

Environmental Sciences & Practices

JULIO - DICIEMBRE, 2025

VOL. 3 NÚM. 1



EQUIPO EDITORIAL / EDITORIAL TEAM / EQUIPA EDITORIAL

Editores Jefes / Editors in chief / Editores Chefes

Dr. Juan Carlos Tójar Hurtado. Universidad de Málaga, España

Dra. Leticia C. Velasco Martínez. Universidad de Málaga, España

Dr. Ángel López Flores. Instituto Politécnico Nacional, México

Secretaria / General Secretary / Secretário Geral

Dra. Mariana Gómez Vicario. Universidad de Jaén, España

Editores Asociados / Associate Editors / Editores associados

Dra. Marcia Eugenio Gozalbo. Universidad de Valladolid, España

Dra. Susana Sastre Merino. Universidad Politécnica de Madrid, España

Dra. María Calero Linares. Universidad de Valencia, España

Dr. Rafael Suárez López. Universidad de Salamanca, España

Dra. Mahsa Mapar. Universidad Aberta, Portugal

Dra. Lucía Terán Canduela. Universidad Europea del Atlántico, España

Patrocinadores:

Funiber - Fundación Universitaria

Iberoamericana

Universidad internacional Iberoamericana.

Campech

e

(México)

Universidad Europea del Atlántico.

Santander (España)

Universidad Internacional Iberoamericana.

Puerto

Rico (EE. UU)

Universidade Internacional do Cuanza. Cuito (Angola)

Colaboran:

Centro de Investigación en Tecnología

Industrial de Cantabria (CITICAN)

Grupo de Investigación IDEO (HUM 660) -

Universidad de Jaén

Centro de Innovación y Transferencia

Tecnológica de Campeche (CITTECAM) -

México.

Environmental Sciences and Practices, Año 2025, Volumen 3, número 1, Julio-Diciembre 2025, es una Publicación semestral editada por la Universidad Internacional Iberoamericana A.C., Calle 15 No. 36 entre 10 y 12, Col. Imi II, C.P. 24560, Campeche, Campeche, Tel. (981) 81-102-46, Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2021-061614175700-203, ISSN en trámite, <https://www.mlsjournals.com/Environmental-Science-Practices>, secretaria2@mlsjournals.com, Editores responsables: Dr. Juan Carlos Tójar Hurtado, Dra. Leticia C. Velasco Martínez y Dr. Ángel Lopez Flores. Responsable de la última actualización de este número, Gestora de la Revista, Mariana Gómez Vicario, Calle 15 No. 36 entre 10 y 12, Col. Imi II, C.P. 24560, Campeche, Campeche.

SUMARIO / SUMMARY / RESUMO

▪ Editorial	4
▪ Descubriendo el mar: análisis de los niveles de alfabetización oceánica y polar en una muestra de estudiantes universitarios.....	6
<i>Laura Martín García. Universidad de Salamanca, España, Anne Marie Ballegeer. Universidad de Salamanca, España, Diana Ochoa. Universidad de Salamanca, España, Andrés Rigual-Hernández, Universidad de Salamanca, España, María Ángeles Bárcena, Universidad de Salamanca, España y José-Abel Flores. Universidad de Salamanca, España.</i>	
Discovering the Sea: an analysis of Ocean and Polar Literacy	
▪ Percepção dos impactos ambientais industriais em alunos da 8 ^a classe do colegio BG 0007 Comandante Dangereux Catumbela.....	29
<i>Adelino Hoka Chindombe. Universidad Europea del Atlántico, España</i>	
Perception of industrial environmental impacts among 8th-grade students at College BG 0007 Commander Dangereux, Catumbela, Angola	
▪ Educación ambiental, consumo responsable y tres R: revisión para fomentar prácticas sostenibles del majero de residuos urbanos.....	43
<i>Diana Patricia Mora Méndez. Universidad Europea del Atlántico</i>	
Environmental education, responsible consumption and the three Rs: a review to promote sustainable urban waste management practices	
▪ Contribución del Ejército Nacional de Colombia en el control delitos ambientales y la restauración de ecosistemas.....	58
Contribution of Colombian Army in control environmental crimes and ecosystem restoration	
▪ Projeto de uma central de energía solar fotovoltaica para iluminação pública, na centralidade da Praia amélia em Moçâmedes, Angola	75
<i>Abel Utalica, Universidad Europea del Atlántico, España</i>	
Project for a photovoltaic Solar Power plant for Public Lighting in the Centrality of Praia Amélia in Moçâmedes, Angola	

EDITORIAL

Con gran ilusión presentamos este nuevo número de Environmental Sciences & Practices. En un contexto de urgencia ecológica y climática, la comunidad científica se enfrenta al imperativo de trascender la mera descripción de los problemas para ofrecer vías de acción claras y fundamentadas. Este volumen, en su diversidad geográfica y temática, integra precisamente ese espíritu de transición hacia una ciencia transformadora. Los cinco artículos que lo componen, de manera orgánica y no premeditada, trazan un arco narrativo poderoso: Inician con un diagnóstico de la conciencia ambiental en diferentes escalas, avanzan hacia la propuesta de estrategias educativas e institucionales, y culminan con la presentación de una solución técnica concreta. Esta progresión natural desde la comprensión hacia la aplicación constituye el corazón de una práctica ambiental relevante y efectiva.

El viaje comienza con una evaluación amplia en Descubriendo el Mar: análisis de los niveles de Alfabetización Oceánica y Polar en una muestra de estudiantes universitarios. Mediante un cuestionario piloto, este estudio evalúa el conocimiento y la percepción sobre ecosistemas marinos y polares en población universitaria hispanohablante. Un hallazgo crucial y poco esperado revela que vivir cerca del mar no garantiza una mayor alfabetización oceánica, esquivando supuestos comunes y redirigiendo el foco hacia la calidad de la educación formal. Este trabajo es fundamental para pedagogos y diseñadores curriculares, pues evidencia brechas específicas de conocimiento y subraya la necesidad de integrar sólidamente las ciencias del mar en la formación, sentando las bases para una ciudadanía informada capaz de proteger estos ecosistemas críticos.

Complementando esta visión global, el estudio Percepção dos impactos ambientais industriais em alunos da 8^a classe do Colégio BG 0007 Comandante Dangereux Catumbela, Angola, aplica un diagnóstico focalizado. A través de una metodología cuantitativa, evalúa la conciencia ambiental de jóvenes estudiantes ante los impactos industriales en su comunidad local. El resultado es revelador y alarmante: los alumnos no poseen un nivel de percepción satisfactorio. Este hallazgo es una llamada de atención directa para gestores educativos y ambientales, ya que destaca una peligrosa desconexión entre la realidad industrial y la formación ciudadana. Su lectura es esencial para comprender la urgencia de contextualizar la educación ambiental, vinculándola a las presiones socioeconómicas reales que configuran el entorno inmediato.

Frente a estas carencias diagnosticadas, se erige la revisión Educación ambiental, consumo responsable y tres R: revisión para fomentar prácticas sostenibles del manejo de residuos. Este artículo ofrece el marco teórico y estratégico necesario, sintetizando el estado del arte de la educación ambiental, el consumo responsable y la estrategia de las Tres R como pilares para la gestión sostenible de residuos. Su relevancia es transversal: proporciona a educadores una base documental sólida para el diseño de programas y ofrece a responsables de políticas un argumento robusto para priorizar la economía circular. Constituye un puente indispensable entre la identificación de un problema y la formulación de una respuesta educativa sistémica.

La respuesta debe también escalarse a niveles institucionales más amplios. El análisis cualitativo Contribución del Ejército Nacional de Colombia en el control de delitos ambientales y la restauración de ecosistemas; examina el rol de un actor institucional clave en la seguridad ambiental. Documenta operaciones contra delitos como la deforestación y el tráfico de fauna, al tiempo que identifica desafíos críticos en capacidad técnica y doctrina especializada. Este artículo es lectura obligada para analistas en gobernanza y seguridad, pues amplía el concepto de protección hacia la integridad ecológica y plantea un debate

urgente sobre el fortalecimiento de capacidades estatales para la conservación en contextos de conflicto o alta presión sobre los recursos naturales.

Finalmente, este recorrido conceptual y estratégico encuentra su materialización en el Projecto de uma central de energia solar fotovoltaica para iluminação pública, na centralidade da praia amélia em Moçâmedes, Angola". Este trabajo de ingeniería aplicada, mediante un dimensionamiento técnico-económico riguroso, demuestra la viabilidad concreta de una solución de energía limpia. Presenta un modelo replicable con un retorno de inversión positivo y una reducción cuantificada de emisiones. Motiva su lectura al mostrar, con datos precisos, cómo la transición energética se implementa a nivel local, recordando a profesionales de la ingeniería, urbanismo y planificación que la sostenibilidad se construye con proyectos tangibles que mejoran la vida comunitaria y protegen el clima.

En conjunto, estos cinco artículos conforman un testimonio elocuente de la evolución necesaria en las ciencias ambientales: de la evaluación a la estrategia, y de la estrategia a la implementación. Este número no es una colección aleatoria, sino un mosaico que, pieza a pieza, ilustra el ciclo completo de la acción ambiental informada. Por ello, hacemos una llamado a la acción a nuestra comunidad global de investigadores. Necesitamos profundizar en esta línea de trabajo: replicar diagnósticos en nuevas regiones, evaluar la eficacia de las estrategias educativas propuestas en terreno y documentar el desempeño a largo plazo de soluciones técnicas como la aquí presentada. La colaboración transdisciplinar entre científicos e investigadoras de la educación, ciencias sociales, ingeniería y gestión pública debe ser la norma, no la excepción. Les invitamos a leer este número de la revista como un mapa de ruta y un punto de partida. Que estos estudios no solo informen, sino que inspiren nuevas preguntas, nuevas colaboraciones y, sobre todo, nuevas acciones concretas que cierren la brecha entre el conocimiento y la práctica que define nuestro tiempo.

Editores Jefe / Editors-in-Chief / Editores-Chefes

Juan Carlos Tójar Hurtado y Leticia C. Velasco Martínez

**DESCUBRIENDO EL MAR: ANÁLISIS DE LOS NIVELES DE ALFABETIZACIÓN OCEÁNICA Y POLAR
EN UNA MUESTRA DE ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS**
Discovering the Sea: an analysis of Ocean and Polar Literacy

Laura Martín García

Universidad de Salamanca, España (lauramaga@usal.es) (<https://orcid.org/0009-0001-5044-2208>)

Anne Marie Ballegeer

Universidad de Salamanca, España (amballegeer@usal.es) (<https://orcid.org/0000-0001-6296-1868>)

Diana Ochoa

Universidad de Salamanca, España (ochoa@usal.es) (<https://orcid.org/0000-0001-6242-4202>)

Andrés Rigual-Hernández

Universidad de Salamanca, España (arigual@usal.es) (<https://orcid.org/0000-0003-1521-3896>)

María Ángeles Bárcena

Universidad de Salamanca, España (mbarcena@usal.es) (<https://orcid.org/0000-0001-8261-2286>)

José-Abel Flores

Universidad de Salamanca, España (flores@usal.es) (<https://orcid.org/0000-0003-1909-293X>)

Información del manuscrito:

Recibido/Received: 24/09/25

Revisado/Reviewed: 26/09/25

Aceptado/Accepted: 14/11/25

RESUMEN

La Alfabetización Oceánica y Polar (*Ocean and Polar literacy*) es el nivel de conocimiento, sensibilización y percepción que tiene una persona frente estos ecosistemas. Una buena alfabetización oceánica y polar permite modificar transversalmente las conductas de generaciones presentes y futuras, a través del desarrollo de un pensamiento crítico, promoviendo la toma de decisiones sostenibles por parte de los ciudadanos. La alfabetización oceánica y polar, es por tanto una herramienta fundamental para lidiar con la crisis ambiental actual. No obstante, son pocas las evidencias que existen para diagnosticar el grado de alfabetización oceánica y polar de las comunidades, en particular de aquellas de habla hispana.

Con el objetivo de evaluar el grado de alfabetización oceánica y polar (conocimiento, sensibilización y percepción socioambiental), se diseñó un cuestionario piloto que consta de 45 preguntas organizadas en cinco bloques. El instrumento se construyó a partir de la adaptación y traducción de preguntas validadas en estudios previos, complementado con preguntas de elaboración propia. Esta herramienta fue aplicada a una muestra de estudiantes universitarios de España y Latinoamérica (n=273).

Observamos que las personas que cursan estudios relacionados con la geología tienen una mejor alfabetización oceánica, destacando la necesidad de reforzar la geología en el currículo de educación obligatoria. Se observó una mejor alfabetización polar en los encuestados procedentes de España respecto a los de Latinoamérica. Contrario a lo esperado, no se encontraron diferencias significativas en el nivel de alfabetización oceánica y polar entre los que han vivido en zonas costeras y quienes no. A pesar de estas carencias, un hallazgo alentador es el gran

interés que la población encuestada mostró hacia los ecosistemas marinos y polares.

ABSTRACT

Keywords:

Ocean and Polar literacy, SDG, Environmental Education, Socio-environmental Perception Spanish-speaking Population.

Ocean and Polar Literacy is the level of knowledge, awareness, and perception an individual has of these ecosystems. A high level of ocean and polar literacy allows for the transversal modification of behaviours across present and future generations through the development of critical thinking, promoting sustainable decision-making by. Ocean and polar literacy is therefore a fundamental tool for addressing the current environmental crisis. Nevertheless, there is limited existing evidence to diagnose the degree of ocean and polar literacy within communities, particularly in Spanish-speaking regions.

With the objective of assessing the degree of Ocean and Polar Literacy (knowledge, awareness, and socio-environmental perception), a pilot questionnaire was designed, consisting of 45 questions organized into five blocks. The instrument was constructed based on the adaptation and translation of validated questions from previous studies, complemented with newly developed questions. This tool was applied to a sample of university students in Spain and Latin America (n=273).

We observed that students pursuing studies related to geology have a better Ocean Literacy, highlighting the need to reinforce geology in the mandatory education curriculum. Better polar literacy was observed among respondents from Spain compared to those from Latin America. Contrary to expectations, no significant differences in ocean and polar literacy were found between those who have lived in coastal cities and those who have not. Despite these shortcomings, an encouraging finding is the great interest the surveyed population showed toward marine and polar ecosystems.

Introducción

La Tierra es el único planeta del sistema solar cuyas condiciones de presión y temperatura permiten la existencia de hasta un 70% de agua líquida en superficie. De esta agua, un 97% se encuentra en los océanos, lo que les brinda un papel determinante en la regulación del clima terrestre, almacenando grandes cantidades de radiación solar excedente en forma de calor latente y actuando como el mayor sumidero de CO₂ a largo plazo (Sabine et al., 2004). Gracias a la acción de la biosfera oceánica, el océano contribuye a la regulación de la composición química de la atmósfera, liberando aproximadamente el 50% del oxígeno que respiramos, y secuestrando un 40% de CO₂ atmosférico emitido por la actividad humana (Field et al., 1998; Falkowski, 2012; Sabine et al., 2004).

En términos económicos, el océano es un recurso crucial para el desarrollo de actividades como la pesca, el turismo, el comercio, la generación energética, y el transporte internacional. El 15% de la proteína que consumimos, proviene de la pesca en los océanos y es el producto natural más comercializado del mundo (FAO, 2020). Adicionalmente, más del 40% de la población mundial vive en zonas situadas a menos de 200 km de océano y 12 de cada 15 megaciudades son costeras (Visbeck, 2018). Se calcula que la economía mundial de los océanos mueve alrededor de 1,38 trillones de euros y se prevé que para 2030 aumente a los 2,7 trillones de euros (Sumalia et al., 2021). Lamentablemente, el acelerado crecimiento de la población humana y el rápido desarrollo industrial ejercen una presión cada vez mayor en los ecosistemas marinos, que ven degradada su productividad y biodiversidad.

Las regiones polares son regiones con presencia de hielo permanente, fundamentales en el balance energético terrestre debido a su alto índice de albedo, que reduce la entrada de energía neta que llega a la superficie terrestre a través de la radiación solar. Además, son zonas ecológicamente estables que han desarrollado una alta biodiversidad y complejas redes tróficas (Gili et al., 2000). Los casquetes de hielo han cambiado a lo largo de la historia de la Tierra en función de la variación de la órbita terrestre y la cantidad de radiación solar recibida. Actualmente, el polo norte experimenta variaciones estacionales muy fuertes, que aumentan la superficie de hielo de la banquisa hasta 6 veces durante el invierno boreal en comparación con el verano. En contraste, los cambios estacionales del polo sur no son tan drásticos, por tanto, la Antártida está siempre cubierta de nieve, y solo la banquisa de hielo que la rodea varía estacionalmente de extensión. En consecuencia, en la actualidad las variaciones estacionales del polo norte tienen mayor influencia en el sistema climático (Ruddiman, 2001).

A pesar de su importancia, tanto los océanos como las regiones polares están sufriendo fuertes alteraciones producto de la intensa actividad humana, incluyendo procesos como la acidificación de las aguas tras las altas emisiones de CO₂, la pérdida de la biodiversidad marina por sobre pesca de recursos, la eutrofización de los márgenes costeros a causa del inadecuado manejo de residuos orgánicos, o la contaminación por incremento de microplásticos (Pörtner et al., 2019). El caso de los polos es particularmente preocupante, porque a pesar de representar lugares remotos para la mayoría de la población, la expansión del turismo, la extracción de hidrocarburos, y el aumento de la pesca, han incrementado el impacto medioambiental sobre estas regiones. Así mismo, su riqueza natural ha hecho que la tensión geopolítica sobre estas regiones vaya en aumento durante los últimos años (Seethi, 2023).

La UNESCO define la *Alfabetización Oceánica (Ocean Literacy)* como la comprensión de una persona del impacto que tiene el océano sobre su vida y del impacto que tiene ella misma sobre el océano. Además, la *Polar Literacy Initiative* define la *Alfabetización Polar (Polar Literacy)* como la comprensión de los conceptos fundamentales del Ártico y la Antártida, su papel esencial en la regulación del sistema climático global y la conexión de sus ecosistemas con el resto del mundo, lo que capacita a la persona para tomar decisiones informadas sobre estos entornos críticos. Hasta el momento estos conceptos han sido tratados de forma

independiente en la literatura y su integración en un marco conjunto aún no está suficientemente desarrollada. Este trabajo propone la noción de “alfabetización oceánica y polar” como una aproximación conceptual que permite analizar de forma integrada la comprensión de los ecosistemas marinos y polares. Por lo tanto, la alfabetización oceánica y polar (*Ocean and Polar Literacy*) se definiría como el nivel de conocimiento y percepción que tiene una persona sobre estos ecosistemas y la comprensión de la influencia del océano y de las regiones polares en la sociedad y viceversa (McKinley et al., 2025; Borja et al., 2020; Schoedinger et al., 2006; Kelly et al., 2021). Una adecuada alfabetización implica concienciación, sensibilización y motivación para tomar decisiones más sostenibles con el medio ambiente (Cava et al., 2005), por lo que es una herramienta esencial para lidiar con la crisis ambiental, reduciendo el impacto sobre los ecosistemas oceánicos y polares.

