio-científicas (SSC) ha sido validada para promover el pensamiento creativo y las habilidades esenciales para generar conocimiento futuro [25]. La integración de SSC y herramientas tecnológicas en el ABP actúa como catalizador para la adquisición de nuevos conocimientos y la comprensión de los ODS. El ABP ha demostrado ser una estrategia educativa eficaz y adaptable en disciplinas de ingeniería, mejorando la comprensión y aplicación de conocimientos técnicos y fomentando habilidades críticas necesarias para enfrentar los desafíos de un mundo globalizado y tecnológicamente avanzado [15]. Este enfoque tiene el potencial de preparar a una nueva generación de ingenieros mejor equipados para contribuir al desarrollo sostenible y la innovación tecnológica [26]. Sin embargo, la investigación futura debe ampliar la muestra para incluir más estudiantes de ingeniería en regiones en desarrollo, donde las decisiones de los ingenieros serán críticas para el desarrollo sostenible de sus países o regiones.

B. Actitudes, conocimientos y comportamientos sostenibles

Las actitudes económicas se conceptualizan como un conjunto de creencias y opiniones sobre cuestiones económicas, influenciadas por factores como experiencias personales, estatus socioeconómico y educación, pero también pueden incluir predisposiciones conductuales hacia decisiones y acciones económicas específicas [27]. Por otro lado, las actitudes sociales abarcan creencias y opiniones sobre las normas y valores dentro de una sociedad, así como predisposiciones hacia comportamientos que reflejan esos valores [28]. En cuanto a las actitudes ambientales, estas incluyen percepciones y creencias sobre el medio ambiente, así como una inclinación hacia comportamientos proambientales que pueden mejorar la calidad ambiental [29].

Además, la actitud de los estudiantes hacia los docentes es un aspecto que debe considerarse en el análisis de las actitudes de los estudiantes hacia el desarrollo sostenible. Se refiere a las creencias y opiniones de un individuo sobre los docentes y su papel en el aprendizaje [30]. Generalmente, los estudiantes de ingeniería valoran a los profesores con experiencia que fomentan el pensamiento crítico y un ambiente positivo [31]. Por su parte, las actitudes sostenibles abarcan las creencias y valores de un individuo con respecto al desarrollo sostenible y pueden mejorar el conocimiento y los comportamientos hacia el desarrollo sostenible [32]. El conocimiento sobre el desarrollo sostenible se refiere a la comprensión y conciencia de los principios, conceptos y prácticas relacionadas con la sostenibilidad [33]. Por su parte, los comportamientos sostenibles son acciones y elecciones que los individuos toman en su vida diaria para contribuir al desarrollo sostenible [34].

C. Actitudes económicas, sociales, ambientales y de los docentes, y su relación con las actitudes hacia el desarrollo sostenible

La investigación destaca la importancia de incorporar la sostenibilidad en la educación en ingeniería, sugiriendo que las actitudes ambientales de los estudiantes influyen significativamente en sus perspectivas de sostenibilidad [29]. Tang [29] encontró que un curso sobre desarrollo sostenible impactó positivamente en las creencias, actitudes e intenciones de los estudiantes hacia la sostenibilidad, pero observó un bajo a moderado acuerdo con los ítems de la encuesta, indicando un compromiso limitado. Una limitación clave del estudio de Tang [29] fue su enfoque en estudiantes que completaron un solo curso en un punto específico, sin evaluar cambios de actitud a largo plazo. Nuestra investigación aborda esto ampliando la muestra de Tang de 122 estudiantes y estudiando un contexto donde los estudiantes participan en múltiples actividades durante un curso obligatorio y eventos anuales de sostenibilidad. Este enfoque de compromiso continuo busca promover una evolución positiva sostenida en las actitudes sostenibles de los estudiantes, contrastando con el modelo de encuesta puntual de Tang, ofreciendo una comprensión más integral de los impactos a largo plazo.

Finalmente, Demir y Mucahit [35] afirmaron que las actitudes ambientales de los estudiantes pueden influir en las decisiones que toman en sus carreras, los proyectos en los que trabajan y las soluciones que diseñan. Aunque estos hallazgos son consistentes con estudios previos, el enfoque utilizado por Demir y Mucahit fue principalmente descriptivo, lo que limita la comprensión de las causas subyacentes de estas actitudes. Además, la investigación se realizó con una muestra muy pequeña de 74 estudiantes, lo que podría generar limitaciones en la obtención de resultados y generalización de conclusiones.

Los aspectos económicos también son aspectos a considerar en las actitudes y comportamientos de consumo sostenible [36]. Este estudio destaca que la asequibilidad es un factor clave que influye en las intenciones de compra de productos sostenibles, ya que los consumidores suelen percibir que los productos sostenibles son más caros, lo que puede limitar su disposición a comprar. Chakraborty y Sadachar [36] utilizaron un experimento entre sujetos con consumidores millennials en EE. UU. y descubrieron que las preocupaciones económicas, junto con la protección del medio ambiente y la deseabilidad social, influyen en las intenciones de compra de productos sostenibles. Sin embargo, estos hallazgos tienen algunas limitaciones generales, ya que se centran en una muestra específica (millennials) y un tipo particular de consumo (ropa sostenible), lo que limita la generalización de sus resultados a otras áreas de consumo o grupos demográficos.

Tang [29] indicó que las actitudes económicas de los estudiantes de ingeniería podrían influir en el desarrollo de sus actitudes hacia la sostenibilidad. Este estudio encontró que los estudiantes que valoran más los aspectos económicos tienden a mostrar menos preocupación por la sostenibilidad, lo que indica una posible tensión entre las consideraciones económicas y las actitudes prosostenibilidad. Balakrishnan et

al. [37] indicaron que la dimensión económica del desarrollo sostenible ha sido una prioridad en la formación de los estudiantes de ingeniería, lo que puede influir en sus actitudes hacia el desarrollo sostenible, sin embargo, estos datos fueron analizados con muestras pequeñas de estudiantes (108 de Japón y 117 de Malasia) y que representan solo tres carreras de ingeniería. Por lo tanto, las actitudes económicas y las actitudes hacia el desarrollo sostenible están intrínsecamente vinculadas [38], porque las actitudes económicas inciden en decisiones como la asignación de recursos, la inversión sostenible o la implementación de políticas sostenibles [39].

Las normas y valores sociales también pueden influir en los comportamientos de los individuos, incluida la participación de las personas en prácticas sostenibles [40]. El estudio de Pu et al. [40], basado en un análisis de encuestas a gran escala, concluyó que la conformidad con las normas sociales es un predictor clave del comportamiento sostenible, especialmente en comunidades donde la sostenibilidad se valora colectivamente. Si bien estos hallazgos se obtienen a partir de 31 entrevistas y el análisis de tuits, lo que podría limitar la representatividad y generalización de los resultados, ya que el tamaño de la muestra es pequeño y los tuits pueden no reflejar completamente las actitudes y comportamientos reales de la población en diferentes contextos. Por lo tanto, las identidades sociales de los individuos y las conexiones con los valores culturales pueden cambiar sus actitudes y comportamientos hacia la sostenibilidad [36]. Lograr la sostenibilidad implica consideraciones de equidad, justicia social y bienestar comunitario, además de factores ecológicos y económicos [41].

En cuanto a la influencia de las actitudes sociales de los estudiantes de ingeniería, McGee y Bentley [42] sostienen que estas pueden verse condicionadas por diversos factores, como el trasfondo cultural, los valores personales, la educación y las influencias sociales. El estudio de McGee y Bentley muestra que las preocupaciones sobre la equidad, la diversidad, la ética y el compromiso comunitario varían ampliamente entre los estudiantes, lo que sugiere que las estrategias educativas deben ser adaptativas para abordar esta diversidad de actitudes. Sin embargo, la limitación de este estudio se centra en su enfoque metodológico y su representatividad, ya que se basa en información obtenida solo de 38 entrevistas con estudiantes latinos y negros, ignorando otros grupos sociodemográficos.

Finalmente, Mckeown y Shearer [43] indican en que las actitudes sociales pueden ejercer una influencia importante en la forma en que los estudiantes de ingeniería abordan la sostenibilidad. Estos autores destacan que la formación ética y la implicación comunitaria son claves para fomentar una mentalidad sostenible en los futuros ingenieros, pero su metodología se centró en el análisis de una cuenta de Instagram y entrevistas, lo que conlleva limitaciones metodológicas por su limitada representatividad. Sin embargo, ambos estudios subrayan la necesidad de un enfoque más amplio que tenga en cuenta no solo la educación formal, sino

también las experiencias extracurriculares y las influencias de la comunidad.

Por su parte, Esa [44] sugirió la existencia de una relación entre el desempeño de los profesores y las actitudes positivas de los estudiantes hacia el medio ambiente. Utilizando un diseño de investigación correlacional, encontró que los estudiantes que perciben a sus profesores como comprometidos con la sostenibilidad tienden a desarrollar actitudes más positivas hacia el medio ambiente. Sin embargo, el estudio de Esa [44] se centra en las percepciones de una muestra de 115 profesores que enseñan biología, física, química y matemáticas, y donde los autores indican que estos profesores podrían incluir la educación para el desarrollo sostenible en su enseñanza, pero desde diferentes enfoques, metodologías y tiempos, lo que es una limitación para el análisis.

Andersson et al. [45] analizaron los impactos de la educación para el desarrollo sostenible en los estudiantes, destacando la importancia de los docentes en la promoción del desarrollo sostenible y el aumento de actitudes sostenibles entre los estudiantes. Este estudio longitudinal mostró que los docentes que integran activamente la sostenibilidad en su enseñanza logran un mayor impacto en la conciencia y el comportamiento sostenibles de los estudiantes. Sin embargo, el estudio está limitado por el hecho de que analiza a estudiantes que han participado en un solo curso teórico sobre sostenibilidad de cinco semanas de duración, centrándose en el conocimiento científico disponible para lograr el desarrollo sostenible e ignorando cuestiones prácticas para estudiar la sostenibilidad y los ODS.

Vladimirova y Blanc [46] destacaron que la formación del profesorado en sostenibilidad también es un factor clave para el éxito en la enseñanza del desarrollo sostenible. Su investigación se basa en una revisión exhaustiva de la literatura, concluyendo que la falta de una formación adecuada en sostenibilidad puede ser un obstáculo importante para que los docentes inculquen con éxito actitudes sostenibles en los estudiantes. Sin embargo, la revisión carece de datos empíricos directos, lo que sugiere la necesidad de más estudios que examinen cómo la formación específica en sostenibilidad puede mejorar las prácticas pedagógicas.

Por lo tanto, la relevancia del profesorado es vital para promover el compromiso de los estudiantes universitarios con el desarrollo sostenible [47]. De manera similar, García-Rico et al. [23] enfatizaron la importancia de la efectividad docente, mostrando que la competencia pedagógica y el conocimiento del contenido son cruciales para el éxito de los estudiantes en el desarrollo sostenible. Utilizando un enfoque cuantitativo, encuestaron a 81 estudiantes, concluyendo que la influencia del docente es significativa. Sin embargo, el pequeño tamaño de la muestra de su estudio limita la generalización y no aborda las actitudes de los estudiantes hacia la sostenibilidad. Nuestra investigación llena estos vacíos al enfocarse en las perspectivas y actitudes sostenibles de los estudiantes, proporcionando un análisis más amplio y completo de la

relación entre la efectividad docente y el compromiso con el desarrollo sostenible.