El término *Alfabetización Oceánica* fue empleado por primera vez en el año 2002 por docentes, investigadores y responsables políticos pertenecientes a la Comisión Política Oceánica de Estados Unidos, quienes identificaron una total falta de conciencia pública sobre la relevancia de los ecosistemas marinos y polares (Cava et al., 2005). Problemática que relacionaron, entre otras causas, con la ausencia de contenidos curriculares que abordaran apropiadamente estos temas durante la educación secundaria. Por tanto, propusieron desarrollar un marco teórico para la educación -la alfabetización oceánica (*Ocean Literacy*)-, buscando así que las próximas generaciones adoptaran actitudes más responsables y sostenibles con estos medios, contribuyendo así a reducir la crisis climática.

Estrategias y esfuerzos similares para aumentar la alfabetización oceánica y polar han sido seguidos por diversos países y organizaciones (Fauville, 2018). En 2015, la UNESCO consolidó la Agenda de Educación 2030 en la que propuso 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). En particular, el objetivo 4 refleja la importancia de la respuesta educativa no solo como meta, sino como medio para alcanzar el resto de ODS, y el objetivo 14 aboga por proteger la vida submarina. En España, el Centro Nacional de Educación Ambiental (CENEAM), un ente de referencia en educación para la sostenibilidad perteneciente al Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico, desarrolló 7 principios fundamentales para la alfabetización oceánica propuestos por Chicote y Pujana (2016) y Santoro et al. (2017), y la comunidad de científicos y educadores polares conocida como Polar-ICE desarrolló 7 principios para la alfabetización polar (polar-ice.org/polar-literacy-initiative/). Estos principios se resumen en la Figura 1.

Figura 1

Resumen de los 7 principios de la alfabetización oceánica y polar, desarrollados por Chicote y Pujana (2016) y Santoro et al. (2017), en España y el grupo Polar-ICE, respectivamente

PRINCIPIOS DE ALFABETIZACIÓN OCEÁNICA

1 La tierra tiene un gran océano con diferentes características



2 El océano y la vida que contiene moldean las características de la tierra

3 Tiene una gran influencia en el tiempo meteorológico y el clima

4 Sabías que...? El océano hizo que la tierra fuera habitable

5 Posee una gran diversidad de vida y ecosistemas



6 Es imprescindible para la vida del ser humano



7 Está en gran parte inexplorado

PRINCIPIOS DE ALFABETIZACIÓN POLAR

1 Las zonas Ártica y Antártica son únicas debido a su situación en la Tierra



2 El hielo es la estructura dominante en las regiones polares



3 Juegan un rol esencial para regular el sistema climático terrestre

4 Sabías que...? La Antártida es la duna con más biodiversidad del planeta. En ella hay corales negros que pueden llegar a tener entre 3.500 y 4.500 años

5 Los polos están sufriendo los efectos del cambio climático de una forma acelerada



6 Sabías que...? El ser humano lleva habitando el Ártico desde hace más de 40.000 años

7 Nuevas tecnologías están facilitando el estudio de estas zonas a los científicos



Fuente: elaboración propia creada con Freepik.

La falta de conocimiento de la población sobre las consecuencias de sus acciones en el medio ambiente es uno de los principales factores que repercuten negativamente en la biodiversidad y los ecosistemas. Por lo tanto, es esencial desarrollar iniciativas de comunicación, divulgación y educación que ayuden a la población a (i) conocer y entender la influencia del océano y los polos en sus vidas, (ii) incrementar la concienciación sobre la importancia climática, económica, política, médica y cultural que tienen estos medios, (iii) sensibilizar a las comunidades para que tomen decisiones más responsables y sostenibles en relación al uso de estos ecosistemas críticos, (iv) conectar a diferentes sectores de la sociedad para crear una base común que permita un entendimiento y abordaje conjunto ante la complejidad de conseguir una sociedad más sostenible (Santoro et al., 2017; Fauville, 2018). Sin embargo, para elaborar estas estrategias comunicativas, divulgativas y educativas, primero es fundamental analizar los conocimientos que posee la población sobre estos ecosistemas e identificar qué áreas de su conocimiento sobre estos medios requieren un mayor refuerzo. La mayoría de estudios previos que evalúan la alfabetización oceánica y polar se han centrado

principalmente en Estados Unidos, Canadá e Italia (e.g., Costa y Cadeira, 2018; Realdon et al., 2019; Ashley et al., 2019). Lamentablemente, este tipo de estudios siguen siendo escasos en los países de habla hispana, que representan el 5,91% de la población mundial (cerca de 473 millones de personas; The World Bank, 2024).

El estudio de la alfabetización oceánica y polar en la población universitaria resulta particularmente relevante, ya que la mayoría de los estudiantes han completado recientemente la educación obligatoria. Analizar su conocimiento sobre los ecosistemas oceánicos y polares permite identificar posibles carencias que deberían haberse abordado en fases educativas previas. Además, diversos estudios (e.g; González-Rodríguez, 2024) señalan que la universidad constituye un contexto idóneo para promover la alfabetización socioambiental y fortalecer el compromiso de los estudiantes con los retos globales relacionados con los océanos y el clima. Estos aprendizajes son esenciales para nuestra sociedad, ya que los universitarios representan una comunidad clave en la generación de pensamiento crítico, innovación y liderazgo social frente a los desafíos ambientales contemporáneos. Fomentar en ellos una comprensión profunda y responsable de los sistemas oceánicos y polares contribuye al desarrollo de ciudadanos capaces de impulsar acciones sostenibles y de participar activamente en la toma de decisiones orientadas a la protección del planeta. Atendiendo a estas necesidades, el presente trabajo se plantea tres objetivos principales. Elaborar un cuestionario piloto para la medición de la alfabetización oceánica y polar en una muestra de población universitaria hispanohablante, a través de la recopilación, traducción y adaptación de preguntas validadas en la literatura científica, complementando el instrumento con reactivos de elaboración propia. Segundo, analizar los niveles de alfabetización oceánica y polar en relación con variables educativas y sociodemográficas como área de estudios, nivel académico, región de origen, edad y tiempo de vida en zonas costeras. Finalmente, identificar las áreas temáticas con menores niveles de conocimiento y sensibilización para orientar estrategias de refuerzo en la educación secundaria y fomentar una mayor comprensión y concienciación sobre estos ecosistemas.

Método

Se realizó una encuesta piloto anónima usando la plataforma Qualtrics (<https://www.qualtrics.com/>) para evaluar el nivel de alfabetización oceánica y polar de una muestra formada por estudiantes universitarios de grado, máster y doctorado procedentes de España y varios países de América Latina, principalmente Argentina, Perú y Colombia. La encuesta piloto diseñada estuvo disponible en línea del 10 de abril al 30 de abril de 2024.

El cuestionario se elaboró a partir de una combinación de fuentes: preguntas tomadas y traducidas de estudios previos que han demostrado su utilidad para evaluar la alfabetización oceánica o polar, preguntas modificadas, y material de elaboración propia. Específicamente, para la alfabetización oceánica, la mayor parte del contenido fue adaptado y traducido de Guest et al. (2015) y, en menor medida, de Koulouri et al. (2022). Para la alfabetización polar, la mayoría de las preguntas son de elaboración propia debido a la escasez de estudios de evaluación disponibles. Sin embargo, para medir la sensibilización y percepción socioambiental del ecosistema polar, se adaptaron preguntas de Hamilton et al. (2008). En las Tablas 3, 4 y 5 se especifica, junto a cada reactivo, el artículo del que fue tomado o modificado; las preguntas sin referencia son de elaboración propia.

Estructura de la encuesta

La encuesta estuvo compuesta por 45 preguntas distribuidas en cinco bloques temáticos (véase Anexo I), diseñados para recopilar información de manera progresiva y coherente con los objetivos del estudio:

- Bloque 0. Introducción y consentimiento

Este primer bloque presentaba una breve explicación sobre el propósito y el funcionamiento de la encuesta. Además, solicitaba el consentimiento informado del participante para garantizar su participación voluntaria y verificaba que tuviera al menos 18 años, edad legal de mayoría de edad en España.

- Bloque 1. Perfil sociodemográfico y autopercepción

Conformado por 14 preguntas, este bloque tenía como objetivo definir de forma anónima el perfil de los participantes. Se incluían cuestiones relativas a la edad, la ciudad de origen y de residencia, los años vividos en zonas costeras, el nivel educativo y los estudios cursados. Asimismo, se pedía a los encuestados que valoraran, en una escala del 0 al 5, cuánto creían saber sobre distintos temas: política internacional, economía, ciencia y tecnología, cambio climático, océanos, y regiones polares (norte y sur).

- Bloque 2. Alfabetización oceánica (Ocean Knowledge)

Este bloque constaba de 12 preguntas destinadas a evaluar el nivel de conocimiento sobre los ecosistemas oceánicos. Cada respuesta correcta se valoró con 1 punto, de manera que la puntuación total de cada participante podía oscilar entre 0 y 12 puntos.

- Bloque 3. Alfabetización polar (Polar Knowledge)

Integrado por 6 preguntas, este bloque tenía el propósito de medir el grado de conocimiento sobre los ecosistemas polares. Al igual que en el bloque anterior, cada respuesta correcta equivalía a 1 punto, con una puntuación final posible entre 0 y 6 puntos.

- Bloque 4. Sensibilización y percepción socioambiental

Finalmente, este bloque incluía 8 preguntas orientadas a conocer el nivel de sensibilización y percepción socioambiental de los encuestados respecto a los ecosistemas oceánicos y polares, así como sus actitudes ante los desafíos ambientales globales

Tratamiento estadístico de los datos

A partir de las respuestas a las preguntas de los Bloques 2 y 3, para cada encuestado se obtuvo una nota de *Ocean knowledge* y de *Polar Knowledge*, respectivamente. Para cada pregunta, se determinó la existencia o no de una distribución normal a partir del Shapiro test, y se evaluó la presencia de diferencias significativas entre las medias de distintos grupos poblacionales usando la prueba de Spearman o Krustall-Wallis, según fuese el tipo de pregunta. Los análisis se realizaron en el programa R (R Core Team, 2024) y los resultados fueron graficados con el software SPSS.

Método de muestreo

El método de muestreo empleado fue por conveniencia, y la selección no pudo ser totalmente aleatoria debido a la imposibilidad de acceder de forma exhaustiva a la totalidad de las universidades. Se realizó una difusión e invitación abierta a participar principalmente en universidades de España, Argentina, Perú y Colombia. Las respuestas fueron, por lo tanto, voluntarias entre aquellos que decidieron participar. Para mitigar las limitaciones de este muestreo, los encuestados se separaron en grupos, atendiendo a variables clave como el tipo de estudios que han realizado, si han vivido más del 50% de su vida en una ciudad costera y su

lugar de origen (España o Latinoamérica), permitiendo así un análisis de relaciones entre estas variables y el conocimiento.

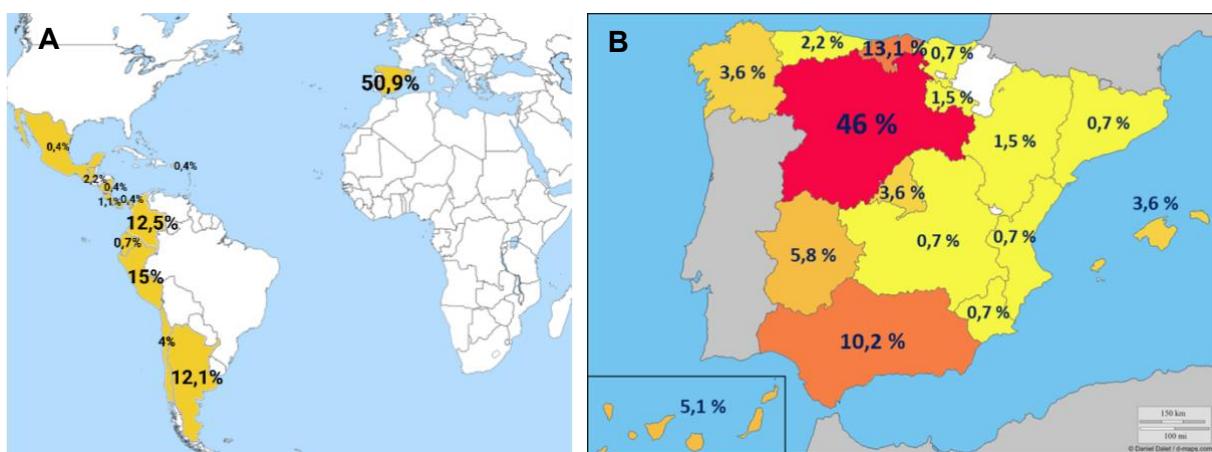
Se recibieron un total de 460 respuestas a la encuesta, pero las respuestas de quienes no firmaron el consentimiento inicial o no finalizaron la encuesta fueron desestimadas. Así mismo, se descartaron las respuestas de quienes no se encontraban en la categoría de estudiante universitario, de quienes no especificaron el área de estudios (temática del programa de grado, máster o doctorado), y de aquellos que no indicaron su país de origen. Tras aplicar estos criterios de exclusión, la muestra inicial de 460 personas se redujo a 273. La población objetivo del estudio, estudiantes universitarios hispanohablantes, se estima en 12.7 millones de matriculados en 2024 (Instituto Cervantes, 2024). Por tanto, para que una muestra de esta población sea estadísticamente representativa, se requiere un tamaño de muestra de 385 personas para un nivel de confianza del 95% con un margen de error del $\pm 5\%$ (Hernández Sampieri et al., 2014). Dado que el número de respuestas útiles no alcanzó este umbral, la muestra de este estudio no puede considerarse estadísticamente representativa. Por lo tanto, los resultados obtenidos no son extrapolables al total de la población universitaria hispanohablante. No obstante, este trabajo constituye un valioso primer acercamiento para extraer las percepciones y los niveles de conocimiento en esta población, sirviendo como un estudio piloto para sentar las bases de futuras investigaciones con un mayor esfuerzo de muestreo.

Muestra

Las personas que participaron en la encuesta provienen de 12 países diferentes de habla hispana (Figura 2), incluyendo a España (50,9% de encuestados), Perú (15%), Colombia (12,5%) Argentina (12,1%), Chile (4%), Guatemala (2,2%), Costa Rica (1,1%), Ecuador (0,7%), México (0,4%), Nicaragua (0,4%), Panamá (0,4%) y Puerto Rico (0,4%). De las personas españolas que contestaron a la encuesta la mayoría de ellas pertenecen a Castilla y León (46%). La mayor parte de las personas encuestadas tienen entre 18 y 25 años (60,1% de los encuestados), un 28,9% tienen entre 36 y 40 años y un 11% entre 40 y 100 años.

Figura 2

A) Composición de la muestra de población estudiada según su país de origen. B) Composición de la muestra española en función de la comunidad autónoma de origen.



Nota. El código de colores hace referencia al porcentaje de personas encuestadas correspondientes a cada comunidad autónoma (amarillo < 2,5 %; naranja 2,5-10%; amarillo oscuro 10-20%; rojo > 20%).

Aunque se hizo un esfuerzo por obtener muestras de tamaño relativamente similar entre todos los países hispanohablantes, el muestreo conseguido no es uniforme entre países. No obstante, todos los subgrupos que se analizan a continuación (diferentes del país de origen) tienen un muestreo uniforme.

Como se observa en la Tabla 1, la muestra está compuesta mayoritariamente por estudiantes de Biología (63,8 %), procedentes de regiones no costeras (53,1 %). En cuanto a la procedencia geográfica, la representación entre España (50,9 %) y América Latina (49,1 %) es equilibrada, lo que permite un análisis comparativo entre ambos contextos. La Tabla 2 muestra que la mayoría de los participantes se encuentran en el rango de edad de 18 a 25 años (60,1 %), lo que refleja una población universitaria joven, seguida por el grupo de 36 a 40 años (28,9 %).

Tabla 1

Composición de los distintos grupos poblacionales establecidos

Composición de la muestra											
Estudios	N	%	Bio vs Geo			Proximidad a la costa	N	%	Región	N	%
BioGeo	152	55,6	Biología	97 N	63,8 %	Costeros	128	46,9	España	139	50,9
			Geología	55 N	36,2 %						
Otros	121	44,3				No costeros	145	53,1	América Latina	134	49,1

Tabla 2

Edad de los participantes

Edad de la muestra		
Rango de edad	N	%
18-25	164	60,1
36-40	79	28,9
40-100	30	11

Resultados

Los resultados que se presentan a continuación ofrecen una visión detallada del nivel de alfabetización oceánica y polar de la población universitaria encuestada. Para garantizar la claridad y el rigor del análisis, los datos se organizan en función de las áreas temáticas de las preguntas y en el apartado de “alfabetización oceánica y polar: Fortalezas y debilidades en el conocimiento” se muestra la evaluación de la alfabetización oceánica y polar de la muestra.

Áreas temáticas

Las preguntas del cuestionario se clasificaron en diferentes áreas temáticas según su relación con conceptos biológicos (marcados en verde en la Tabla 3), geológicos (en rojo) y geográficos (en morado). Esta clasificación permite identificar con mayor precisión los ámbitos de conocimiento en los que la población universitaria encuestada presenta mayores fortalezas o debilidades. Como se aprecia en la Tabla 3, los resultados muestran que los estudiantes se encuentran más familiarizados con los contenidos relacionados con la biodiversidad oceánica, alcanzando una media de respuestas correctas del 93,23%. En cambio, los ítems vinculados con procesos bioquímicos, físicos y químicos, como el balance de oxígeno y dióxido de carbono, el ciclo hidrológico o la composición química del agua marina, registran porcentajes de aciertos considerablemente menores (42,49%). De forma similar, las preguntas del ámbito geológico, que abordan aspectos como el origen de las rocas que forman las montañas o las características básicas de las regiones polares, obtienen puntuaciones bajas (42,71%), evidenciando un menor dominio de estos contenidos.