D. Actitudes económicas, sociales, ambientales y de los docentes, y su relación con las actitudes hacia el desarrollo sostenible

Aquellos estudiantes que muestran actitudes positivas e inclinación hacia la sostenibilidad pueden estar más dispuestos a aprender y profundizar en el tema, mientras que aquellos con actitudes menos favorables pueden mostrar menos interés en adquirir conocimientos más amplios [44]. Asimismo, las actitudes pueden influir en la disposición de los estudiantes a explorar perspectivas y fuentes de información relacionadas con el desarrollo sostenible [48]. Así, aquellos estudiantes con actitudes más pro-sostenibilidad pueden estar más dispuestos a participar en debates, asistir a conferencias, unirse a grupos de estudiantes relacionados con la sostenibilidad y buscar recursos adicionales para ampliar sus conocimientos [49].

Por otro lado, Bask et al. [50] examinaron cómo las actitudes menos favorables hacia la sostenibilidad pueden reducir la probabilidad de que los estudiantes participen en actividades que les permitan obtener una exposición más amplia a la información y perspectivas sobre el desarrollo sostenible. Su estudio cuantitativo reveló que los estudiantes con actitudes menos favorables tienen menos probabilidades de participar en actividades extracurriculares relacionadas con la sostenibilidad, lo que a su vez limita su conocimiento y comprensión del tema. Además, el estudio demuestra la importancia de realizar actividades, cursos u otras acciones sobre desarrollo sostenible para mejorar las percepciones de los estudiantes, más allá de un solo curso o actividad específica a lo largo de la carrera del estudiante. Si bien este estudio, y a diferencia de nuestra investigación, analiza a estudiantes de negocios.

La investigación ha sugerido que las actitudes positivas hacia la sostenibilidad pueden conducir a comportamientos más alineados con las prácticas sostenibles, como la reducción de desechos, el ahorro de energía y el apoyo a iniciativas ecológicas [51]. El estudio de Islam et al. [51] utilizó un enfoque cuantitativo basado en encuestas para evaluar la relación entre las actitudes pro-sostenibilidad y los comportamientos sostenibles en una muestra diversa de estudiantes universitarios. Los resultados indicaron una correlación positiva significativa, lo que sugiere que las actitudes pro-sostenibilidad son un predictor importante de los comportamientos verdes, aunque este estudio tiene un enfoque diferente al de nuestra investigación, ya que se centra en los empleados de restaurantes en Arabia Saudita.

La vinculación de las actitudes de los estudiantes de ingeniería y sus comportamientos sostenibles se basa en la premisa de que las creencias y los valores influyen en las acciones concretas de las personas [13]. En consecuencia, quienes tienen actitudes pro-sostenibilidad pueden tener más probabilidades de adoptar comportamientos que reflejen un compromiso con la protección de la naturaleza y la

responsabilidad social [32]. En este contexto, esta relación recomienda que la formación y la educación que promueven actitudes positivas hacia la sostenibilidad pueden tener un impacto significativo en el desarrollo de comportamientos sostenibles por parte de los estudiantes de ingeniería [32].

También se ha discutido cómo la adquisición de conocimientos influye en los comportamientos sostenibles, incluso en estudiantes universitarios [52]. El estudio de Pan et al. [53] utilizó un enfoque cuantitativo para analizar la relación entre el conocimiento de la sostenibilidad y la adopción de comportamientos sostenibles en una muestra diversa de estudiantes, pero a diferencia de nuestro estudio, se centra en estudiantes de turismo. Los resultados mostraron que un mayor conocimiento sobre temas de sostenibilidad se asocia con una mayor probabilidad de que los estudiantes adopten comportamientos responsables en su vida diaria.

En este contexto, el conocimiento de los estudiantes de ingeniería sobre la sostenibilidad es relevante para la formación de sus comportamientos sostenibles [54]. Así, cuando los estudiantes obtienen una comprensión sólida de los principios y desafíos relacionados con la sostenibilidad, están mejor preparados para tomar decisiones informadas y adoptar prácticas responsables en su futuro trabajo como ingenieros [55].

III. IMPLICACIONES PRÁCTICAS PARA LA REPÚBLICA DOMINICANA

La revisión de la literatura anterior proporciona una base para establecer implicaciones prácticas importantes para el avance del conocimiento en la educación en ingeniería y sostenibilidad. La relación entre las actitudes hacia los docentes y el desarrollo de actitudes sostenibles en los estudiantes es particularmente relevante, ya que pone de relieve la necesidad de que los docentes, además de ser transmisores de conocimientos técnicos, sean también modelos a seguir en materia de sostenibilidad. En este sentido, la adopción de un enfoque interdisciplinario en la educación en ingeniería permite a los estudiantes desarrollar una comprensión integral de las cuestiones de sostenibilidad, lo cual es fundamental para el logro de los ODS. La implementación del ABP como metodología en este contexto facilita el aprendizaje de conceptos sostenibles y fomenta la capacidad de los estudiantes para trabajar en equipos diversos y resolver problemas complejos. Más específicamente, se sugieren las siguientes implicaciones prácticas para las carreras de ingeniería:

a) Necesidad de formación del profesorado en sostenibilidad y ABP: La implementación de programas de formación del profesorado en sostenibilidad y ABP es esencial, dada la importante influencia que tienen los educadores en las actitudes sostenibles de los estudiantes. Un plan de formación en ABP y los principios de la EDS ayudaría a los profesores a integrar eficazmente los ODS en el currículo, facilitando que los estudiantes internalicen estos

valores a través de metodologías prácticas y significativas. En concreto, las universidades dominicanas podrían establecer un programa de desarrollo docente que incluya talleres y cursos sobre ABP y EDS, donde los profesores de ingeniería trabajen en colaboración con expertos en sostenibilidad y pedagogía para diseñar estrategias y actividades alineadas con los ODS, como proyectos de eficiencia energética o gestión de residuos.

b) Fomento de la interdisciplinariedad en la formación en ingeniería: La sostenibilidad es un reto inherentemente multidimensional, que requiere un enfoque holístico que integre conocimientos técnicos, ambientales, sociales y económicos. Así, la interdisciplinariedad permite a los estudiantes de ingeniería desarrollar una comprensión completa de los problemas y aprender a abordarlos en colaboración con profesionales de otras áreas. Así, en las universidades dominicanas se podrían promover la interdisciplinariedad mediante la creación de proyectos conjuntos entre las facultades de ingeniería, ciencias económicas y ciencias sociales. Por ejemplo, un proyecto interdisciplinario podría consistir en que estudiantes de ingeniería colaboraran con estudiantes de ciencias económicas y sociales para diseñar soluciones tecnológicas, como sistemas de energía renovable, dirigidas a pequeñas empresas de comunidades locales. Este tipo de experiencias prepara a los estudiantes para resolver problemas complejos y, además, les permite desarrollar habilidades para trabajar en equipos multidisciplinares.

c) Aplicación de la metodología PBL para abordar problemas reales: Se ha demostrado que el uso de PBL en asignaturas y en las actividades tiene un impacto positivo en las actitudes y conocimientos de sostenibilidad de los estudiantes. Esto sugiere que el PBL es una metodología eficaz para que los estudiantes aborden problemas complejos y reales, que reflejen los desafíos de sostenibilidad que encontrarán en su vida profesional. En este contexto, las universidades dominicanas podrían desarrollar módulos específicos de sostenibilidad en los que los estudiantes de ingeniería deban diseñar y ejecutar proyectos que den respuesta a problemas locales, como la gestión de residuos sólidos o la eficiencia energética en edificaciones. Además, se recomienda que las universidades desarrollen programas de colaboración con la industria, que permitan a los estudiantes trabajar en proyectos con empresas locales que afronten retos de sostenibilidad, promoviendo así una conexión práctica y relevante entre la teoría y la práctica.

d) Implementación de un sistema de evaluación integral: Para evaluar de manera integral los aprendizajes y actitudes de los estudiantes, se necesita un sistema de evaluación que mida los conocimientos técnicos, pero también cómo los estudiantes aplican estos conocimientos en situaciones prácticas y su disposición hacia la sostenibilidad. En este contexto, las universidades dominicanas podrían implementar un sistema de evaluación basado en rúbricas, que incluyan criterios específicos sobre la aplicación de conceptos sostenibles y el desarrollo de actitudes pro-sostenibles. Este sistema podría

incluir autoevaluaciones y evaluaciones entre pares, donde los estudiantes reflexionen sobre su propio progreso en términos de competencias sostenibles y reciban retroalimentación de sus pares y profesores sobre su compromiso y desempeño en proyectos de sostenibilidad.

e) Enfoque práctico en colaboración con la comunidad y la industria: La colaboración con la industria y la comunidad permite a los estudiantes aplicar sus conocimientos en contextos reales y relevantes, reforzando el aprendizaje y facilitando la internalización de prácticas sostenibles. Este enfoque prepara a los estudiantes para enfrentar problemas en su carrera profesional y contribuye a mejorar la calidad de vida en las comunidades locales. En este sentido, las universidades dominicanas podrían establecer alianzas con empresas locales en sectores como energía, gestión de residuos y tecnología, en las que los estudiantes desarrollen soluciones a problemas específicos de sostenibilidad que enfrentan algunas comunidades locales. De esta manera, tecnologías sostenibles, como sistemas de agua potable o soluciones de bajo costo para la gestión de residuos, podrían implementarse en comunidades de bajos ingresos.

Las implicaciones anteriores pueden implementarse en diferentes contextos y, por esta razón, se propone un plan de acción por fases, que permita una aplicación escalonada, asegurando la coherencia y alineación entre cada fase, con el objetivo de promover la educación en sostenibilidad y preparar a los estudiantes de ingeniería para enfrentar desafíos complejos en el ámbito profesional. Además, cada fase incluye lineamientos sobre diseño, planificación y evaluación para maximizar el impacto del plan:

Primera fase: Desarrollo de programas de formación docente. El objetivo de esta fase es formar a los docentes en sostenibilidad y ABP, para que integren estas metodologías y los ODS en sus prácticas educativas. Se propone desarrollar un programa de formación que incluya talleres prácticos, cursos teóricos y sesiones de mentoría. Este programa debe estructurarse en módulos que aborden los fundamentos de la sostenibilidad y su relación con los ODS, estrategias y metodologías de enseñanza basadas en ABP, y diferentes casos de estudio y mejores prácticas en educación para la sostenibilidad. Es recomendable organizar el programa en un cronograma semestral o anual de actividades, permitiendo que los docentes participen en diferentes momentos durante el año académico. Así, cada sesión debe contar con objetivos de aprendizaje claros y actividades que permitan la aplicación de los conocimientos adquiridos. Asimismo, se debe evaluar la efectividad del programa mediante encuestas a los participantes antes y después de la capacitación, además de observar la implementación de los conceptos en el aula. Los resultados de estas evaluaciones ayudarán a ajustar el programa en futuras ediciones.