Alfabetización oceánica y polar: Fortalezas y debilidades en el conocimiento

En la Tabla 3 se muestran las preguntas del cuestionario Guest que evalúan la alfabetización oceánica y polar, así como el porcentaje de los encuestados que contestaron correctamente cada pregunta.

Tabla 3

Preguntas empleadas para evaluar la alfabetización oceánica y polar.

PREGUNTAS	% respuestas correctas	
Alfabetización oceánica		Principio asociado
1. Los océanos ocupan un 70 % de la superficie del planeta (Guest et al., 2015)	95,97 %	1
2. Los océanos absorben más CO ₂ de la atmósfera que las plantas terrestres continentales (Modificado de Guest et al., 2015)	71,06 %	3
3. Los microorganismos marinos aportan más oxígeno a la atmósfera que las plantas terrestres	13,92 %	4
4. Cada vez va a haber más tsunamis a causa del cambio climático	33,33 %	
5. La mayoría de seres vivos que viven en los océanos son peces	84,62 %	5
6. En la zona más profunda del océano no hay vida porque no llega la luz (Modificado de Koulouri et al., 2022)	93,77 %	5
7. ¿Qué profundidad tiene la zona más profunda del planeta? (Guest et al., 2015)	66,67 %	1
8. La mayor parte del agua de la lluvia que cae en el continente proviene de: (Koulouri et al., 2022)	33,70 %	3
9. La sal de los océanos proviene de: (Guest et al., 2015)	27,47 %	1
10. Una ballena es: (Guest et al., 2015)	97,44 %	5
11. ¿Qué es el plancton? (Modificado de Guest et al., 2015)	97,07 %	5
12. Si en las rocas de una montaña encuentras fósiles marinos significa (Modificado de Koulouri et al., 2022)	52,38 %	2
Alfabetización polar		Principio asociado
1. El polo norte es una capa de hielo que flota en el océano Ártico	61,9 %	2
2. El deshielo del polo norte no va a afectar al clima de España porque está bastante lejos	91,21 %	3
3. En el ártico hay poblaciones indígenas viviendo	61,90 %	6
4. La Antártida es una capa de hielo que flota en el océano	64,84 %	1

5. En el polo sur siempre es de noche	78,02 %	1
6. En el océano ártico y antártico casi no hay vida acuática a causa de las temperaturas extremas	83,52 %	4

Nota. Los colores hacen referencia al área temática cada pregunta. Las de color verde evalúan conceptos biológicos, las rojas geológicos y las moradas geográficos. Cada pregunta ha sido asociada a un principio de alfabetización oceánica y polar.

Alfabetización Oceánica: En relación con los resultados presentados en la Tabla 3, y específicamente con los ítems vinculados a la alfabetización oceánica, se observa que la gran mayoría de los encuestados demuestra un conocimiento adecuado sobre aspectos biológicos básicos del medio marino: el 97,4% identifica correctamente que una ballena es un mamífero, y el 97,07% comprende el significado del término plancton. Los estudiantes demostraron un nivel bueno de conocimiento respecto al principio número 1 ("La tierra tiene un gran océano con diferentes características") ya que un 95,97% es consciente de las grandes dimensiones que ocupan los océanos en nuestro planeta. Resultados similares se observaron en otros estudios (Camargo, 2023). Sin embargo, solamente un 13,92% sabe que el oxígeno que los organismos marinos aportan a la atmósfera es similar al de las plantas terrestres. También cabe destacar que solo el 27,47% sabe de dónde viene la sal de los océanos y que solo el 33,7% sabe de dónde viene el agua de lluvia del continente. El análisis de los resultados revela que los estudiantes universitarios encuestados tienen un mayor conocimiento sobre la diversidad biológica marina que sobre los procesos físicos, químicos y geológicos del océano. En un estudio realizado por Camargo (2023) en Colombia, utilizaron una encuesta en la que incluyeron cuestiones similares y los estudiantes tuvieron los valores más bajos en la pregunta sobre de dónde proviene originalmente la mayor parte del oxígeno en la atmósfera (solo 16 puntos de 123) y en la pregunta sobre el origen de la sal en el océano (22 puntos de 123). Esto sugiere que los datos de este estudio son consistentes con hallazgos previos respecto a las deficiencias de conocimiento en estas áreas específicas en países hispanohablantes.

Un 71,06% de los encuestados es consciente del gran papel que tiene el océano como sumidero de CO₂. Sin embargo, solo un 66,67% es consciente de lo profundo que puede llegar a ser el océano. Cabe destacar que solamente un 52,38% es consciente de que parte de las rocas que forman las montañas continentales se originan en los océanos, y que posteriormente, a causa de la tectónica, después de millones de años, se pueden encontrar en las montañas, en ocasiones encontrando fósiles marinos dentro de ellas.

En cuanto a la pregunta que hace referencia a un tsunami, es destacable que solamente un 33,33% de los encuestados ha respondido correctamente. Un tsunami se origina mayoritariamente a causa de un terremoto que tiene lugar bajo el mar, sin tener relación alguna de causalidad con el clima. Es interesante encontrar que hay una tendencia creciente en la población general a pensar que los eventos catastróficos como erupciones volcánicas y terremotos se incrementarán a causa con el cambio climático y desconocen que considerando estos no están condicionados por el clima, sino con los procesos que ocurren en el interior de la Tierra. Este desconocimiento evidencia una carencia generalizada en la formación en geología a lo largo del proceso de educación secundaria.

Alfabetización polar: En general, los encuestados han obtenido mejor puntuación que para las de alfabetización oceánica, aunque parecen tener un desconocimiento geográfico de las zonas polares. Un 38,1% considera que todo el hielo que hay en el polo norte es continental y un 35,16% no es consciente de que el hielo del polo sur es mayoritariamente continental y la concepción que tienen de la Antártida es de una banquisa de hielo flotando sobre el océano

Antártico. Un 91,21% es consciente de que el deshielo de los polos va a tener consecuencias en todo el mundo incluso en las zonas más lejanas a ellos, un 83,52% sabe que, la Antártida, a pesar de ser uno de los lugares con el clima más extremo, alberga vida en sus aguas. Finalmente, se destaca que un 78,02% reconoce cómo funciona la estacionalidad en los polos.

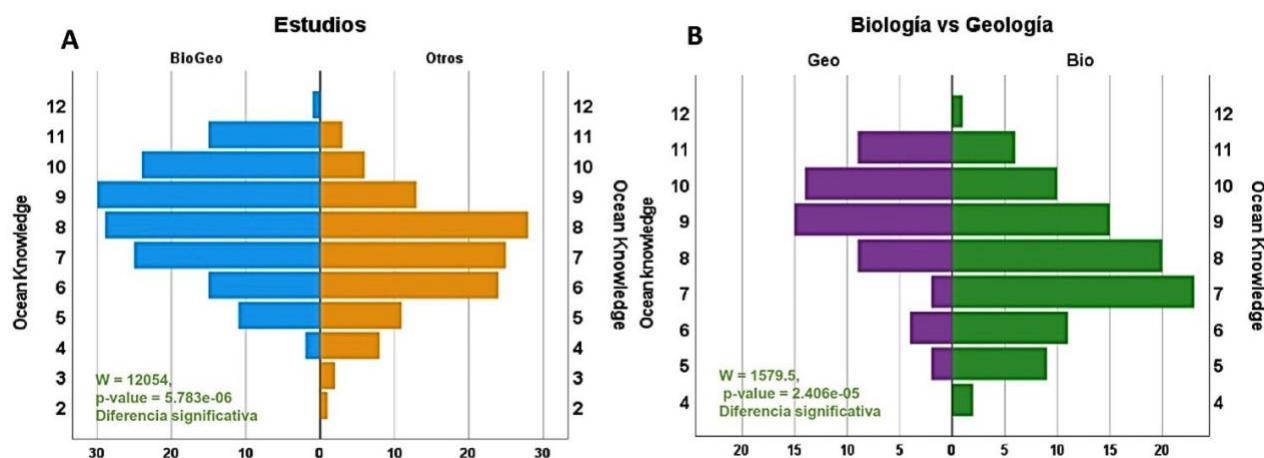
Área de estudio

Las personas encuestadas se dividieron en el grupo “BioGeo”, formado por aquellos que estudian disciplinas relacionadas con la biología y la geología (grado o máster en geología, biología, bioquímica, biotecnología y ciencias ambientales); y en el grupo “Otros” que incluye estudiantes de otras disciplinas. Un 55,6% de las personas encuestadas pertenecen al grupo “BioGeo” y un 44,3% al de “Otros” (Tabla 1). Esta separación se realizó considerando que los estudiantes de biología y geología deberían tener mayor conocimiento sobre los océanos y polos al ser temas propios de estas disciplinas. El grupo “BioGeo” fue subdividido en personas cursando estudios relacionados con la biología (y afines) y los que los estaban cursando en geología (y afines). El grupo de “Biología” lo constituyen un 63,8% del grupo “BioGeo” y el de “Geología” un 36,2%.

El análisis de los resultados reveló una clara correlación entre el área de estudio y el *Ocean knowledge* de los encuestados. Como era de esperar, los estudiantes del grupo “BioGeo” evidenciaron un mayor *Ocean Knowledge* que los del grupo “Otros” (Figuras 3A y 3B). Sin embargo, el examen del subgrupo de “Geología” respecto el de “Biología” muestra un resultado de gran relevancia: los estudiantes de “Geología” exhibieron un *Ocean Knowledge* superior. Además, en los porcentajes de aciertos generales sin tener en cuenta el área de estudio se observan unas carencias significativas en conceptos básicos sobre geología. Esta problemática parece ocurrir tanto en las escuelas españolas como las de Latinoamérica, debido a que la geología a menudo queda eclipsada por la biología, que recibe mucha más atención en las programaciones didácticas. Los resultados observados soportan la noción de que existe una escasez significativa de recursos educativos atractivos y accesibles para enseñar geología, y que los propios profesores carecen de una formación sólida en esta materia (García-Yelo et al., 2022). Esta situación sugiere una vía prometedora para potenciar la alfabetización oceánica en la población general.

Figura 3

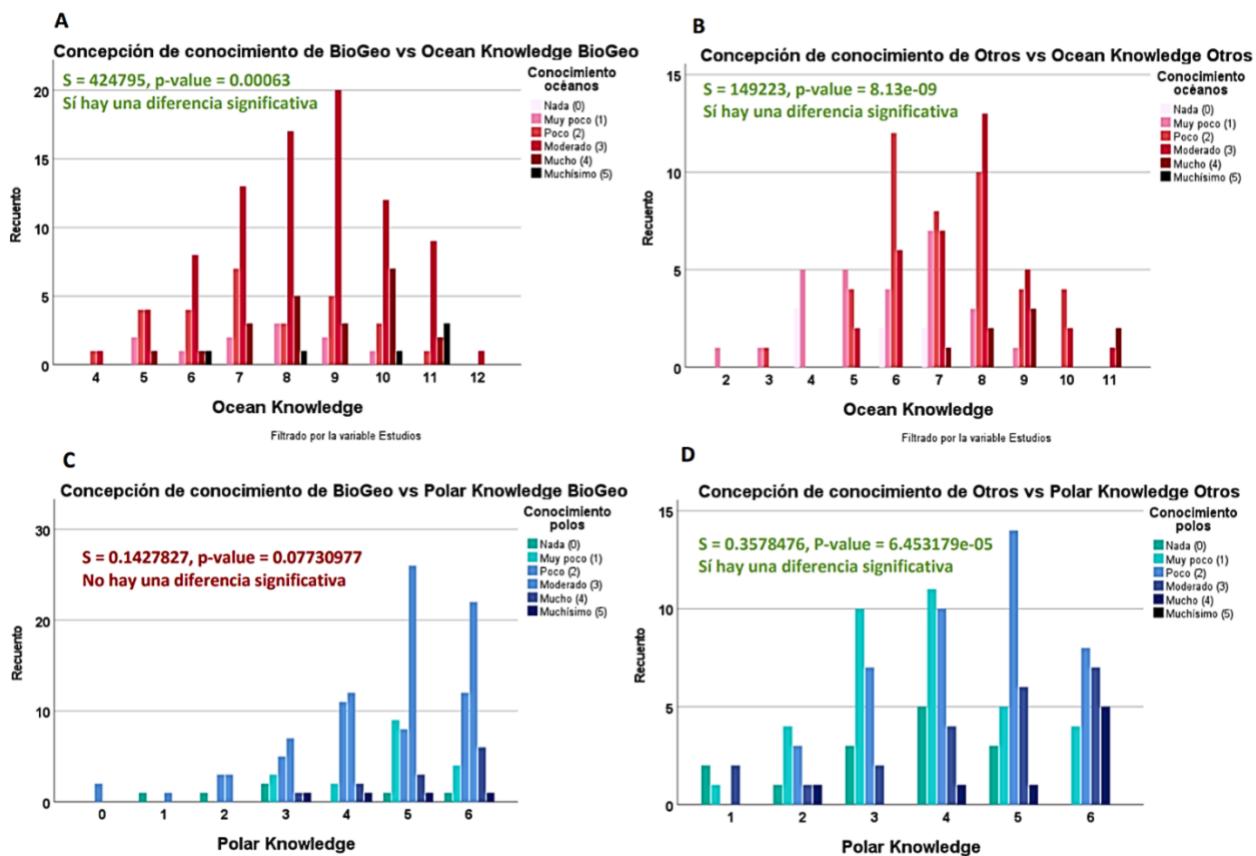
A) Puntuación de 0 a 12 del *Ocean Knowledge* de las personas pertenecientes al grupo “BioGeo” (color azul) respecto los integrantes del grupo “Otros” (naranja). B) *Ocean Knowledge* de las personas encuestadas que se encuentran realizando estudios universitarios en geología (color morado) respecto a aquellas que estudian biología (color verde).



Se evaluaron las diferencias en la autopercepción del conocimiento sobre los océanos entre los grupos “BioGeo” y “Otros”, lo que permite conocer si la autopercepción del conocimiento que tiene cada grupo sobre océanos y polos concuerda con el nivel de conocimiento que han demostrado tener en la encuesta. En general, los integrantes del grupo “BioGeo” tienden a reportar un mayor nivel de conocimiento previo sobre temas oceánicos en comparación con el grupo “Otros”, lo que sugiere una relación entre su formación académica o profesional y su confianza en este ámbito. Las Figuras 4A y 4B muestran el *Ocean Knowledge* de los encuestados pertenecientes al grupo “BioGeo” y “Otros”, respectivamente, y la escala de colores indica el conocimiento que previamente creen tener acerca de los océanos. Del mismo modo, las Figuras 4C y 4D muestran la autopercepción de conocimiento para el *Polar Knowledge* de “BioGeo” y “Otros” respectivamente. Se observa una tendencia similar, el grupo “BioGeo” muestra una mayor autopercepción de conocimiento en comparación con el grupo “Otros”. Esta diferencia podría estar asociada al grado de exposición previa o familiaridad con contenidos relacionados con las regiones polares. Sin embargo, esto no ocurre con el grupo de “Otros”. Este grupo tiene una percepción de su conocimiento sobre estos ecosistemas inferior al que han demostrado, es decir, creen saber menos de lo que realmente saben. En conjunto, los datos indican que el perfil formativo de los encuestados influye en la percepción que tienen sobre su propio nivel de conocimiento en temas oceanográficos y polares.

Figura 4

A) Ocean Knowledge del grupo "BioGeo" respecto a la concepción de su conocimiento sobre los océanos; B) Ocean Knowledge del grupo de "Otros" respecto a la concepción que tienen de su conocimiento sobre los océanos; C) Polar Knowledge del grupo "BioGeo" respecto a la concepción de su conocimiento sobre los polos; D) Polar Knowledge del grupo de "Otros" respecto a la concepción que tienen de su conocimiento sobre los polos.



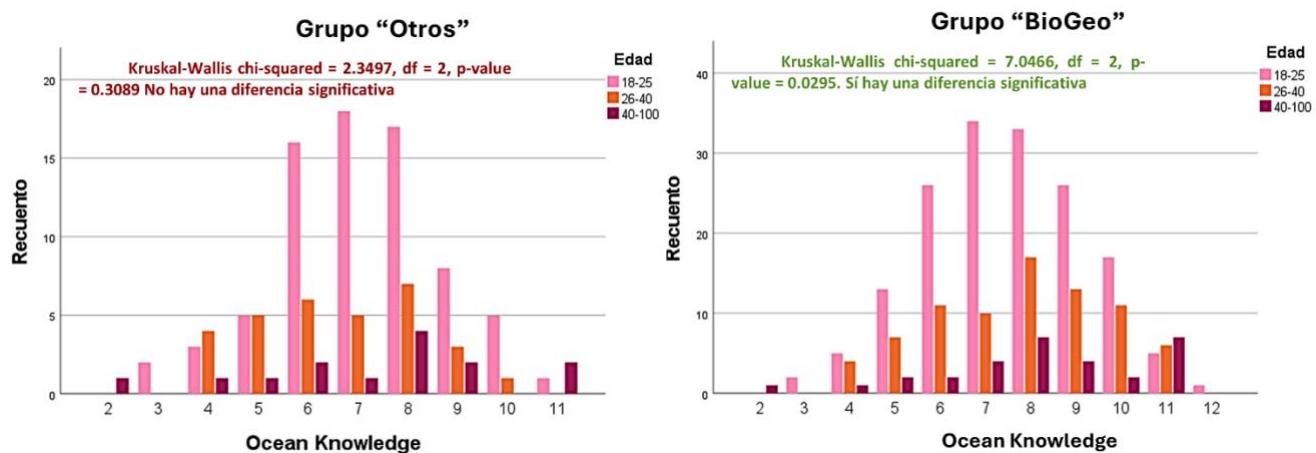
Rango de edad (en covarianza por rama de estudio)

El objetivo de este subgrupo es evaluar si existen diferencias en el conocimiento y percepción del océano y los polos en función de la edad de los participantes. Para ello, se dividió a los encuestados en tres rangos etarios (Fig. 4): de 18 a 25 años (60,1% de la muestra), de 36 a 40 años (28,9%) y de 41 a 100 años (11%).

Comparando las puntuaciones obtenidas en función de la edad, no se observó una relación directa entre la edad y el Ocean o *Polar Knowledge*. Sin embargo, analizando las respuestas en función del grupo de edad de las personas encuestadas, se puede observar cómo para el grupo “BioGeo” tanto el Ocean (Figura 5B) como el *Polar Knowledge* tiene una relación directa con la edad según el análisis Kruskal-Wallis realizado. A medida que las personas encuestadas llevan más tiempo estudiando estas disciplinas, van adquiriendo una mayor alfabetización oceánica y polar. Sin embargo, para el grupo “Otros” no se observa relación con la edad (Figura 5A). Dentro de este grupo, las personas encuestadas con puntuaciones más elevadas son aquellas que tienen una edad comprendida entre los 18 y 25 años. Concretamente, hace referencia al grupo poblacional que ha terminado la educación secundaria obligatoria más recientemente. Sin embargo, la puntuación del resto de grupos de edad es mucho menor. Esto pone de manifiesto que en la población general solamente hay una ventana de edad durante la etapa de educación secundaria en la que la población adquiere conocimientos acerca del océano, polos y cambio climático y este conocimiento no incrementa con la edad. Este mismo fenómeno se observó también para el *Polar Knowledge*.

Figura 5

Personas encuestadas clasificadas por grupos de edad. En rosa se representan aquellos que tienen una edad entre 18 y 25 años; en naranja los de 26-40 años; en color rojo los mayores de 41 años.

**Tiempo de vida en ciudad costera**

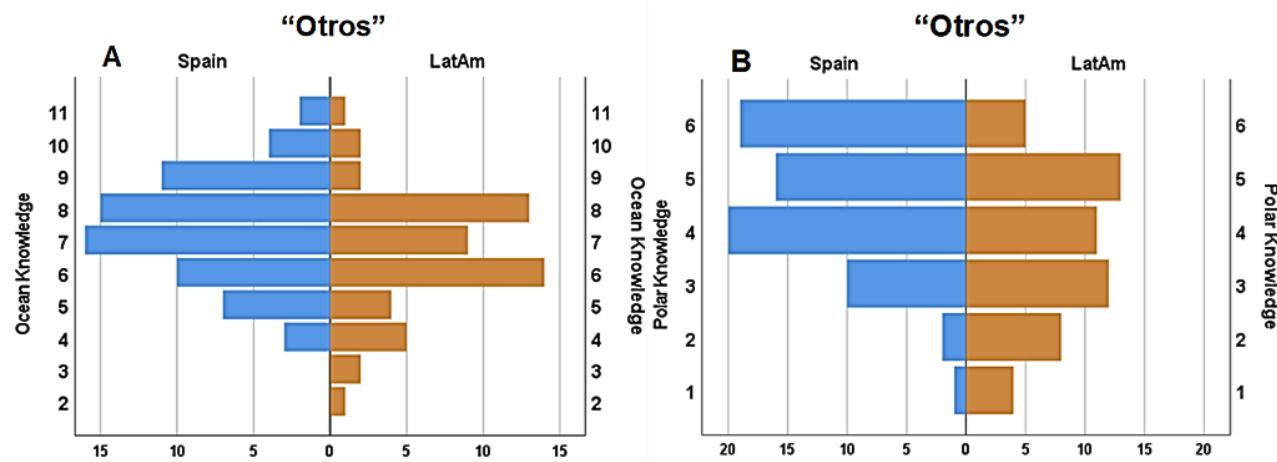
Esta clasificación se hace considerando si el encuestado ha vivido más del 50% de su vida en una ciudad costera. Este subgrupo buscaba evaluar si realmente existe un mayor conocimiento y/o concienciación sobre el océano en las poblaciones de regiones costeras. No obstante, tras evaluar las medias por grupo no se encontraron diferencias significativas, indicando la aparente irrelevancia de esta variable.

Origen (España o Latinoamérica)

La encuesta se difundió por diferentes universidades de España y de Latinoamérica. Tras analizar si existe alguna diferencia entre el *Ocean* y *Polar Knowledge* de los encuestados españoles (grupo "España") respecto al grupo de personas originarias de Latinoamérica (grupo "LatAm"), no se observaron diferencias significativas entre grupos. Sin embargo, al evaluar la covarianza entre lugar de origen y el área de estudios del encuestado, se observa cómo para los encuestados del grupo "BioGeo", no hay diferencia significativa en su *Ocean* y *Polar Knowledge* en función de si pertenecen al grupo "España" o "LatAm". Esto implica que el *Ocean* y *Polar Knowledge* es superior independientemente del lugar de procedencia. Por el contrario, en el grupo de "Otros", hay una diferencia significativa entre el *Ocean* y el *Polar Knowledge* de los estudiantes de España respecto a los de Latinoamérica (Figura 6A y 6B). Los primeros han obtenido una mayor puntuación tanto en *Ocean Knowledge* como en *Polar Knowledge*. Esto parece reflejar que la población universitaria general de Latinoamérica posee una alfabetización oceánica y polar menor con respecto a la de sus pares en España. En el contexto de Latinoamérica, a pesar de países como Colombia que cuentan con una gran extensión costera en el Mar, el avance de la alfabetización oceánica no ha sido el esperado puesto que los planes de estudio de la educación obligatoria han excluido los temas oceánicos (Mogias et al., 2019).

Figura 6

A) Puntuación de 0 a 12 del Ocean Knowledge de las personas universitarias pertenecientes al grupo de estudios “Otros” encuestadas en España (color azul) respecto a los de Latinoamérica (marrón). B) Puntuación del 0 al 6 del Polar Knowledge de ambos grupos.



Sensibilización y percepción socioambiental

La evaluación de la alfabetización oceánica y polar de una muestra de población no solo consiste evaluar conocimientos sobre estos ecosistemas (i.e., *Ocean* y *Polar Knowledge*), sino que también debe considerar y evaluar la actitud, comportamiento y sensibilización de los encuestados respecto de estos ecosistemas.

En este sentido, las preguntas del bloque 4 (Tablas 4 y 5) se enfocaron evaluar estos aspectos. En general, parece que la mayor parte de los encuestados es consciente de que el océano tiene un papel importante en sus vidas (un 63,97 %) y a un 51,1 % les interesaría saber muchas más cosas de él. La mayoría de ellos parecen estar concienciados con el cambio climático puesto que un 85,66% respondieron que no consideraban que se estuviese exagerando la crisis climática. En cuanto a los factores de los que el ser humano depende principalmente de los océanos, los más votados fueron “Alimento”, con un 28,49%, “Regulación del Clima”, con un 26,34% y “Fuente de oxígeno” con un 21,68%. Estos valores sugieren que la población universitaria encuestada es consciente del gran papel que tiene el océano en nuestras vidas.

Con las preguntas de “¿En qué año se estima la extinción de los osos polares?” y “El hielo del polo norte quedará completamente descongelado” se pretende evaluar el nivel de alarmismo de la población encuestada frente a estos dos fenómenos estrechamente relacionados con el cambio climático (i.e., pérdida de biodiversidad y cambios del nivel del mar). Para la respuesta de los osos un 54,41% respondió “No lo sé”, y para afirmación del deshielo del polo norte las respuestas han sido casi 50% afirmativas y negativas. Aunque predominan ligeramente las respuestas afirmativas, se puede concluir que no hay alarmismo. No obstante, resalta que cuando se consideran los resultados respecto a la variable de “estudios”, las personas del grupo “BioGeo” (58,28%) muestran una visión algo más alarmista frente al deshielo del polo norte que los del grupo de “Otros” (48,33%). Este mayor alarmismo y concienciación, podrían estar ligados al mayor conocimiento oceánico y polar (*Ocean* y *Polar Knowledge*) que ha demostrado este grupo en la encuesta.

Finalmente, con la pregunta de “Apoyaría que la Antártida estuviese reservada para:” se pretende ver la sensibilización que tienen los encuestados con este lugar. Considerando que

una mayor sensibilización implica responder que apoyarían reservar la Antártida para “ninguno de estos fines” y/o para “solamente fines científicos”, al analizar las respuestas según la variable de “estudios”, encontramos que tanto el grupo “BioGeo” como el de “Otros” están sensibilizados con este lugar. Un 77,5% del grupo “Otros” opina que la reservarían solamente para fines científicos frente a un 80,13% del grupo “BioGeo”, mientras que un 2,65% de los “BioGeo” respondió que para ninguno de los fines propuestos, frente a un 6,67% por parte de los “Otros”. Es de resaltar, que al considerar de manera combinada ambas respuestas, la sensibilización es mayor para el grupo de “Otros”. Así mismo, la respuesta “para fines científicos, turísticos y económicos”, contó con un 10% de respuestas en el grupo “Otros” versus un 13,91% del grupo “BioGeo”. Estos resultados muestran, por tanto, que el grupo “Otros” tiene una actitud más restrictiva hacia la exploración del lugar, lo cual podría estar relacionado con la subestimación del valor del conocimiento científico que aporta el estudio de estas zonas. Esta perspectiva sugiere una falta de familiaridad con el hecho de que la investigación en estos entornos no tiene por qué suponer una degradación del medio, siempre y cuando se implementen las medidas de conservación y los protocolos de sostenibilidad adecuados. En cuanto al resto de áreas temáticas, no se encontró una relación destacable entre la actitud y comportamiento en función del lugar de origen o de la edad.

Tabla 4

Preguntas realizadas para evaluar la actitud, comportamiento y sensibilización frente a los océanos y polos.

PREGUNTAS					
Sensibilización y percepción socioambiental					
¿Cómo de importante es para usted el océano? (Guest et al., 2015)					
No lo sé (0)	Muy poco (1)	Poco (2)	Moderado (3)	Mucho (4)	Muchísimo (5)
0 %	0,37 %	0 %	9,19 %	25,74 %	63,97 %
¿En qué medida le interesaría saber más del océano? (Guest et al., 2015)					
No lo sé (0)	Muy poco (1)	Poco (2)	Moderado (3)	Mucho (4)	Muchísimo (5)
0 %	0 %	2,57 %	14,34 %	31,62 %	51,10 %
¿Cree que se está exagerando la crisis climática?					
Sí	No		No lo sé		
8,82 %	85,66 %		5,15 %		
Señale las tres formas de las que crea que el ser humano se beneficia más del océano (Guest et al., 2015)					
Alimento	Medicinas		Regulación del clima		Transporte en barco
28,49 %	1,43 %		26,34 %		9,68 %
Obtención de energía	Extracción de minerales		Fuente de oxígeno		Recreación
6,99 %	2,15 %		21,68 %		3,23 %
¿En qué medida el océano está explorado?					
No lo sé (0)	Muy poco (1)	Poco (2)	Moderado (3)	Mucho (4)	Muchísimo (5)
0 %	34,8 %	47,62 %	11 %	4,4 %	1,47 %
¿En qué medida el océano influye en el clima de los continentes?					
No lo sé (0)	Muy poco (1)	Poco (2)	Moderado (3)	Mucho (4)	Muchísimo (5)
0 %	0,37 %	0,37 %	4,76 %	31,14 %	62,64 %
¿En qué año se estima la extinción de los osos polares? (modificada de Hamilton 2008)					
No lo sé	2030	2040	2050	2100	

54,41 %	8,82 %	10,66 %	17,28 %	9,19 %
---------	--------	---------	---------	--------

Tabla 5

Preguntas realizadas para evaluar la actitud, comportamiento y sensibilización frente a los polos.

Estudios	El hielo del polo norte quedará completamente descongelado (Hamilton, 2008)			
	VERDADERO	FALSO		
Todos	53,87 %	46,13 %		
BioGeo	58,28 %	41,72 %		
Otros	48,33 %	51,67 %		
Estudios	Apoyaría que la Antártida estuviese reservada para: (Modificado de Hamilton, 2008)			
	No lo sé	solamente a fines científicos	para fines científicos, turísticos y económicos	para ninguno de estos fines
Todos	4,41 %	78,68 %	12,13 %	4,41 %
BioGeo	3,31 %	80,13 %	13,91 %	2,65 %
Otros	5,83 %	77,50 %	10,00 %	6,67 %

Discusión y conclusiones

Los resultados de este estudio evidencian la necesidad de mejorar la alfabetización oceánica y polar en la población hispanohablante. Tal y como se anticipaba, los estudiantes que cursan estudios en biología y geología manifestaron un nivel de alfabetización oceánica y polar superior al resto de la población encuestada (McKinley et al., 2025; Guest et al., 2015).

Un hallazgo particularmente relevante y digno de destacar es que, dentro de este grupo especializado, los estudiantes de geología demostraron poseer un conocimiento oceánico superior. Esto subraya la importancia crítica de la geología como disciplina fundamental para comprender los procesos físicos, químicos y geológicos que regulan estos ecosistemas. Dado que la geología se encuentra frecuentemente invisibilizada o es marginal en el currículo de la educación obligatoria (García-Yelo et al., 2022), reforzar su enseñanza en estas etapas tempranas representa una estrategia transversal y efectiva. Esto no solo mejoraría directamente la alfabetización oceánica y polar, sino que también la comprensión general de la actual crisis climática (Metzger, 2024). En otros estudios, se ha documentado una relación en la que los estudiantes con un mayor nivel de alfabetización oceánica tienden a manifestar una valoración más sólida y positiva del medio marino (Guest et al., 2015).

En el contexto específico de la alfabetización polar, se identificó una diferencia significativa ligada al origen geográfico: los estudiantes de Latinoamérica que no estudiaban disciplinas relacionadas con la biología o la geología mostraron un nivel de *Polar Knowledge* inferior a los de España. Este hallazgo sugiere que las estrategias para fomentar la alfabetización oceánica y polar deben ser adaptadas a las particularidades de cada región, haciendo especial énfasis en la comunidad general que está menos involucrada con temas de áreas afines a las ciencias naturales y ciencias de la Tierra (UNESCO, 1977).

Contrario a lo que cabría esperar, no se detectaron diferencias estadísticamente significativas en el nivel de alfabetización oceánica y polar entre quienes han residido en ciudades costeras y quienes no. Este resultado es consistente con estudios previos y sugiere que la proximidad geográfica, por sí misma, no constituye un factor determinante para generar un conocimiento profundo o una sensibilización efectiva sobre estos ecosistemas (Fauville et al., 2019). Sin embargo, en un estudio realizado en Nova Scotia, los estudiantes tenían en su día a día mayor interacción con el océano, demostraron niveles de conocimiento más altos (Guest et al., 2015).

Generalmente, los docentes identifican que los principales obstáculos que dificultan el proceso de enseñanza de la cultura oceánica son la financiación, el interés de las instituciones educativas en incluir actividades de educación ambiental marina y el apoyo de otras instituciones (Camargo, 2023). Contrario a lo que cabría esperar, se ha descartado que el acceso a las tecnologías de la información (ordenador e internet) represente un obstáculo para la enseñanza de la alfabetización oceánica. Además, se ha observado que dicho acceso no influye significativamente en el nivel de conocimientos que poseen los estudiantes (Camargo, 2023).

Finalmente, a pesar de las carencias identificadas, en varios aspectos de la alfabetización oceánica y polar, la población encuestada ha mostrado interés y curiosidad hacia los ecosistemas oceánicos y polares. Este resultado es altamente alentador pues evidencia una base motivacional sólida sobre la cual se pueden desarrollar e implementar programas educativos efectivos, fomentando una comprensión integral y crítica de la compleja relación entre los océanos, los polos y los desafíos globales contemporáneos.

Limitaciones y perspectivas futuras

Es importante resaltar que la encuesta planteada tiene ciertas limitaciones en relación al tamaño de la muestra, por lo que no puede considerarse como representativa de la población universitaria hispanohablante. Adicionalmente, identificamos el sesgo de autoselección como una limitación inherente al muestreo. Esto puede suponer que aquellos participantes que eligen responder a la encuesta poseen un mayor interés o conocimiento de los temas tratados, lo que podría influir en los resultados. Es decir que las personas que eligen responder la encuesta podrían tener características y niveles de alfabetización diferentes de aquellos que deciden no responder.

Este estudio muestra que existen retos y desafíos significativos para evaluar y poner en práctica una alfabetización oceánica y polar eficaz. Desarrollar íntegramente -y por tanto estimar de forma veraz- las dimensiones y componentes de la alfabetización es complejo, ya que no sólo se basa en el conocimiento sobre estos medios, sino también en las actitudes, creencias y comportamientos hacia el mar y los polos, logrando respuestas actitudinales que sean informadas y respetuosas con ellos. Estudiar la relación entre el nivel de conocimiento de una persona sobre estos temas y su actitud hacia ellos se convierte en un gran reto, ya que no necesariamente ambas dimensiones de la alfabetización están correlacionadas.

Desarrollar una encuesta única que funcione por igual a través de las diferencias lingüísticas y culturales en una población tan diversa es complejo. No obstante, es importante resaltar que los resultados de esta experiencia servirán de base para la elaboración de una nueva versión de la encuesta. Para ello, se (i) revisaran algunos contenidos para comprobar su claridad y alineación con el contenido, (ii) agregaran ítems adicionales en las preguntas de

percepción, (iii) mejoraran las preguntas de identificación del perfil del entrevistado, y (iv) se revisarán expresiones lingüísticas para evitar sesgos culturales.

Agradecimientos

Se agradece el apoyo y financiación del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades del Gobierno de España a través del proyecto BASELINE (PID2021- 126495NB-741 C33).

Algunos de los logotipos e iconos utilizados en este manuscrito fueron tomados de la plataforma Flaticon, a la cual se le extiende el debido reconocimiento.