Segunda fase: Incorporación de módulos específicos de sostenibilidad mediante ABP. El objetivo de esta fase es integrar módulos específicos de sostenibilidad mediante ABP en diversas asignaturas de ingeniería, donde los estudiantes se

enfrentan a problemas que requieren soluciones prácticas e innovadoras. Se propone desarrollar módulos que incluyan casos reales y desafíos prácticos relacionados con la sostenibilidad. Estos módulos deben enfrentar a los estudiantes a problemas complejos, como la reducción de la huella de carbono o el diseño de tecnologías sostenibles; e incluir actividades de investigación y desarrollo de prototipos, en las que los estudiantes trabajen en equipo y apliquen los conocimientos técnicos. A partir de una fase de planificación, se deben incorporar módulos ABP a las asignaturas del currículo de ingeniería, asegurando que sean liderados por docentes capacitados en la fase 1. La implementación de los módulos debe planificarse a lo largo del semestre, con etapas de investigación, desarrollo y presentación de soluciones. Estos módulos deberán ser evaluados periódicamente a través de rúbricas, con el fin de medir la aplicabilidad y creatividad de las soluciones propuestas, así como la colaboración y compromiso de los estudiantes con la sostenibilidad. La retroalimentación obtenida podrá ser utilizada para ajustar los módulos en función de los retos encontrados por los estudiantes.

Tercera fase: Creación de proyectos interdisciplinarios. El objetivo de esta fase es fomentar la colaboración entre estudiantes de diferentes facultades para resolver problemas de sostenibilidad, integrando conocimientos de ingenierías, ciencias ambientales, economía, ciencias sociales y otras disciplinas. Los líderes de estos proyectos serán los docentes formados en la fase 1. Se deberán diseñar proyectos interdisciplinarios que se enfoquen en problemas locales de sostenibilidad. Estos proyectos deberán enfrentar a los estudiantes a retos reales, como la gestión de residuos o la eficiencia energética en la comunidad. Asimismo, se deberá exigir a los equipos que utilicen metodologías ABP para investigar, planificar y proponer soluciones innovadoras. Además, se deberán incluir roles específicos para cada disciplina, asegurando que todos los participantes apliquen sus conocimientos técnicos. Para el desarrollo de esta fase se deberá establecer un cronograma de trabajo en el que los equipos interdisciplinarios puedan colaborar a lo largo del semestre, con hitos específicos de avance y sesiones de retroalimentación. Además, se deben proporcionar recursos y un ambiente de trabajo colaborativo que facilite la integración de perspectivas diversas. Los proyectos también deben evaluarse en función de los resultados alcanzados, la calidad de las soluciones propuestas y la colaboración interdisciplinaria.

Cuarta fase: Establecer alianzas con la industria y la comunidad. El objetivo de esta fase es crear vínculos con empresas y organizaciones comunitarias para que los estudiantes puedan aplicar sus conocimientos a problemas reales de sostenibilidad, beneficiando tanto a la industria como a la comunidad. Estas actividades también serán lideradas por los docentes formados en la fase 1. Durante esta fase se deben identificar y formalizar acuerdos de colaboración con empresas y comunidades locales que enfrentan retos de

sostenibilidad, donde se definan los roles y responsabilidades de las empresas, la universidad y los estudiantes. También se deben establecer proyectos de colaboración, donde los estudiantes participen en la solución de problemas específicos de sostenibilidad en la industria o la comunidad. Para ello, se debe planificar un cronograma de actividades y visitas en el que los estudiantes puedan interactuar directamente con representantes de la industria y la comunidad. Es importante asegurar un mentor o enlace en cada organización colaboradora que pueda guiar y evaluar el desempeño de los estudiantes, y que esté interactuando con el docente líder en todo momento. Finalmente, se debe medir el impacto de los proyectos en la industria y la comunidad a través de encuestas y retroalimentación de los socios.

Quinta fase: Desarrollo de un sistema de evaluación integral que permita evaluar las actitudes, conocimientos y comportamientos de los estudiantes que han participado en las fases 3 y 4. Así, el objetivo de esta fase es implementar un sistema de evaluación que valore tanto los conocimientos técnicos como las actitudes y comportamientos sostenibles de los estudiantes. Para ello, se recomienda crear un sistema de evaluación integral que incluya rúbricas para evaluar competencias técnicas, actitudinales y transversales (trabajo en equipo, comunicación, pensamiento crítico, entre otras); herramientas de evaluación continua, como proyectos, reflexiones escritas y presentaciones; y un componente de autoevaluación y evaluación entre pares, que permita a los estudiantes reflexionar sobre su aprendizaje y sus actitudes hacia la sostenibilidad. Para ello, se deben definir momentos de evaluación a lo largo del curso, asegurando que los estudiantes reciban retroalimentación continua y puedan ajustar su enfoque de aprendizaje. Asimismo, se deben implementar evaluaciones formativas y sumativas que midan tanto el progreso individual como el desempeño del equipo. Es importante analizar los resultados de las evaluaciones para identificar áreas de mejora en el sistema. Asimismo, los datos recopilados en las evaluaciones deben utilizarse para mejorar la alineación del currículo con los objetivos de sostenibilidad.

Asimismo, para asegurar que el plan de acción específico de cada universidad esté alineado con los objetivos de sostenibilidad, y que cada fase esté conectada con las demás, se recomienda realizar una evaluación global al final de cada ciclo académico. Esta evaluación podría incluir una revisión de logros y desafíos; un análisis de la satisfacción y resultados de los estudiantes; el impacto de los proyectos desarrollados en la comunidad y la industria; y un análisis global para desarrollar acciones de actualización continua del currículo, asegurando que el plan evolucione y se adapte a las necesidades cambiantes de los estudiantes y la sociedad. Estas implicaciones son fundamentales para preparar a los futuros ingenieros para los desafíos de un mundo en constante cambio y contribuir de manera efectiva a los ODS.

Finalmente, es necesario destacar que la implementación del ABP y de la EDS en el contexto dominicano también plantea retos particulares para el profesorado con mayor

trayectoria, que puede no estar familiarizado con metodologías activas centradas en el estudiante ni con los enfoques interdisciplinarios que exige la sostenibilidad. Estos docentes, con frecuencia formados bajo modelos tradicionales y con experiencia acumulada en métodos expositivos, podrían enfrentar barreras relacionadas con la resistencia al cambio, la brecha digital o la percepción de complejidad metodológica del ABP. Por ello, los programas de formación docente deben considerar estrategias diferenciadas que favorezcan la inclusión activa de este grupo, incorporando módulos de actualización metodológica progresiva, mentorías intergeneracionales y espacios colaborativos de co-diseño curricular que reconozcan su experiencia como un valor clave para la transformación educativa. Este enfoque favorecería una transición pedagógica más efectiva, así como una cohesión del cuerpo docente hacia una visión compartida de sostenibilidad educativa.

IV. CONCLUSIONES

La implementación del ABP en la educación superior, particularmente en las disciplinas de ingeniería, representa una oportunidad estratégica para alinear los currículos universitarios con los ODS. A través de esta revisión sistemática, se evidencia que el ABP, en sinergia con la EDS, fomenta un aprendizaje activo, interdisciplinario y orientado a la resolución de problemas reales, que son características esenciales para preparar a los futuros ingenieros frente a los desafíos de la sostenibilidad. Este enfoque educativo promueve el desarrollo de competencias técnicas e incide positivamente en las actitudes y comportamientos sostenibles de los estudiantes, factores cruciales para su desempeño profesional y contribución al bienestar social y ambiental.

Los hallazgos sobre la revisión de la literatura de este estudio destacan que la formación de los docentes en ABP y sostenibilidad es una condición necesaria para garantizar la efectiva integración de estos enfoques en los programas de ingeniería. Los docentes son transmisores de conocimientos y catalizadores de actitudes y modelos de comportamiento sostenible. Asimismo, se destaca la importancia de fomentar la interdisciplinariedad en la educación en ingeniería, permitiendo a los estudiantes colaborar con profesionales de diversas áreas para abordar problemas complejos desde perspectivas integrales. Este enfoque, combinado con la implementación de proyectos prácticos y colaboraciones con la industria y la comunidad, fortalece el aprendizaje técnico y prepara a los estudiantes para enfrentar problemas reales en contextos laborales y comunitarios.

Las implicaciones prácticas propuestas en este trabajo ofrecen una hoja de ruta clara para la integración del ABP en el contexto dominicano, destacando la necesidad de un plan de acción por fases que asegure la coherencia y sostenibilidad de las iniciativas. Este enfoque escalonado permite abordar las complejidades asociadas con la implementación del ABP y la EDS, garantizando que las universidades adapten sus prácticas

pedagógicas de manera progresiva y efectiva. Adicionalmente, se resalta la relevancia de un sistema de evaluación integral que capture los aprendizajes técnicos, pero también las actitudes y comportamientos sostenibles, proporcionando una retroalimentación valiosa para estudiantes, docentes y gestores universitarios.

Sin embargo, este estudio no está exento de limitaciones. Una de las principales es la escasez de investigaciones que exploren la implementación simultánea del ABP y la EDS en contextos de países en desarrollo, como la República Dominicana. Aunque se han documentado numerosos casos de éxito en países desarrollados, la transferencia de estos modelos educativos a contextos con restricciones presupuestarias, carencias tecnológicas y limitaciones institucionales requiere ajustes que aún no han sido suficientemente explorados. En términos metodológicos, futuras investigaciones deben enfocarse en diseñar estudios longitudinales que permitan analizar la evolución de las actitudes y comportamientos sostenibles de los estudiantes a lo largo de su formación universitaria, así como evaluar el impacto de las estrategias de enseñanza propuestas en este trabajo. Además, es importante explorar el papel de las tecnologías emergentes, como la inteligencia artificial y la realidad virtual, como herramientas complementarias en la implementación del ABP y la EDS.

Otra línea de investigación sugerida es el análisis comparativo de las actitudes hacia la sostenibilidad entre estudiantes de diferentes contextos socioculturales y económicos. Este enfoque permitiría identificar factores contextuales que influyen en la efectividad del ABP y la EDS, contribuyendo a la adaptación de estas metodologías a diversas realidades educativas. Por último, se recomienda profundizar en el diseño de sistemas de evaluación que integren indicadores de sostenibilidad, fomentando un enfoque basado en evidencia para la mejora continua de los currículos universitarios.