Referencias

- Ashley, M., Pahl, S., Glegg, G., & Fletcher, S. (2019). A change of mind: applying social and behavioral research methods to the assessment of the effectiveness of ocean literacy initiatives. *Frontiers in Marine Science*, 6, 288. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00288>
- Borja, Á., Santoro, F., Scowcroft, G., Fletcher, S., & Strosser, P. (2020). Editorial: Connecting People to Their Oceans: Issues and Options for Effective Ocean Literacy. *Frontiers in Marine Science*, 6, 837. <https://doi.org/10.3389/FMARS.2019.00837>
- Camargo, P. A. (2023). Diagnóstico del conocimiento oceánico en estudiantes de educación básica y media secundaria en el departamento del Magdalena, Colombia. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/11349/39472>
- Cava, F., Schoedinger, S., Strang, C., & Tuddenham, P. (2005). Science content and standards for ocean literacy: An ocean literacy update. *National Geographic Society*. https://coexploration.org/oceanliteracy/documents/OLit2004_Final.pdf
- Chicote, C. A., & Pujana, J. Z. (2016). Ocean Literacy: la Cultura Oceánica en España, un concepto reciente que toma fuerza. *CENEAM–Ministerio de Transición Ecológica y el Reto Demográfico*. https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/articulos-de-opinion/2016-10-chicote-pujana_tcm30-163428.pdf
- Costa, S., & Caldeira, R. (2018). Bibliometric analysis of ocean literacy: An underrated term in the scientific literature. *Marine Policy*, 87, 149-157. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.10.022>
- Falkowski, P. (2012). The power of plankton. *Nature*, 483, 17-20. <https://doi.org/10.1038/483S17a>
- FAO. (2020). *The state of world fisheries and aquaculture 2020: Sustainability in action*. Rome. <https://doi.org/10.4060/ca9229en>
- Fauville, G. (2018). Ocean literacy in the twenty-first century. En G. Fauville, D. L. Payne, M. H. Marrero, A. Lantz-Andersson, & F. J. R. Crouch (Eds.), *Exemplary practices in marine science education: A resource for practitioners and researchers* (pp. 3-11). Springer

Fauville, G., Strang, C., Cannady, M. A., & Chen, Y. F. (2019). Development of the International Ocean Literacy Survey: measuring knowledge across the world. *Environmental Education Research*, 25(2), 238-263. <https://doi.org/10.1080/13504622.2018.1440381>

Field, C. B., Behrenfeld, M. J., Randerson, J. T., & Falkowski, P. (1998). Primary Production of the Biosphere: Integrating Terrestrial and Oceanic Components. *Science*, 281, 237-240. <https://www.science.org>

García Yelo, B. A., García Buitrago, E., & García García, E. (2022). El estado de la geología en el currículo. una situación preocupante. *Super Vision 21. Revista de Investigación e Inspección*, 65. <https://doi.org/10.52149/sp21>

González-Rodríguez, G. I. (2024). Propuesta para la ecoalfabetización como alternativa para el logro de la agenda 2030 desde las universidades. En C. del P. Suárez Rodríguez, M. de los Á. Cervantes Rosas, & N. A. Hernández Delgadillo (Coords.), *Agenda 2030: la ruta hacia el desarrollo sostenible en las Instituciones de Educación Superior* (p. 84). Fundación Red Iberoamericana de Ciencia, Naturaleza y Turismo.

Gili, J. M., Orejas, C., Ros, J., López, P., & Arntz, W. (2000). La vida en los fondos antárticos. *Investigación y Ciencia*, 290, 64-74.

Guest, H., Lotze, H. K., & Wallace, D. (2015). Youth and the sea: Ocean literacy in Nova Scotia, Canada. *Marine Policy*, 58, 98-107. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2015.04.007>

Hamilton, L. C. (2008). Who cares about polar regions? Results from a survey of US public opinion. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 40(4), 671-678. [https://doi.org/10.1657/1523-0430\(07-105\)\[HAMILTON\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1657/1523-0430(07-105)[HAMILTON]2.0.CO;2)

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). Metodología de la investigación (6.^a ed.). McGraw-Hill Interamericana.

Instituto Cervantes. (2024). El español en el mundo 2024 (Anuario). Recuperado de https://cvc.cervantes.es/lengua/anuario/anuario_24/el_espanol_en_el_mundo_anuario_instituto_cervantes_2024.pdf

Kelly, R., Evans, K., Alexander, K. A., Bettiol, S., Corney, S., Cullen-Knox, C., Cvitanovic, C., de Salas, K., Emad, G. R., Fullbrook, L., García, C., Ison, S., Ling, S. D., Macleod, C., Meyer, A., Murray, L., Murunga, M., Nash, K. L., Norris, K., ... Pecl, G. T. (2021). Connecting to the oceans: supporting ocean literacy and public engagement. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 32(1), 123-143. <https://doi.org/10.1007/s11160-020-09625-9>

Koulouri, P., Mogias, A., Mokos, M., Cheimonopoulou, M., Realdon, G., Boubonari, T., ... & Juan, X. (2022). Ocean literacy across the Mediterranean Sea basin: Evaluating middle school students' knowledge, attitudes, and behaviour towards ocean sciences issues. *Mediterranean Marine Science*, 23(2), 289-301. <https://doi.org/10.12681/mms.26797>

- McKinley, E., McAtee, B., Kaae, B., & Trouillet, B. (2025). Ocean Literacy as a Mechanism for Change Across and Beyond the UN Ocean Decade. *Ocean and Society*, 2, 11340. <https://doi.org/10.17645/oas.11340>
- Metzger, E. P. (2024). Reimagining geoscience education for sustainability. *Earth Science, Systems and Society*, 4(1), 10116. <https://doi.org/10.3389/esss.2024.10116>
- Mogias, A., Boubonari, T., Realdon, G., Previati, M., Mokos, M., Koulouri, P., & Cheimonopoulou, M. T. (2019). Evaluating ocean literacy of elementary school students: preliminary results of a cross-cultural study in the Mediterranean Region. *Frontiers in Marine Science*, 6, 396. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00396>
- Pörtner, H. O., Roberts, D. C., Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Tignor, M., Poloczanska, E., & Weyer, N. M. (2019). The ocean and cryosphere in a changing climate. *IPCC special report on the ocean and cryosphere in a changing climate*, 1155, 10-1017.
- Polar-ICE. (2024). Polar literacy initiative. Recuperado de <https://polar-ice.org/polar-literacy-initiative/>
- Qualtrics (2024). Qualtrics (Versión 2024) [Software de encuestas]. Recuperado de <https://www.qualtrics.com>
- R Core Team. (2024). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>
- Realdon, G., Mogias, A., Fabris, S., Candussio, G., Invernizzi, C., & Paris, E. (2019). Assessing Ocean Literacy in a sample of Italian primary and middle school students. *Rendiconti Online Societa Geologica Italiana*, 49, 107–112. <https://doi.org/10.3301/ROL.2019.59>
- Ruddiman, W. F. (2001). *Earth's climate: past and future*. Macmillan.
- Sabine, C. L., Feely, R. A., Gruber, N., Key, R. M., Lee, K., Bullister, J. L., Wanninkhof, R., Wong, C. S., Wallace, D. W. R., Tilbrook, B., Millero, F. J., Peng, T.-H., Kozyr, A., Ono, T., & Rios, A. F. (2004). The Oceanic Sink for Anthropogenic CO₂. *Science*, 305, 367–371. <https://doi.org/10.1126/science.1097403>
- Santoro, F., Selvaggia, S., Scowcroft, G., Fauville, G., & Tuddenham, P. (2017). *Ocean literacy for all: a toolkit* (Vol. 80). UNESCO Publishing.
- Seethi, K. M. (2023). El cambiante perfil de la geopolítica polar. *Tiempo de Paz*, (150). https://revistatiempodepaz.org/wp-content/uploads/2023/12/AFR-150_online-1.pdf#page=124
- Sumaila, U. R., Walsh, M., Hoareau, K., Cox, A., Teh, L., Abdallah, P., ... & Zhang, J. (2021). Financing a sustainable ocean economy. *Nature communications*, 12(1), 3259. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-23168-y>
- The World Bank. (2024). Population, total [Data set]. Recuperado de <https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL>

UNESCO. (1977). La Conferencia Intergubernamental sobre Educación Ambiental: Declaración de Tbilisi (1977). UNESCO.
<https://www.uhu.es/pablo.hidalgo/docencia/educacionambiental/tbilisi.pdf>

Visbeck, M. (2018). Ocean science research is key for a sustainable future. *Nature communications*, 9(1), 690. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-03158-3>

Percepção dos impactos ambientais industriais em alunos da 8^a classe do Colégio BG 0007 Comandante Dangereux Catumbela, Angola

Perception of industrial environmental impacts among 8th-grade students at College BG 0007 Commander Dangereux, Catumbela, Angola

Adelino Hoka Chindombe

Universidad Europea del Atlántico, España (arimamais@gmail.com) (<https://orcid.org/0009-0002-0388-3964>)

Información del manuscrito:

Recibido/Received: 08/09/25

Revisado/Reviewed: 23/09/25

Aceptado/Accepted: 12/10/25

RESUMEN

A pesquisa aborda a percepção dos impactos ambientais industriais em alunos da 8^a classe do Colégio 0007 BG Comandante Dangereux Catumbela, Angola. A indústria representa um fator importante na degradação do meio ambiente. Nesse contexto, compreender como os alunos percebem e interpretam os desafios e os impactos ambientais industriais locais é fundamental, uma vez que essa percepção pode influenciar suas ações futuras em favor da preservação do meio ambiente. A pesquisa visa analisar o nível de percepção ambiental sobre os impactos ambientais em alunos da 8^a classe do Colégio em referência. A metodologia adotada nesta pesquisa foi descritiva, com enfoque quantitativo, de corte transversal e não experimental. Portanto, utilizou-se, na coleta de dados, um questionário com 15 itens em escala de Likert qualitativa ordinal, constituído por três dimensões: conhecimentos gerais sobre impactos ambientais, percepção dos riscos ambientais e ações e soluções para minimizar os impactos ambientais industriais. O questionário foi aplicado a 113 alunos. Com o intuito de testar a hipótese de que alunos apresentavam uma percepção significativa sobre impactos ambientais industriais, foi aplicado o teste de Wilcoxon para uma amostra. Os resultados mostraram diferença estatisticamente significativa entre a mediana observada nas respostas e o valor de referência da escala de Likert ($p < 0,001$), refutando, assim, a hipótese de que os alunos possuem percepção ambiental relevante sobre o tema. Conclui-se, portanto, que a maioria dos alunos não apresenta um nível de percepção ambiental satisfatório acerca dos impactos ambientais industriais, conforme indicado pela mediana inferior ao valor de referência.

ABSTRACT

This research addresses the perception of industrial environmental impacts among 8th-grade students at College 0007 BG Commander Dangereux in Catumbela, Angola. Industry is a significant factor in environmental degradation. In this context, understanding how students perceive and interpret local industrial environmental challenges and impacts is crucial, as this perception can influence their future actions to preserve the environment. The research aims to analyze the level of

Keywords:

Perception, Environmental Impact, Industry, Students, Catumbela

environmental awareness of the environmental effects among 8th-grade students at the aforementioned school. The methodology adopted in this research was descriptive, with a quantitative, cross-sectional, and non-experimental approach. Therefore, data collection used a 15-item questionnaire on an ordinal qualitative Likert scale, consisting of three dimensions: general knowledge of environmental impacts, perception of environmental risks, and actions and solutions to minimize industrial environmental impacts. The questionnaire was administered to 113 students. To test the hypothesis that students had a significant perception of industrial environmental impacts, the Wilcoxon test was applied to one sample. The results showed a statistically significant difference between the median observed in the responses and the reference value of the Likert scale ($p < 0.001$), thus refuting the hypothesis that students have a relevant environmental perception on the topic. Therefore, it can be concluded that most students do not have a satisfactory level of environmental perception regarding industrial environmental impacts, as indicated by the median being lower than the reference value.

Introducción

Nos últimos anos, as atividades industriais têm vindo a causar a degradação do meio ambiente, resultante da utilização irracional dos recursos naturais, colocando em risco o normal funcionamento das esferas terrestres (atmosfera, hidrosfera, biosfera e geosfera). Nesse cenário, o processo de deterioração do planeta Terra começou a ganhar contornos alarmantes. Por exemplo, com o “advento do boom industrial, foram estabelecidos grandes complexos industriais perto de áreas densamente povoadas, onde produtos químicos perigosos tanto para os seres humanos como para o ambiente começaram a ser processados e armazenados”(Kulman, 2021, p. 20). De maneira similar, Shah et al. (2021) afirmam que o crescimento econômico acelerado nas últimas décadas tem contribuído significativamente para o aumento da poluição ambiental. Os autores destacam que os setores industriais e de manufatura são considerados fundamentais para a economia de um país, pois são responsáveis por aproximadamente metade dos níveis de poluição registrados.

Além disso, segundo Villegas et al., (2023), o habitat do planeta tem sido profundamente impactado por fatores como o avanço tecnológico, o crescimento populacional, a poluição ambiental e as megatendências globais. Diante desses desafios cada vez mais complexos, torna-se essencial que instituições, governos e comunidades estabeleçam um diálogo horizontal e autêntico, visando à resolução dos problemas sociais com uma abordagem ecológica. Portanto, a atividade industrial representa o fator de crescimento econômico de uma sociedade, mas o seu crescimento desordenado constitui uma ameaça ao meio ambiente. As alterações climáticas, a poluição do solo e do ar e a degradação dos ecossistemas são algumas das consequências da atividade industrial que afetam o meio ambiente e a saúde humana.

A percepção ambiental é um conceito fundamental para entender como os indivíduos interagem e respondem ao seu ambiente. Diante desta realidade, a educação ambiental consiste em um processo que capacita os indivíduos a investigar problemas ambientais, participar ativamente na busca por soluções e adotar ações que promovam a melhoria do meio ambiente. Esse processo contribui para o desenvolvimento de uma compreensão aprofundada das questões ambientais e favorece a formação de habilidades necessárias para a tomada de decisões conscientes e responsáveis (Busi et al., 2023). Nesse contexto, a educação ambiental representa um instrumento que desempenha um papel essencial para a conscientização e o comprometimento das futuras gerações na adoção de práticas sustentáveis. Assim, compreender a percepção dos alunos sobre os impactos ambientais industriais torna-se indispensável para avaliar a eficiência das ações educativas no contexto angolano e sugerir melhorias nas estratégias de ensino.

No município da Catumbela, as indústrias instaladas no Polo de Desenvolvimento Industrial da Catumbela (PDIC) têm causado impactos significativos ao meio ambiente local, configurando uma preocupação social relevante. Considerando esse cenário, a presente pesquisa visa compreender como os alunos percebem os impactos ambientais das indústrias. A forma como percebem tais impactos pode influenciar diretamente a sua consciência ambiental, bem como suas atitudes e comportamentos pró-ambientais em prol da sustentabilidade. Além disso, diversas pesquisas indicam que a transmissão da educação ambiental para o desenvolvimento sustentável tem sido explorada principalmente sob as óticas do consumo sustentável e da gestão da poluição.

O município da Catumbela, situado na província de Benguela (Angola), é considerado o mais industrializado da região, principalmente devido à presença do PDIC, instalado ao longo do Delta do rio Catumbela. De acordo com Huvi (2019), o referido delta apresenta características edáficas e hidrogeológicas favoráveis ao desenvolvimento da agricultura, além de constituir a principal fonte de abastecimento de água potável para consumo das cidades do

litoral da província de Benguela. Nesse contexto, o PDIC tem impulsionado um crescimento industrial significativo nas últimas décadas, o que tem contribuído de forma expressiva para o seu crescimento econômico.

Entretanto, tal progresso tem sido acompanhado por impactos severos, como contaminação do ar, da água, do solo, bem como perda da biodiversidade. Ademais, as comunidades que vivem nas proximidades dessas indústrias estão entre as mais afetadas por tais externalidades negativas. Entre elas, destacam-se os estudantes, que, como membros dessas comunidades, também estão expostos e sujeitos aos referidos impactos ambientais.

Apesar de sua relevância, a percepção dos alunos acerca dos impactos ambientais provocados pelas atividades industriais ainda se mostra limitada. Essa falta de conhecimento pode comprometer significativamente o papel que esses alunos desempenharão como futuros gestores e agentes de transformação na construção de uma sociedade sustentável. Diante desse cenário, propõe-se o seguinte problema de investigação: Qual é o nível de percepção dos alunos da 8^a classe do Colégio BG 0007 Comandante Dangereux Catumbela (Angola) sobre impactos ambientais decorrentes das atividades industriais?

A escolha do tema foi motivada pela necessidade de compreender como os alunos percebem e interpretam os desafios ambientais em seu contexto local, tendo em vista que essa percepção pode influenciar diretamente suas futuras ações em prol da preservação ambiental e, consequentemente, contribuir para o desenvolvimento sustentável. A pesquisa é particularmente relevante, pois está inserida em um contexto geográfico onde há uma significativa concentração de indústrias, localizadas em uma zona de elevado potencial agrícola e com presença de importantes reservatórios de águas subterrâneas. Esse cenário impõe desafios consideráveis à sustentabilidade e ao equilíbrio entre desenvolvimento econômico e preservação dos recursos naturais. Além disso, a 8^a classe na disciplina de Geografia contempla, no seu plano curricular, uma unidade voltada à atividade industrial e sua relação com o desenvolvimento econômico. Essa unidade temática, ao longo dos seus subtemas, não propõe uma análise crítica dos efeitos nocivos gerados pela atividade industrial ao meio ambiente. Assim sendo, a coincidência entre o conteúdo programático e o contexto local representa uma oportunidade educacional para promover a educação ambiental no ambiente escolar, contribuindo para a formação de uma consciência crítica sobre a problemática ambiental local.

Do ponto de vista teórico, a presente pesquisa justifica-se pela crescente preocupação com a degradação do meio ambiente e o esgotamento dos recursos naturais, fenômenos que têm desafiado a humanidade atualmente. Nesse contexto, as empresas do setor produtivo, especialmente as indústrias, figuram entre os principais agentes causadores de impactos ambientais negativos, em razão da intensa exploração dos recursos naturais. Dessa forma, os referenciais teóricos que embasam esta pesquisa buscam contribuir para a ampliação da literatura em educação ambiental, especialmente no que tange à sua capacidade de fomentar e aprimorar a percepção dos alunos em relação aos desafios ambientais, tanto em escala local quanto global. Segundo Collado et al. (2020), a educação ambiental tem se mostrado como uma ferramenta pedagógica significativa e relevante na transformação de atitudes e comportamentos, promovendo o desenvolvimento de posturas pró-ambientais e colaborando, assim, para a construção de uma sociedade orientada pelos princípios da sustentabilidade.

Do ponto de vista prático, a educação ambiental no âmbito escolar configura-se como uma ferramenta importante para a construção de percepção crítica dos problemas ambientais, contribuindo para a conscientização dos alunos e para a busca de soluções voltadas à compreensão e ao enfrentamento dos desafios ambientais provocados pelas atividades industriais. Esse aspecto torna-se especialmente relevante em regiões com elevado índice de industrialização, como é o caso do município da Catumbela, em Angola. Além disso, conforme argumenta Araújo (2021), a inserção da educação ambiental no ambiente escolar representa uma estratégia eficaz para transformar a percepção dos alunos, ampliando sua compreensão

acerca dos impactos ambientais industriais causados pela atividade industrial. A presente pesquisa, nesse sentido, possui o potencial de subsidiar o desenvolvimento de projetos educativos mais eficazes, tendo a educação ambiental como uma ferramenta essencial na mitigação dos efeitos negativos da industrialização (Bibeiro et al., 2021).