REFERENCIAS

- [1] Kolmos A, Holgaard JE, Routhé HW, Winther M, Bertel L. Interdisciplinary project types in engineering education". *European Journal of Engineering Education*. 2024;49(2):257–82.
- [2] Ramírez-Márquez C, Posadas-Paredes T, Raya-Tapia AY, Ponce-Ortega JM. Natural Resource Optimization and Sustainability in Society 5.0: A Comprehensive Review". *Resources*. 2024;13(2).
- [3] Byrne EP. The evolving engineer; professional accreditation sustainability criteria and societal imperatives and norms". *Education for Chemical Engineers*. 2023;43:23–30.
- [4] Llach C, Bastida L. Exploring innovative strategies in problem-based learning to contribute to sustainable development: a case study". *International Journal of Sustainability in Higher Education*. 2023;24(9):159–77.
- [5] Quelhas OLG, Lima GBA, Ludolf NVE, Meiriño MJ, Abreu C, Anholon R, et al. Engineering education and the development of competencies for sustainability". *International Journal of Sustainability in Higher Education*. 2019;20(4):614–29.
- [6] Guerra A. Integration of sustainability in engineering education: Why is PBL an answer?". *International Journal of Sustainability in Higher Education*. 2017;18(3):436–54.

- [7] Sikand M, Mazzatenta C, Wong K, Bush J, Socha AM. Two Year Community: Sustainability, Energy, and the Green Economy: An Interdisciplinary Course on Environmental Sustainability and Life Cycle Analysis". *Journal of College Science Teaching*. 2021;50(3):8–16.
- [8] Hoyo P-D, Mora R, Martí-Ciriquián H, Pertegal-Felices P, Mollá-Sirvent ML. Introducing innovative technologies in higher education: An experience in using geographic information systems for the teaching-learning process. *Computer applications in engineering education*. 2020;28:1110–27.
- [9] Scholz RW, Lang DJ, Wiek A, Walter AI, Stauffacher M. Transdisciplinary case studies as a means of sustainability learning: Historical framework and theory". *International Journal of Sustainability in Higher Education*. 2006;7(3):226–51.
- [10] Chiba M, Sustarsic M, Perriton S, Edwards DB. Investigating effective teaching and learning for sustainable development and global citizenship: Implications from a systematic review of the literature". *International Journal of Educational Development*. 2021;81.
- [11] Janssens L, Kuppens T, Mulá I, Staniskienė E, Zimmermann AB. Do European quality assurance frameworks support integration of transformative learning for sustainable development in higher education?". *International Journal of Sustainability in Higher Education*. 2022;23(8):148–73.
- [12] Álvarez I, Etxeberria P, Alberdi E, Pérez-Acebo H, Eguia I, García MJ. Sustainable civil engineering: Incorporating sustainable development goals in higher education curricula". *Sustainability*. 2021;13.
- [13] Thürer M, Tomašević I, Stevenson M, Qu T, Huisingh D. A systematic review of the literature on integrating sustainability into engineering curricula". *Journal of Cleaner Production*. 2018;181:608–17.
- [14] Leifler O, Dahlin JE. Curriculum integration of sustainability in engineering education-a national study of programme director perspectives. *International Journal of Sustainability in Higher Education*. 2020;21(5):877–94.
- [15] Boelt AM, Kolmos A, Holgaard JE. Literature review of students' perceptions of generic competence development in problem-based learning in engineering education". *European Journal of Engineering Education*. 2022;47(6):1399–420.
- [16] Karan E, Brown L. Enhancing Student's Problem-Solving Skills through Project-Based Learning". *Journal of Problem Based Learning in Higher Education*. 2022;10(1):74–87.
- [17] Sukackė V, Guerra AOPDC, Ellinger D, Carlos V, Petronienė S, Gaižiūnienė L, et al. Towards active evidence-based learning in engineering education: A systematic literature review of PBL, PjBL, and CBL". *Sustainability*. 2022;14.
- [18] Lachiver G, Dalle D, Boutin N, Clavet A, Michaud F, Dirand JM. Competency-and Project-Based Programs in Electrical & Computer Engineering at the Université de Sherbrooke". *IEEE Canadian Review*. 2002;41:21–4.
- [19] Polanco R, Calderón P, Delgado F. Effects of a problem-based learning program on engineering students' academic achievements in a Mexican university. *Innovations in Education and Teaching International*. 2004;41(2):145–55.
- [20] Strobel J, Van Barneveld A. When is PBL more effective? A meta-synthesis of meta-analyses comparing PBL to conventional classrooms". *Interdisciplinary journal of problem-based learning*. 2009;3:44–58.
- [21] Yadav A, Subedi D, Lundberg MA, Bunting CF. Problem-based learning: Influence on students' learning in an electrical engineering course". *Journal of Engineering Education*. 2011;100(2):253–80.
- [22] O'Grady G, Yew E, Goh KPL, Schmidt H, editores. One-day, one-problem: An approach to problem-based learning. 2012a ed. Singapur, Singapur: Springer; 2014.
- [23] García-Rico L, Martínez-Muñoz LF, Santos-Pastor ML, Chiva-Bartoll O. Service-learning in physical education teacher education: A pedagogical model towards sustainable development goals". *International Journal of Sustainability in Higher Education*. 2021;22(4):747–65.
- [24] Ulazia A, Ibarra-Berastegi G. Problem-based learning in University studies on Renewable Energies: Case of a laboratory windpump. *Sustainability* [Internet]. 2020;12(6):2495. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/su12062495>
- [25] Hernández-Ramos J, Perna J, Cáceres-Jensen L, Becerra J. The effects of using socio-scientific issues and technology in problem-based learning: A systematic review". *Education Sciences*. 2021;11(10).
- [26] Mann L, Chang R, Chandrasekaran S, Coddington A, Daniel S, Cook E, et al. From problem-based learning to practice-based education: A framework for shaping future engineers". *European Journal of Engineering Education*. 2021;46(1):27–47.
- [27] Melcher CR. Economic Insecurity and the Racial Attitudes of White Americans". *American Politics Research*. 2023;51(3):343–56.
- [28] Panzone L, Hilton D, Sale L, Cohen D. Socio-demographics, implicit attitudes, explicit attitudes, and sustainable consumption in supermarket shopping". *Journal of Economic Psychology*. 2016;55:77–95.
- [29] Tang KHD. Correlation between sustainability education and engineering students' attitudes towards sustainability". *International Journal of Sustainability in Higher Education*. 2018;19(3):459–72.
- [30] Straková J, Simonová J, Greger D. The impact of teacher attitudes on student achievement". *Czech Sociological Review*. 2018;54(5):727–48.
- [31] Tian L, Hennebry M. Chinese learners' perceptions towards teachers' language use in lexical explanations: A comparison between Chinese-only and English-only instructions. *System* [Internet]. 2016;63:77–88. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.system.2016.08.005>
- [32] Aleixo AM, Leal S, Azeiteiro UM. Higher education students' perceptions of sustainable development in Portugal". *Journal of Cleaner Production*. 2021;327.
- [33] Aginako Z, Peña-Lang MB, Bedialauneta MT, Guraya T. Analysis of the validity and reliability of a questionnaire to measure students' perception of inclusion of sustainability in engineering degrees". *International Journal of Sustainability in Higher Education*. 2021;22(6):1402–20.
- [34] Han H. Consumer behavior and environmental sustainability in tourism and hospitality: A review of theories, concepts, and latest research". *Journal of Sustainable Tourism*. 2021;29(7):1021–42.
- [35] Demir H, Mucahit K. Effects of STEM activities in nature on students' environmental attitudes, STEM career interests, and engineering perceptions". *Journal of Education in Science Environment and Health*. 2022;8(4):348–65.
- [36] Chakraborty S, Sadachar A. Why Should I Buy Sustainable Apparel? Impact of User-Centric Advertisements on Consumers' Affective Responses and Sustainable Apparel Purchase Intentions". *Sustainability*. 2022;14.
- [37] Balakrishnan B, Tochinnai F, Kanemitsu H. Education for sustainable development in Japan and Malaysia: a comparative study among engineering undergraduates". *International Journal of Sustainability in Higher Education*. 2021;22(4):891–908.
- [38] Hopwood B, Mellor M, Brien G. Sustainable development: mapping different approaches". *Sustainable Development*. 2005;13(1):38–52.
- [39] Sima V, Gheorghe IG, Subić J, Nancu D. Influences of the industry 4.0 revolution on the human capital development and consumer behavior: A systematic review". *Sustainability*. 2020;12.
- [40] Pu R, Tanamee D, Jiang S. Digitalization and higher education for sustainable development in the context of the Covid-19 pandemic: A content analysis approach". *Problems and Perspectives in Management*. 2022;20(1):27–40.
- [41] Summers JK, Smith LM. The role of social and intergenerational equity in making changes in human well-being sustainable. *Ambio* [Internet]. 2014;43(6):718–28. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s13280-013-0483-6>
- [42] Mcgee E, Bentley L. The equity ethic: Black and Latinx college students reengineering their STEM careers toward justice". *American Journal of Education*. 2017;124(1):1–36.
- [43] McKeown C, Shearer L. Taking sustainable fashion mainstream: Social media and the institutional celebrity entrepreneur". *Journal of Consumer Behaviour*. 2019;18(5):406–14.
- [44] Esa N. Environmental knowledge, attitude and practices of student teachers". *International Research in Geographical and Environmental Education*. 2010;19(1):39–50.
- [45] Andersson K, Jagers SC, Lindskog A, Martinsson J. Learning for the future? Effects of education for sustainable development (ESD) on teacher education students". *Sustainability*. 2013;5:5135–52.