Do ponto de vista metodológico, esta pesquisa tem como propósito oferecer subsídios para a elaboração de estratégias de ensino em educação ambiental, centradas na percepção dos alunos quanto aos impactos ambientais decorrentes das indústrias. Nesse sentido, a utilização de metodologias participativas no processo de ensino-aprendizagem, tais como a aprendizagem baseada em problemas, o estudo de caso e o estudo do meio, ou visitas a áreas impactadas por indústrias ou projetos escolares voltados à construção de alternativas sustentáveis, contribuem significativamente para a construção de um pensamento ambiental mais reflexivo e comprometido com a sustentabilidade. Essas abordagens metodológicas, conforme destacam Souza & Santos, (2021), promovem o envolvimento ativo dos alunos no processo educativo, favorecendo o desenvolvimento de uma percepção crítica em relação à problemática ambiental, ao mesmo tempo em que incentivam a proposição de soluções contextualizadas.

Portanto, esta análise pretende não apenas enriquecer o debate acadêmico sobre a percepção ambiental no espaço escolar, mas também contribuir para a elaboração de políticas públicas voltadas à sustentabilidade, com foco na educação como instrumento de transformação social. O objetivo geral desta pesquisa é analisar o nível de percepção sobre os impactos ambientais industriais dos alunos da 8^a classe do Colégio BG 0007 Comandante Dangereux Catumbela, Angola.

Método

A presente pesquisa foi desenvolvida com base em um planeamento metodológico de enfoque quantitativo. O nível de pesquisa adotado é descritivo, por objetivar descrever as características de um fenômeno ou situação específica. O desenho da presente investigação é não experimental, porque a variável de estudo não foi manipulada. Segundo Hinojosa Mamani et al. (2024), os delineamentos de pesquisa transversal realizam a coleta de dados em um único momento, com o objetivo principal de descrever e analisar o estado atual das variáveis de interesse em uma população. A presente pesquisa foi realizada no Colégio BG 0007 Comandante Dangereux, localizado no município da Catumbela, cidade com o mesmo nome, zona suburbana, província de Benguela, Angola, com uma amostra composta por 113 alunos da 8^a classe, selecionados aleatoriamente a partir de uma população de 160 alunos, com nível de confiança de 95% e erro máximo admissível de 5%.

Para coleta de dados, foi utilizado um questionário polítomico composto por 15 itens, distribuídos em três dimensões. O instrumento estruturado em escala de Likert de cinco pontos (1 - Discordo totalmente, 2 - Discordo, 3 - Não discordo nem concordo, 4 - Concordo, 5 - Concordo totalmente), a fim de mensurar atitudes e opiniões de alunos.

Nesta pesquisa, o processamento de dados seguiu uma abordagem estatística descritiva, conforme Espinoza Casco et al. (2023), “a estatística descritiva é composta pelos métodos gráficos e numéricos usados para resumir e processar dados e transformá-los em informações” (p. 104). Assim, a estatística descritiva é um procedimento estatístico que tem por objeto a representação e descrição dos dados de um problema levantado e representá-los de forma gráfica.

Para organização, dos dados obtidos, utilizou-se o programa Microsoft Office Excel. Para análise estatística, foi realizado com o apoio de dois softwares: o software de análise estatística Program for Statistical Processing (PSPP) versão 1.4.1-g79ad47 para Windows, utilizado para

estatísticas descritivas (frequências, moda e mediana), cujos resultados foram apresentados em forma de tabelas, e software Jeffreys's Amazing Statistics Program (JASP) versão 0.19.3 para Windows, utilizado para aplicação do teste de Wilcoxon para uma amostra, a fim de verificar diferenças significativas em relação ao ponto neutro da escala de Likert.

No que se refere à análise descritiva, as respostas da escala de Likert foram agrupadas em três categorias, a fim de facilitar a interpretação dos dados e identificar as tendências gerais de opinião dos participantes: As opções “1 - Discordo totalmente” e “2 - Discordo” foram agrupadas na categoria (Discordância), a opção “3- Não discordo e nem concordo” foi mantida isoladamente, sob designação (Neutro) e as opções “4 – Concordo” e “5 - Concordo totalmente” foram agrupadas na categoria de (Concordância).

Além disso, a confiabilidade da escala de Likert utilizada na pesquisa foi avaliada por meio do coeficiente alfa de Cronbach, que apresentou valor de 0,83, o que indica uma boa consistência interna do instrumento. Segundo Tarakçı Eren & Düzenli (2021), esse resultado representa um nível confiável para a avaliação da percepção ambiental dos estudantes. Para Popa (2020) , também destaca valores em torno de 0,83, cujos instrumentos contêm 15 itens e uma amostra de 113 participantes, que são considerados muito bons, especialmente em pesquisas educacionais e sociais.

Resultados

Tabela 1

Conhecimentos gerais sobre impactos ambientais industriais

Itens	f (1)	f (2)	f (3)	f (4)	f (5)	% (1)	% (2)	% (3)	% (4)	% (5)	Mediana	Moda
Item 1. As atividades industriais são uma das principais causas da poluição ambiental.	19	58	8	15	13	16,8	51,3	7,1	13,3	11,5	2	2
Item 2. As emissões de gases industriais contribuem para o aquecimento global e as mudanças climáticas.	10	36	16	32	19	8,8	31,9	14,2	28,3	16,8	2	2
Item 3. As indústrias são responsáveis por grande parte da contaminação dos recursos hídricos.	17	42	14	24	16	15,0	37,2	12,4	21,2	14,2	2	2
Item 4. As atividades industriais contribuem significativamente para a poluição atmosférica.	20	28	4	28	33	17,7	24,8	3,5	24,8	29,2	2	5
Item 5. A contaminação do solo causada pelas indústrias prejudica a prática da agricultura.	32	36	9	31	5	28,3	31,9	8,0	27,4	4,4	2	2

Nota. Escala de Likert de 5 pontos: 1 = Discordo totalmente; 5 = Concordo totalmente. Os dados refletem a distribuição das respostas dos participantes (N=113). As frequências absolutas (f) representam o número de respostas por cada categoria. Moda e mediana referem-se à tendência central das respostas para cada item. Os valores foram arredondados para uma casa decimal.

De acordo com os dados apresentados na Tabela 1, a maioria dos participantes 52,8% demonstrou discordância com a afirmação, selecionando “Discordo totalmente e Discordo”.

Apenas 38,2% dos participantes expressaram algum grau de concordância, indicando “Concordo totalmente” e “Concordo”, e 9,0% mantiveram-se neutros. A mediana foi 2 (Discordo), demonstrando uma tendência central para discordância entre os participantes. Os resultados mostraram que, de maneira geral, há uma forte tendência de discordância entre os participantes, sugerindo uma percepção negativa em relação à afirmação avaliada. No contexto da presente pesquisa, foi testada a hipótese de que os alunos possuem conhecimentos gerais sobre os impactos ambientais industriais. Para isso, foi aplicado o teste de Wilcoxon para uma amostra, com o objetivo de verificar se a mediana das respostas diferia do valor neutro da escala de Likert (valor de referência = 3), o qual indica um nível médio do conhecimento.

Considerou-se uma hipótese alternativa direcional, segundo a qual as respostas tenderiam a valores maiores que 3 ($\mu > 3$), o que indicaria que os alunos demonstram conhecimentos gerais sobre os impactos ambientais industriais. No entanto, essa hipótese foi refutada, uma vez que o teste revelou uma mediana igual a 2 nos cinco itens avaliados, com valores ($V = 64441.000$ e $p < 0,001$), indicando uma diferença estatisticamente significativa abaixo do valor de referência. Dessa forma, os resultados sugerem que, de modo geral, alunos demonstraram um nível de conhecimento inferior ao esperado quanto aos impactos ambientais provocados pelas atividades industriais.

Tabela 2

Percepção dos riscos ambientais gerados pelas atividades industriais

Itens	f (1)	f (2)	f (3)	f (4)	f (5)	% (1)	% (2)	% (3)	% (4)	% (5)	Mediana	Moda
Item 6. As atividades industriais apresentam um grande risco para a saúde humana devido à poluição.	33	41	9	17	13	29,2	36,3	8,0	15,0	11,5	2	2
Item 7. A poluição causada pelas indústrias afeta negativamente a biodiversidade e os ecossistemas.	14	38	17	29	15	12,4	33,6	15,0	25,7	13,3	2	2
Item 8. A poluição causada pelas indústrias afeta directamente as condições climáticas globais.	29	51	11	9	13	25,7	45,1	9,7	8,0	11,5	2	2
Item 9. Os resíduos industriais mal geridos podem causar problemas sérios de saúde pública.	12	38	2	24	37	10,6	33,6	1,8	21,2	32,8	2	2
Item 10. As atividades industriais causam problemas ambientais, mesmo em regiões afastadas dos centros urbanos.	28	43	9	19	14	24,8	38,0	8,0	16,8	12,4	2	2

Nota. Escala de Likert de 5 pontos: 1 = Discordo totalmente; 5 = Concordo totalmente. Os dados refletem a distribuição das respostas dos participantes ($N=113$). As frequências absolutas (f) representam o número de respostas por cada categoria. Moda e mediana referem-se à tendência central das respostas para cada item. Os valores foram arredondados para uma casa decimal.

De acordo com os dados apresentados na Tabela 2, a maioria dos participantes demonstrou concordância com a afirmação, sendo que 57,9% dos participantes selecionaram “Discordo totalmente” e “Discordo”. Por outro lado, 33,6% dos participantes indicaram “Concordo” e “Concordo totalmente”. Apenas 8,5% mantiveram-se neutros. A mediana foi de 2 (Discordo), indicando uma tendência de discordância entre os participantes. Os resultados revelaram que há uma forte inclinação de discordância entre os participantes, sugerindo uma percepção negativa da afirmação avaliada.

No contexto da presente pesquisa, foi testada a hipótese de que os alunos percebem os riscos ambientais gerados pelas atividades industriais. Para isso, foi aplicado o teste de Wilcoxon para uma amostra com o objetivo de verificar se a mediana das respostas diferia do valor neutro da escala de Likert (valor de referência = 3), que representa um nível de médio de percepção. Considerou-se uma hipótese alternativa direcional, segundo a qual as respostas tenderiam a valores maiores que 3 ($\mu > 3$), indicando que os alunos percebem riscos ambientais gerados pelas atividades industriais em nível superior ao valor de referência. No entanto, essa hipótese foi refutada, uma vez que o teste revelou uma mediana igual a 2 nos cinco itens avaliados, com valores ($V = 64441.000$ e $p < 0,001$), o que indica uma diferença estatisticamente significativa abaixo do valor de referência. Dessa forma, os resultados demonstraram que os participantes tendem a apresentar um nível de conhecimento inferior ao esperado quanto à percepção dos riscos ambientais resultantes das atividades industriais.

Tabela 3*Ações e soluções para minimizar os impactos industriais*

Itens	f (1)	f (2)	f (3)	f (4)	f (5)	% (1)	% (2)	% (3)	% (4)	% (5)	Mediana	Moda
Item 11. As empresas do setor industrial têm uma responsabilidade social de mitigar os impactos ambientais que causam.	19	58	8	15	13	16,8	51,3	7,1	13,3	11,5	2	2
Item 12. O desenvolvimento de indústrias verdes é a solução para minimizar os impactos ambientais.	10	36	16	32	19	8,8	31,9	14,2	28,3	16,8	2	2
Item 13. As ações individuais podem ajudar a minimizar os efeitos negativos das indústrias no ambiente.	17	42	14	24	16	15,0	37,2	12,4	21,2	14,2	2	2
Item 14. Os consumidores têm o poder de pressionar as indústrias a serem mais sustentáveis.	20	31	3	25	34	17,7	27,4	2,7	22,1	30,1	2	5
Item 15. As indústrias devem investir mais em práticas e tecnologias sustentáveis para reduzir a poluição.	33	32	9	32	7	29,2	28,3	8,0	28,3	6,2	2	1

Nota. Escala de Likert de 5 pontos: 1 = Discordo totalmente; 5 = Concordo totalmente. Os dados refletem a distribuição das respostas dos participantes ($N=113$). As frequências absolutas (f) representam o número de respostas por cada categoria. Moda e mediana referem-se à tendência central das respostas para cada item. Os valores foram arredondados para uma casa decimal.

De acordo com os dados apresentados na Tabela 3, a maioria dos participantes 52,7% demonstrou discordância com a afirmação avaliada, indicando “Discordo” e “Discordo totalmente”. Por outro lado, 38,4 dos participantes demonstraram algum nível de concordância, selecionando “Concordo” e “Concordo totalmente”. Enquanto 8,9% permaneceram neutros. A mediana foi 2 (Discordo), sugerindo uma tendência central para discordância entre os participantes. Esses dados mostram uma forte tendência de discordância entre os participantes, sugerindo uma percepção negativa da afirmação avaliada.

No contexto da presente pesquisa, foi testada a hipótese de que a maioria dos alunos acredita que a adoção de determinadas ações e soluções pelas indústrias pode minimizar os impactos ambientais gerados pelas atividades industriais. Para isso, foi aplicado o teste de Wilcoxon para uma amostra, com o objetivo de verificar se a mediana das respostas diferia do valor neutro da escala de Likert (valor de referência = 3), o qual representa o nível médio do conhecimento ou concordância. Considerou-se uma hipótese alternativa direcional, segundo a qual as respostas tenderiam a valores superiores a 3 ($\mu > 3$), indicando que os alunos acreditariam que a adoção de determinadas ações e soluções pelas indústrias pode minimizar os impactos ambientais gerados pelas atividades industriais. No entanto, essa hipótese foi refutada, uma vez que o teste revelou uma mediana igual a 2 nos cinco itens avaliados, com valores ($V = 64441.000$ e $p < 0,001$), indicando uma diferença estatisticamente significativa abaixo do valor de referência. Dessa forma, os resultados demonstraram que os participantes tendem a apresentar um nível de conhecimento inferior ao esperado em relação às ações e soluções para minimizar os impactos ambientais industriais.

Discusión y conclusiones

No que se refere a percepção dos conhecimentos gerais dos alunos sobre os principais impactos ambientais gerados pelas atividades industriais, os resultados revelam uma percepção ambiental bastante preocupante. A maioria dos alunos demonstrou discordância em relação à responsabilidade das atividades industriais pelos impactos ambientais, tais como a poluição ambiental, aquecimento global e mudanças climáticas, perda da biodiversidade, poluição atmosférica, contaminação hídrica e do solo. Apenas uma parcela minoritária de alunos apresentou algum grau de concordância com essas afirmações reconhecidas pela ciência. A hipótese de que os alunos possuem conhecimentos gerais sobre os impactos ambientais industriais, superiores à mediana de referência, foi refutada. Esses achados estão alinhados com os resultados de Dopelt & Radon (2020), que identificaram um conhecimento limitado entre os alunos sobre os impactos ambientais da indústria. No entanto, observaram que suas atitudes e comportamentos pró-ambientais são significativamente influenciados pelo nível de conhecimento ambiental que possuem. De forma semelhante, Maurer & Bogner (2019) constataram que indivíduos com maior nível educacional tendem a ter mais contato com ideias ecológicas do que aqueles com menor escolaridade. Dessa forma, uma possível explicação do nível de conhecimento inferior pode estar relacionada com a ausência de conteúdos sobre educação ambiental nos currículos. Assim, a integração da educação ambiental nos currículos com vista a maximizar o nível de percepção dos alunos face aos atuais problemas ambientais que a humanidade enfrenta, no sentido de formar cidadãos críticos e preparados para enfrentar os atuais desafios.

Estudos anteriores sugerem que a educação ambiental desempenha um papel fundamental na promoção do desenvolvimento sustentável. Segundo Taboada-González & Aguilar-Virgen (2024), ela é capaz de fomentar uma mentalidade voltada à sustentabilidade, capacitando os indivíduos a se tornarem agentes de mudança. Além disso, contribui para o aumento da conscientização acerca da importância da preservação ambiental. Por outro lado,

observou-se uma tendência preocupante de desconhecimento ou desvalorização dos impactos causados pelas atividades industriais, o que contrasta com diversos achados da literatura. (Bose, 2024) destaca que as indústrias figuram entre os principais emissores de gases de efeito estufa, sobretudo o dióxido de carbono, sendo este um fator crucial no agravamento do aquecimento global e das mudanças climáticas. Nessa mesma linha de pensamento, Zhang et al. (2020) apontam que as atividades industriais são responsáveis por significativas formas de poluição ambiental, afetando os recursos hídricos, o solo e a biodiversidade, especialmente em regiões com forte presença industrial. Shah et al. (2021) reforçam essa perspectiva ao afirmar que a poluição industrial representa uma ameaça relevante ao meio ambiente, provocando a degradação de ecossistemas e gerando elevados custos sociais, inclusive para a saúde e a segurança humanas.

Desse modo, os resultados sugerem que esse descontentamento pode ser influenciado por vários fatores, como a ausência ou deficiente presença de conteúdos sobre impactos ambientais industriais nos currículos, baixa exposição a temáticas sobre problemas ambientais industriais. O nível de discordância demonstrado pelos alunos, em relação aos conhecimentos gerais sobre os impactos ambientais industriais, significa que os alunos apresentam uma percepção limitada sobre os impactos ambientais produzidos pelas indústrias. Assim, o conhecimento ambiental representa um fator fundamental para identificação e avaliação dos riscos ambientais e, consequentemente, para tomar medidas pró-ambientais a favor do meio ambiente.

No que se refere à percepção dos riscos ambientais gerados pelas atividades industriais. Os resultados revelaram que a maioria dos alunos demonstrou um grau de discordância em relação às afirmações que associam diretamente as atividades industriais aos riscos ambientais. Apenas uma minoria indicou algum nível de concordância com as afirmações avaliadas, tais como: as atividades industriais afetam diretamente as condições climáticas e a saúde pública. O nível de discordância apresentado pelos alunos em relação aos riscos ambientais resultantes da atividade industrial demonstra uma lacuna existente em termos de percepção no conhecimento geral dos impactos ambientais produzidos pelas indústrias. A hipótese de que os alunos percebem os riscos ambientais gerados pelas atividades industriais, superior à mediana de referência, foi refutada. Esses resultados revelam um desconhecimento dos efeitos negativos causados pelas indústrias, o que pode ser atribuído ao baixo nível de conhecimento ambiental observado nos itens avaliados. Achados semelhantes foram identificados por Dopelt & Radon (2020), cuja pesquisa demonstra que estudantes com níveis mais elevados de conhecimento ambiental apresentaram atitudes e comportamentos significativamente mais pró-ambientais. Nessa mesma linha, Janmaimool & Khajohnmanee (2019) observaram que os estudantes que participaram de um curso sobre questões ambientais apresentaram atitudes ambientais mais positivas do que aqueles que não participaram. Isso sugere que, quanto maior o nível de conhecimento ambiental, maior a capacidade de compreensão dos riscos ambientais, o que favorece mudanças comportamentais sustentáveis.

Por outro lado, os presentes resultados contrastam com a literatura científica que evidencia os riscos e impactos das atividades industriais sobre o meio ambiente e a saúde humana. De acordo com Ramadani et al. (2025), as atividades industriais são responsáveis por significativas emissões de poluentes, contribuindo para a contaminação do solo e da água, com sérias implicações para o equilíbrio ecológico e a saúde pública. Ruba et al. (2021) também ressaltam que o crescimento industrial, quando dissociado de princípios sustentáveis, causa degradação dos recursos naturais, gerando contaminação do ar, da água e do solo, além de afetar ecossistemas inteiros. Corroborando esses achados, Pabón Guerrero et al. (2020), sustentam que as atividades industriais representam a principal fonte de metais pesados lançados no meio ambiente, afetando negativamente a saúde humana, animais, plantas, fontes de água e solos, comprometendo, assim, toda a cadeia alimentar. Tais contaminantes, segundo

Ogwu et al. (2024), têm origens diversas, incluindo o uso excessivo de agroquímicos, o descarte inadequado de resíduos industriais e a má gestão de resíduos sólidos. Além disso, as atividades industriais contribuem de forma significativa para as mudanças climáticas globais, especialmente devido à emissão de gases de efeito estufa. De acordo com Mikhaylov et al. (2020), essas emissões têm provocado o aumento gradual da temperatura média anual do planeta, agravando os efeitos das mudanças climáticas.

Portanto, os resultados demonstram que a maioria dos alunos apresentou um nível de percepção negativa. Assim, esses achados sugerem a necessidade de integrar unidades temáticas sobre riscos ambientais nos currículos, no sentido de elevar o nível de percepção ambiental dos alunos. No entanto, compreender como os alunos avaliam esses riscos representa uma oportunidade para entender como os alunos estão cientes dos danos produzidos pelas indústrias, a partir daí adotarem práticas ambientais e ações que contribuem para a preservação do meio ambiente.

No que diz respeito, a percepção das ações e soluções para minimizar os impactos ambientais gerados pelas atividades industriais. De maneira geral, os resultados indicaram que a maioria dos alunos demonstrou um forte grau de discordância em relação às afirmações avaliadas. Apesar de um número reduzido de alunos, ter apresentado um certo de concordância na afirmação em que consumidores têm o poder de pressionar as indústrias a serem mais sustentáveis, revelando uma percepção alinhada com literatura científica que reconhece esses fatores como principais instrumentos de gestão ambiental para controlar e minimizar os impactos ambientais industriais. A hipótese de que os alunos acreditam que a adoção de determinadas ações e soluções pelas indústrias pode minimizar os impactos ambientais resultantes das atividades industriais, superior à mediana de referência, foi refutada. Esses resultados estão alinhados com os achados de Chakraborty et al. (2024), os quais evidenciam que, embora os estudantes apresentem uma crescente conscientização acerca de práticas sustentáveis e dos impactos ambientais, suas percepções sobre soluções para mitigar os efeitos da atividade industrial ainda são heterogêneas. Enquanto alguns demonstram engajamento e compreensão, outros mantêm-se críticos ou indiferentes, o que ressalta a importância de uma abordagem educacional mais prática e envolvente em sustentabilidade.

Esses resultados demonstraram que, apesar da maioria dos alunos não possuir conhecimentos gerais sobre impactos ambientais industriais e percepção deficiente sobre os riscos ambientais industriais, alguns alunos acreditam que a adoção de algumas ações e soluções pode contribuir para a mitigação dos efeitos negativos das indústrias no meio ambiente. De acordo com Montefalcone et al. (2025), destacam que a busca por soluções sustentáveis no setor industrial deve considerar o equilíbrio entre crescimento econômico, justiça social e preservação ambiental, visto que a sustentabilidade autêntica depende da interação harmoniosa desses três elementos.

O meio ambiente representa um capital servindo de suporte para as atividades industriais, sendo que os bens e serviços produzidos são utilizados pelo homem para sua sobrevivência. Desse modo, torna-se imperativo adotar ações que visem à mitigação dos impactos provocados pela extração e produção de recursos naturais. Conforme destacado por Gabriela de Oliveira et al. (2021), a implementação de práticas sustentáveis constitui uma condição essencial para a continuidade das organizações. Essa necessidade pode decorrer tanto da pressão exercida pelos stakeholders quanto da busca por estratégias que melhorem o desempenho organizacional, promovam vantagem competitiva, protejam o meio ambiente, atendam às demandas sociais e assegurem o cumprimento das normas estabelecidas pelos instrumentos de política ambiental.

Portanto, os resultados mostram que a maioria dos alunos apresentou um nível de percepção limitada em relação às afirmações avaliadas. Assim, esses achados sugerem a importância de reforçar a presença de unidades temáticas nos currículos, no sentido de

consolidar a percepção dos alunos sobre as ações e soluções que as indústrias devem adotar para garantir a sustentabilidade dos recursos. Assim, o grau de discordância demonstrado pelos alunos representa uma oportunidade para desenhar políticas educativas que visam contribuir para a preservação do meio ambiente, rumo ao desenvolvimento sustentável.

Em sede de conclusão em relação à percepção dos conhecimentos gerais sobre os impactos ambientais resultantes das atividades industriais, os resultados estatísticos indicaram que a hipótese alternativa que propunha um nível de conhecimento superior ao ponto médio da escala (valor de referência = 3) foi refutada. A mediana observada foi igual a 2 em todos os cinco itens avaliados, com significância estatística ($V=64441.000$; $p < 0,001$), evidenciando que os alunos demonstram um conhecimento baixo do esperado. Essa constatação aponta uma lacuna importante na formação ambiental dos alunos, principalmente no que se refere à compreensão dos efeitos negativos das atividades industriais sobre o meio ambiente, como poluição ambiental, aquecimento e mudanças climáticas, contaminação de recursos hídricos e contaminação dos solos.

No que diz respeito à percepção dos riscos ambientais associados às atividades industriais, os resultados seguiram tendência semelhante. A hipótese alternativa, de que os alunos perceberiam tais riscos em um nível superior ao ponto neutro da escala, também foi refutada. Novamente, a mediana registrada foi igual a 2. Com significância estatística ($V = 64441.000$; $p < 0,001$), demonstrando que os alunos possuem uma percepção limitada dos riscos à saúde humana e ao equilíbrio ecológico ocasionados por essas atividades. Tal resultado revela uma fragilidade na consciência ambiental dos discentes, indicando que os impactos à saúde e ao bem-estar decorrentes de emissão de poluentes e da degradação ambiental ainda são pouco compreendidos no contexto educacional analisado.

Finalmente, no que concerne à hipótese de que os alunos acreditam na eficácia de ações e soluções para minimizar os impactos ambientais gerados pelas atividades industriais, também foi observada uma rejeição da hipótese alternativa. A análise revelou novamente uma mediana de 2 nos cinco itens avaliados ($V = 64441.000$; $p < 0,001$), evidenciando uma percepção negativa ou pouco desenvolvida acerca das afirmações como o uso de tecnologia e práticas sustentáveis, responsabilidade social das empresas, adoção de indústrias verdes e ações individuais para minimizar os impactos ambientais. Esses resultados sugerem que os alunos não apenas desconhecem as problemáticas ambientais causadas pelas atividades industriais, mas também demonstram descrença ou desconhecimento sobre os meios viáveis de mitigação.

Dessa forma, conclui-se que, no contexto da amostra investigada, os alunos demonstram um baixo nível de conhecimento e consciência ambiental em relação aos impactos, riscos e possibilidades de soluções associados às atividades industriais. Tais conclusões reforçam a necessidade de repensar as práticas pedagógicas e curriculares adotadas pelas instituições de ensino, com vista à inserção sistemática e crítica da educação ambiental, de forma transversal, participativa e contextualizada. Além disso, os dados obtidos reforçam a urgência de ações educativas que favorecem o desenvolvimento da literacia ambiental como um instrumento fundamental para a construção de uma cidadania ecológica e socialmente responsável rumo ao desenvolvimento sustentável.

Uma das limitações está relacionada à abrangência da amostra, que foi restrita a alunos de uma única instituição de ensino. Esse fator limita a generalização dos resultados para outras realidades educacionais, sociais e geográficas. A falta de uma avaliação qualitativa para explorar mais profundamente as razões por detrás das respostas também é uma limitação importante, pois impediu que aspectos subjetivos de percepção dos alunos fossem melhor compreendidos. Adicionalmente, a pesquisa concentrou-se unicamente nos impactos ambientais relacionados às atividades industriais, desconsiderando a inter-relação com outros poluentes, como os diferentes tipos de meios de transporte, atividade agrícola, etc. Tal delimitação temática,

embora necessária para o corte do estudo, limita a visão geral e sistêmica do problema ambiental.

Finalmente, diante das limitações mencionadas, as futuras pesquisas devem ampliar a amostra para incluir alunos de diferentes níveis de ensino (ensino médio e superior), zonas urbanas e rurais e contextos sociais variados. Estudos comparativos entre regiões ou entre escolas públicas e privadas também podem trazer informações relevantes sobre a eficácia das políticas de educação ambiental.

Referencias

- Araújo, J. E. T. (2021). A educação ambiental como componente curricular nos anos finais do ensino fundamental: A percepção ambiental dos alunos do 6º ano de uma escola pública. *IX Encontro nacional de educação do campo II seminário redes de pesquisa em educação e culturas digitais na era da mobilidade*, 107–117. <https://ri.ufs.br/jspui/bitstream/riufs/17308/2/AnaisIIICONEducUFS.pdf#page=107>
- Bibeiro, F. B., Campos, R. F. F. de, Kuhn, D. C., & Cofferri, A. (2021). Análise da percepção ambiental dos alunos do 8º ano da Escola de Educação Básica Irmã Irene do município de Santa Cecília (Santa Catarina). *Educação ambiental (Brasil)*, 2, 2–14. <https://www.educacaoambientalbrasil.com.br/index.php/EABRA/article/view/41>
- Bose, D. (2024). Oil Industry, Environmental Externalities & Social Costs. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 13(1), 582–586. <https://doi.org/10.21275/SR24108195851>
- Busi, R., Gandipilli, G., & Kuramana, S. (2023). Elements of Environmental Education, Curriculum and Teacher's Perspective: A Review. *Integrated Journal for Research in Arts and Humanities*, 3(6), 9–17. <https://doi.org/10.55544/ijrah.3.6.2>
- Chakraborty, S., Kalhori, S. K., Gonzalez, Y., Mendoza, J., & Galatro, D. (2024). Student perception of sustainability in industry: a case study in an undergraduate petroleum processing course. *Frontiers in Education*, 9. <https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1396377>
- Collado, S., Rosa, C. D., & Corraliza, J. A. (2020). The effect of a nature-based environmental education program on children's environmental attitudes and behaviors: A randomized experiment with primary schools. *Sustainability (Switzerland)*, 12(17). <https://doi.org/10.3390/SU12176817>
- Dopelt, K., & Radon, P. (2020). Environmental Effects of the Livestock Industry: Knowledge, Attitudes, and Behavior among Students. *European Journal of Public Health*, 30(Supplement_5). <https://doi.org/10.1093/eurpub/ckaa166.076>
- Espinoza Casco, R. J., Sánchez Camargo, M. R., Velasco Taipe, M. A., Gónzales Sánchez, A. D. C., Romero-Carazas, R., & Mory Chiparra, W. E. (2023). *Metodología y estadística en la investigación científica* (1ª Edición). Puerto Madero Editorial. <https://doi.org/10.55204/PMEA.17>
- Gabriela de Oliveira, M., Renata Rodrigues, L., & Eduardo Viana Miranda, A. (2021). Instrumentos de política ambiental e o impacto nas decisões para aplicação da gestão sustentável da cadeia de suprimentos: Uma revisão integrativa. *Futuro e Tendência Para Gestão, Desenvolvimento e Inovação*, 1–21. <https://periodicos.ufms.br/index.php/EIGEDIN/article/view/14152>
- Hinojosa Mamani, J., Mamani Gamarra, J. E., & Catacora Lucana, E. (2024). Proyecto de tesis: Guía práctica para investigación cuantitativa. In Científica digital (Ed.), *PROYECTO DE TESIS: Guía práctica para investigación cuantitativa* (1ª Edición). Editora Científica Digital. <https://doi.org/10.37885/978-65-5360-556-5>
- Huvi, J. B. (2019). *Estratigrafia e hidrogeologia do depósito deltaico do rio Catumbela (Angola)* [Tese de Doutoramento, Universidade de Cimbra]. <https://search.proquest.com/openview/134fd47ae0b59d2db8fa1a20df95ccb7/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2026366&diss=y>

- Janmaimool, P., & Khajohnmanee, S. (2019). Roles of Environmental System Knowledge in Promoting University Students' Environmental Attitudes and Pro-Environmental Behaviors. *Sustainability*, 11(16), 4270. <https://doi.org/10.3390/su11164270>
- Kulman, K. (2021). Examining Primary Education Students' Expertise Concerning the Environmental Impact of Economic Activities and Environmental Catastrophes. *Képzés És Gyakorlat : Neveléstudományi Folyóirat*, 19(1-2), 20-30. <https://doi.org/10.17165/TP.2021.1-2.2>
- Maurer, M., & Bogner, F. X. (2019). How freshmen perceive Environmental Education (EE) and Education for Sustainable Development (ESD). *Plos One*, 14(1), e0208910. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0208910>
- Mikhaylov, A., Moiseev, N., Aleshin, K., & Burkhardt, T. (2020). Global climate change and greenhouse effect. *Entrepreneurship and Sustainability Issues*, 7(4), 2897-2913. [https://doi.org/10.9770/jesi.2020.7.4\(21\)](https://doi.org/10.9770/jesi.2020.7.4(21))
- Montefalcone, M., Morri, C., & Bianchi, C. N. (2025). Scientists' warning on sustainability: the ecologist point of view, with examples from marine ecosystems. *Discover Sustainability*, 6(1), 279. <https://doi.org/10.1007/s43621-025-01038-7>
- Nadia Ramadani, Dhiauddin Tanjung, & Arifuddin Muda Harahap. (2025). Illegal oil drilling in the theoretical view of Imam Ghazali. *Journal of Law, Politic and Humanities*, 5(4), 2760-2765. <https://doi.org/10.38035/jlph.v5i4.1648>
- Ogwu, M. C., Izah, S. C., Aigberua, A. O., & Ngun, C. T. (2024). Editorial: Detection, risk analysis and monitoring of chemical contaminants from agro-aqua food production and processing: implications on the One Health triad. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 8, 1. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2024.1501930>
- Pabón Guerrero, S. E., Benítez Benítez, R., Sarria Villa, R. A., & Gallo Corredor, J. A. (2020). Contaminación del agua por metales pesados, métodos de análisis y tecnologías de remoción. Una revisión. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 14(27), 9-18. <https://doi.org/10.31908/19098367.1734>
- Popa, M. (2020). „Infidelitățile“ coeficientului de fidelitate Cronbach alfa. *Psihologia Resurselor Umane*, 9(1), 85-99. <https://doi.org/10.24837/pru.v9i1.395>
- Ruba, U. B., Chakma, K., Senthil, J. Y., & Rahman, S. (2021). Impact of Industrial Waste on Natural Resources: A Review in the Context of Bangladesh. *Current World Environment*, 16(2), 348-361. <https://doi.org/10.12944/CWE.16.2.03>
- Shah, S. N., Manzoor, S., & Asim, M. (2021). Impact of industrial pollution on our society. *Pakistan Journal of Science*, 73(1). <https://doi.org/10.57041/pjs.v73i1.646>
- Souza, J. R. da T., & Santos, H. G. (2021). Utilização de metodologias ativas para o processo de educação inclusiva em aulas de ciências da natureza. *Fórum metodologias ativas*, São Paulo, 3, 479-487. <https://publicacoescesu.cps.sp.gov.br/fma/article/view/62>
- Taboada-González, P., & Aguilar-Virgen, Q. (2024). The Perception of Undergraduate Students From Different Educational Systems on Sustainability. *Sage Open*, 14(2). <https://doi.org/10.1177/21582440241243153>
- Tarakçı Eren, E., & Düzenli, T. (2021). Determination of the difference between environmental attitudes of 1st and 4th year students of landscape architecture. *A/Z : ITU Journal of Faculty of Architecture*, 18(3), 551-565. <https://doi.org/10.5505/itudfa.2021.23855>
- Villegas, D. A., Arana, M. V., Villar, P. S., Rejas, J. N. M., & Alberto, M. N. M. (2023). Educación universitaria y medio ambiente para el desarrollo sostenible. *Desafíos y Perspectivas de La Educación - Tomo 2*, 32-54. <https://doi.org/10.53595/eip.008.2023>
- Zhang, G., Ding, C., Jiang, X., Pan, G., Wei, X., & Sun, Y. (2020). Chemical Compositions and Sources Contribution of Atmospheric Particles at a Typical Steel Industrial Urban Site. *Scientific Reports*, 10(1), 7654. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-64519-x>

EDUCACIÓN AMBIENTAL, CONSUMO RESPONSABLE Y TRES R: REVISIÓN PARA FOMENTAR PRÁCTICAS SOSTENIBLES DEL MANEJO DE RESIDUOS URBANOS

Environmental education, responsible consumption and the three Rs: a review to promote sustainable urban waste management practices

Diana Patricia Mora Méndez

Universidad Europea del Atlántico, España (dmoram100@hotmail.com) (<https://orcid.org/0009-0002-9258-2003>)

Información del manuscrito:

Recibido/Received: 01/05/25

Revisado/Reviewed: 10/05/25

Aceptado/Accepted: 14/10/25

RESUMEN

Palabras clave:

Educación ambiental, consumo responsable, tres R.