- [46] Vladimirova K, Blanc L. Exploring links between education and sustainable development goals through the lens of UN flagship reports". Sustainable Development. 2016;24(4):254–71.
- [47] Moríña A. The keys to learning for university students with disabilities: Motivation, emotion and faculty-student relationships". PloS One. 2019;14(5).
- [48] Nousheen A, Zai SAY, Waseem M, Khan SA. Education for sustainable development (ESD): Effects of sustainability education on pre-service teachers' attitude towards sustainable development (SD)". Journal of Cleaner Production. 2020;250.
- [49] Sidiropoulos E. The contribution of tertiary sustainability education to student knowledge, views, attitudes and behaviour toward sustainability. Victoria University, Melbourne; 2019.
- [50] Bask A, Halme M, Kallio M, Kuula M. Business students' value priorities and attitudes towards sustainable development". Journal of Cleaner Production. 2020;264.
- [51] Islam JU, Nazir O, Rahman Z. Sustainably engaging employees in food wastage reduction: A conscious capitalism perspective". Journal of Cleaner Production. 2023;389.
- [52] Alsaati T, El-Nakla S, El-Nakla D. Level of sustainability awareness among university students in the eastern province of Saudi Arabia". Sustainability. 2020;12.
- [53] Pan SL, Chou J, Morrison AM, Huang WS, Lin MC. Will the future be greener? The environmental behavioral intentions of university tourism students". Sustainability. 2018;10.
- [54] Zamora-Polo F, Sánchez-Martín J. Teaching for a better world. Sustainability and sustainable development goals in the construction of a change-maker university". Sustainability. 2019;11(15):4224.
- [55] Mihelcic JR, Zimmerman JB. Environmental engineering: Fundamentals, sustainability, design. New Jersey, NJ: John Wiley & Sons; 2021.