El cambio climático es un tema prioritario en la actualidad, no solo por su presencia constante en las agendas políticas y económicas, sino por los impactos que genera sobre la vida en el planeta. Lo que está en juego es la sostenibilidad de la vida humana, por lo que se hace urgente adoptar medidas que permitan mitigar sus efectos. Entre ellas, la gestión adecuada de los residuos sólidos urbanos cobra especial importancia, ya que estos contribuyen aproximadamente al 5 % de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Este artículo presenta la revisión del estado del arte de los siguientes aspectos relevantes para el fomento de prácticas sostenibles del manejo de residuos urbanos: la educación ambiental, el consumo responsable y la estrategia de las tres R (reducir, reutilizar y reciclar). La presente investigación se desarrolla bajo un enfoque cualitativo y una metodología documental, priorizando fuentes oficiales como organismos internacionales, autoridades ambientales, universidades e instituciones educativas, con el fin de ofrecer una visión amplia y confiable del tema. Se presenta una visión general sobre la generación de residuos sólidos urbanos y sus repercusiones, así como la evolución de la educación ambiental como herramienta de transformación. El consumo responsable se analiza como base ética para la toma de decisiones sostenibles, mientras que las tres R se presentan como una estrategia concreta, accesible y efectiva. El reto actual es fortalecer la divulgación y práctica de estas acciones, promoviendo una ciudadanía consciente y comprometida con el cuidado de la casa común: la Tierra.

ABSTRACT

Keywords:

word 1, word 2, word 3 (between 3 and 5 words).

(Between 200 and 250). Font size 10 points. It will follow the IMRyD format (Introduction, Method, Results and Discussion). Introduction: objective or purpose of the research. Methodology: basic procedures (design, selection of samples or cases, methods and techniques of experimentation or observation and analysis). Results: main findings (give specific data and their statistical significance, when appropriate). Discussion (they can also include conclusions).

Introducción

No es posible permanecer indiferentes ante la crisis ambiental actual, marcada por las consecuencias del cambio climático, fenómeno acelerado por un modelo de desarrollo civilizatorio centrado en el consumismo desmedido. El sistema económico dominante se sustenta en el antropocentrismo, la producción lineal y un consumo acelerado que sigue considerando los recursos naturales como ilimitados. Esta lógica promueve la fabricación continua de bienes y servicios, cuya utilidad es efímera, pero cuyo impacto ambiental es duradero.

El principio de "cuanto más se vende, más se gana" ha guiado el crecimiento económico, sin considerar con igual rigurosidad los residuos generados: tanto los derivados del proceso de producción como aquellos que surgen del descarte, el desuso o la obsolescencia planificada. Este problema trasciende el ámbito económico; se trata también de un asunto ético que interpela directamente a la responsabilidad del ser humano frente al entorno que habita. La generación desmedida de residuos sólidos urbanos representa uno de los retos más apremiantes de la actualidad. En hogares, empresas, comercios e instituciones educativas se desechan diariamente toneladas de materiales que de ser manejados adecuadamente podrían representar una oportunidad para reducir el consumo de recursos, fomentar economías circulares y contribuir a un desarrollo verdaderamente sostenible. Para ello, es necesario promover decisiones conscientes que integren valores éticos, conocimientos técnicos y compromisos individuales y colectivos.

Ante esta problemática, han surgido múltiples esfuerzos orientados a buscar soluciones prácticas que permitan a los ciudadanos contribuir activamente a la mitigación del impacto ambiental. En este marco, la educación ambiental, el consumo responsable y la aplicación de las denominadas tres R (reducir, reutilizar, reciclar) se perfilan como pilares clave para impulsar una transformación cultural hacia la sustentabilidad. Tal como lo dice la UNESCO (2021), se debe promover la educación ambiental como un motor esencial para alcanzar la sostenibilidad, destacando la importancia de prácticas como el consumo responsable y la gestión adecuada de los residuos, incluyendo las tres R.

Este contexto plantea la necesidad de una revisión del estado del arte que reúna y sistematice información relevante sobre estos temas, ofreciendo a docentes, investigadores y líderes comunitarios herramientas conceptuales y metodológicas para el diseño de estrategias pedagógicas. El objetivo principal de esta revisión es brindar un panorama actualizado de la problemática asociada al aumento de los residuos sólidos urbanos, analizar el papel de la educación ambiental en la formación de ciudadanos comprometidos, explorar el consumo responsable como punto de partida para el cambio, y visibilizar el potencial transformador de las R's en la vida cotidiana. Finalmente, se presentan experiencias significativas que integran estos elementos y que pueden orientar nuevas propuestas para reducir el impacto ambiental desde lo local hacia lo global.

Método

La metodología utilizada para la elaboración de este artículo se enmarca en la investigación documental con enfoque cualitativo, en correspondencia con el objetivo propuesto. Según Arias (2012) la investigación documental con enfoque cualitativo permite analizar, interpretar y comprender fenómenos a partir del estudio sistemático de fuentes bibliográficas y documentales, lo que resulta especialmente útil cuando se busca construir marcos teóricos o conceptuales sólidos. Para ello, se realizaron búsquedas y revisiones organizadas en torno a los principales subtemas relacionados: la producción de residuos sólidos y su impacto ambiental;

el manejo actual de residuos sólidos en países desarrollados y en vías de desarrollo; la educación ambiental; el consumo responsable; las tres R's (reducir, reutilizar, reciclar); y las estrategias que integran estos elementos en función de la reducción de residuos sólidos.

Los documentos seleccionados provienen principalmente de fuentes oficiales, como organismos internacionales especializados en medio ambiente, ministerios del sector, universidades e instituciones educativas. La selección de las fuentes respondió a su pertinencia temática, confiabilidad institucional y actualidad, con el propósito de garantizar la validez de los insumos analizados. A través de esta revisión se busca construir un marco de referencia sólido que permita sustentar propuestas pedagógicas orientadas a fomentar la responsabilidad ambiental desde una perspectiva crítica y transformadora.

Resultados

Producción de los residuos sólidos y su impacto en el ambiente.

Es preciso iniciar este apartado con la definición de residuos sólidos. Los residuos sólidos son definidos como los materiales o productos que se desechan en estado sólido, semisólido, líquido o gaseoso, que se contienen en recipientes o depósitos, y pueden clasificarse de acuerdo con sus características y orígenes en tres grupos distintos: residuos sólidos urbanos (RSU), residuos de manejo especial (RME) y residuos peligrosos (RP) [Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2019)]. Para esta revisión se tendrá en cuenta los residuos sólidos urbanos.

La disposición final de los residuos sólidos sigue siendo en la actualidad un gran problema. Según Franklin, O. [Franklin, O. (2025)] “el 5% de todas las emisiones de los gases de efecto invernadero se atribuyen a los residuos sólidos y otro 8%, a los alimentarios. Juntos, suponen más que el transporte marítimo y el aéreo unidos”.

Para el Programa para el Medio Ambiente de la ONU (2024), la panorámica de producción de residuos sólidos se dará así:

Se prevé que la generación de residuos sólidos urbanos aumente de 2.100 millones de toneladas en 2023 a 3.800 millones de toneladas en 2050. En 2020, el costo directo mundial de la gestión de residuos se estimó en 252.000 millones de dólares. Si se tienen en cuenta los costes ocultos de la contaminación, la mala salud y el cambio climático derivados de las malas prácticas de eliminación de desechos, el coste se eleva a 361.000 millones de dólares. Si no se toman medidas urgentes en materia de gestión de residuos, en 2050 este coste anual mundial podría casi duplicarse hasta alcanzar la escalofriante cifra de 640.300 millones de dólares.

No solo es la producción en grandes volúmenes de residuos sólidos urbanos, sino también el manejo de dichos residuos y los efectos que producen a la integridad del planeta (aquí falta algo). Para el Banco Mundial (2019, 6 de marzo), la problemática de los residuos sólidos también incluye:

Inundaciones, enfermedades, océanos contaminados, que son algunas de las muchas consecuencias por no tratar lo que desperdiciamos. La basura no solo termina en grandes vertederos de mal olor sino que también tiene un impacto devastador sobre el planeta y podría ser aún peor en el futuro.

De acuerdo al estudio, en el mundo se generan al año 2.010 millones de toneladas de desechos sólidos municipales, y al menos 33% de ellos no son tratados. Se proyecta que la rápida urbanización, el crecimiento de la población y el desarrollo económico harán que la cantidad de desechos a nivel mundial aumenten un 70% en los próximos 30 años si no se toman medidas urgentes. Un futuro donde convivir con basura podría ser la nueva normalidad.

Pero no son solo las grandes urbes norteamericanas, europeas o asiáticas las que podrían tener este devenir. Las urbes latinoamericanas no están exentas de este problema: cada uno de sus habitantes genera casi un kilo de basura por día, pero solo se recicla el 4,5% de los desechos a nivel regional.

En su entrevista a Climática (s.f.), el periodista Oliver Franklin-Wallis, escritor del libro “el Vertedero” afirma:

Que no pensamos en el futuro hasta que es demasiado tarde. Tomemos una botella de refresco de plástico: podría tardar hasta 450 años en degradarse en el medioambiente. En el proceso, va a liberar microplásticos y nanoplásticos que podrían tener graves efectos sobre la salud de los seres humanos y el resto de la vida en este planeta. Producimos alrededor de 500.000 millones de botellas de plástico al año, ¡y eso es solo un tipo de residuo! La basura es el equivalente físico del calentamiento global: es algo que todos vemos y tocamos cada día.

Desde otra perspectiva se puede indicar como dice López (s.f.), en el momento que se “pone la basura en su lugar”, se originan una serie de procesos que involucran problemas diversos y complejos, de difícil resolución, que van, desde las formas de organización gubernamental para prestar este servicio, pasando por la corrupción en su manejo a muy diversos niveles, por la explotación y manipulación de un grupo de la comunidad que se dedica a estos menesteres, hasta llegar a los problemas ambientales que la acumulación de estos desechos provoca.

Además del aspecto del desperdicio real que representa el abandonar materiales que podrían ser reutilizados, lo cual repercute en una mayor y más irracional explotación de los recursos naturales, tanto renovables como no renovables.

Manejo de los residuos sólidos en países desarrollados y en vía de desarrollo

El Parlamento Europeo (2024, marzo 25) indica que, cada europeo generó una media de 5 toneladas de residuos en 2022, lo que supone un total de más de 2.200 millones de toneladas. En Europa se intenta recuperar los residuos o, en otras palabras, aprovecharlos de diferentes formas. Los residuos se pueden reciclar, se pueden utilizar como relleno (por ejemplo, reemplazar tierra para la recuperación de pendientes de terreno o con fines de seguridad en aplicaciones geotécnicas? o ingeniería en el paisajismo) o se pueden incinerar y utilizar la energía producida a partir de este proceso. En menos de dos décadas, de 2004 a 2022, la cantidad de residuos recuperados aumentó un 40,6%, de 870 a 1.223 millones de toneladas. Los residuos recuperados representaron más de la mitad del total de residuos (61,4%) en 2022. El resto de los residuos se depositaron en vertederos (30,2%), se incineraron sin recuperación de energía (0,4%) o se eliminaron de alguna otra forma (8,0%). Los residuos sólidos que van a vertederos son exportados parcialmente desde la UE a otros países.

En 2022, las exportaciones de residuos a países no pertenecientes a la UE alcanzaron los 32,1 millones de toneladas, lo que supone un ligero descenso del 3% en comparación con 2021. La mayor parte de los residuos exportados fuera de la UE (55%) consisten en residuos de metales ferrosos (hierro y acero), que van a parar principalmente a Turquía. La UE también exportó una gran cantidad de residuos de papel (15%), siendo la India el principal destino. En 2022, el 39% de los residuos de la UE se destinaron a Turquía (12,4 millones de toneladas), seguida de la India (3,5 millones de toneladas), el Reino Unido (2,0 millones de toneladas), Suiza (1,6 millones de toneladas) y Noruega (1,6 millones de toneladas).

Los residuos municipales son aquellos generados por hogares, comercios, oficinas e instituciones públicas. Representan solo alrededor del 10 % del total de residuos y son gestionados por las autoridades municipales. En 2022, el volumen de

residuos municipales generados varió mucho entre los países de la UE, desde 301 kg per cápita en Rumanía hasta 803 kg per cápita en Austria. El porcentaje de residuos municipales reciclados aumentó del 19% en 1995 al 48% en 2022, mientras que en el mismo período el porcentaje de residuos depositados en vertederos disminuyó del 61% al 23%.

En América Latina la producción de residuos sólidos se ha venido incrementando en razón al desarrollo industrial, el crecimiento de los centros poblados y el consumo [Instituto de Estudios Urbanos. (2021)]. Según el Banco Interamericano de Desarrollo (BID). (2023),

se estima que la generación anual promedio de residuos sólidos municipales (RSM) en América Latina y el Caribe para 2018 fue de 224 millones de toneladas (cifra que equivale a 1,02 kg/hab. al día). En 2020 la pandemia de COVID-19 provocó una reducción estimada del 6% en la generación de RSM (211 millones de toneladas), vinculada con la caída del producto interno bruto (PIB) per cápita. Para 2030 se calcula que la generación de RSM llegará a 259 millones de toneladas, lo cual traerá asociado un incremento en la demanda de servicios, infraestructura y capacidad empresarial e institucional. Cerca del 74% del total de la generación de residuos sólidos en la región corresponde a Argentina, Brasil, Colombia y México.

El manejo de la disposición final de los RSM se hace según se aprecia en la figura uno, dentro de lo que se destaca que del total de RSM generados en 2018 en la región, el 4%, en promedio, fue sometido a proceso de valorización, el 57% fue depositado en rellenos sanitarios y el 39% fue llevado a sitios inadecuados de disposición (El 12,5% de los sitios inadecuados de disposición corresponde a vertederos controlados y el 26,5% a botaderos a cielo abierto)

Figura 1

Destinos de los residuos recolectados.



Fuente. Adaptado de Banco Interamericano de Desarrollo. (2023).

La educación ambiental

La educación ambiental fue mencionada por primera vez en un contexto internacional en la Conferencia sobre el Medio Humano de Estocolmo, en 1972, donde se aprobó la Declaración sobre el Medio Humano. A continuación, se cita lo indicado por la ONU (2023) en la Guía de herramientas para la educación ambiental para América Latina y el Caribe,

es indispensable una labor de educación en cuestiones ambientales, dirigida tanto a las generaciones jóvenes como a las personas adultas y que preste la debida atención al sector de población menos privilegiado, para ensanchar las bases de una opinión pública bien informada y de una conducta de los individuos, de las empresas y de las colectividades, inspirada en el sentido de su responsabilidad, en cuanto a la protección y mejoramiento del medio en toda su dimensión humana. Es también esencial que los

medios de comunicación de masas eviten contribuir al deterioro del medio humano y difundan información de carácter educativo sobre la necesidad de protegerlo y mejorarlo, a fin de que la persona pueda desarrollarse en todos los aspectos. (p. 6)

Es fundamental promover la educación ambiental, dirigida tanto a jóvenes como a adultos, prestando especial atención a los sectores menos privilegiados. Esto permitirá fortalecer una opinión pública bien informada y fomentar comportamientos responsables por parte de las personas, las empresas y las comunidades, orientados a proteger y mejorar el medio ambiente en todos sus aspectos humanos.

Otro documento internacional relevante, aprobado en 1975, es la llamada Carta de Belgrado, que se considera un marco general para la educación ambiental. Allí se establece como meta de la educación ambiental: "Llegar a una población mundial que tenga conciencia sobre el medio ambiente y se interese por él y por sus problemas conexos, y que cuente con los conocimientos, aptitudes, actitudes, motivación y deseo necesarios para trabajar de forma individual y colectiva en la búsqueda de soluciones de los problemas actuales y para prevenir los que pudieran aparecer en lo sucesivo".

Más adelante, en la Conferencia Intergubernamental sobre Educación Ambiental organizada por la UNESCO y el PNUMA, y realizada en Tbilisi en el año 1977, se aclararon y definieron varios aspectos, que constituyeron el fundamento teórico de la educación ambiental. Este parte de una comprensión del ambiente como una totalidad que abarca tanto los aspectos naturales como los que se derivan de las actividades humanas. (p. 7)

En estos tres momentos históricos se compartió una visión del ambiente como un sistema interconectado, influenciado por las actividades humanas. Sin embargo, aún no se profundizaba en estrategias concretas para impartir la educación ambiental o integrarla en los currículos escolares.

A partir de la década de 1980, los textos internacionales sobre el medio ambiente comenzaron a incorporar conceptos relacionados con los escenarios escolares, así como los impactos de las acciones humanas en el entorno. Estos impactos no solo afectan a las generaciones presentes, sino que también comprometen a las generaciones futuras.

La política ambiental colombiana (2012), recoge una visión internacional sobre la educación ambiental, en la que se destaca lo siguiente:

El PNUMA y la UNESCO propusieron en el encuentro de Moscú (1987), algunas estrategias de carácter curricular con base en la interdisciplina y la integración, para impulsar la educación ambiental en el mundo. Allí se llegó a un consenso con respecto al concepto de educación ambiental como un proceso en el cual los individuos y las colectividades se hacen conscientes de su entorno, a partir de los conocimientos, los valores, las competencias, las experiencias y la voluntad, de tal forma que puedan actuar individual y colectivamente, para resolver problemas ambientales presentes y futuros.

La discusión y evaluación de estas estrategias curriculares, sus desarrollos y logros en algunas regiones del mundo, fueron objeto del Seminario Internacional de Capacitación para la Incorporación de la Educación Ambiental en el Currículo de la Básica Primaria (Malta) y del Seminario para la Incorporación de la Educación Ambiental en la Básica Secundaria (El Cairo), ambos realizados en 1991. De estos Seminarios surgieron recomendaciones como la participación de los docentes en el diseño de un currículo, que incorpore la dimensión ambiental en todos los planes y procesos escolares y, la investigación de métodos de evaluación para estos procesos. (p. 11)

En la década de 1990, la educación ambiental adquirió una connotación más política, buscando incidir en espacios académicos, empresariales y sociales con el propósito de llegar a toda la población mundial. Esta perspectiva permitió una mayor conciencia sobre el impacto

ambiental y la necesidad de su mitigación, tal como se menciona en la Política de Educación Ambiental de Colombia (2012, p. 11):

En 1992, la Comunidad Económica Europea a través de su Programa de Política y de Acción para el Ambiente y el Desarrollo Sostenible, Acción 21, propuso que, sin perjuicio de las prerrogativas de los Estados miembros, todos aquellos aspectos relativos al ambiente, incluidos tanto en cursos de ciencias naturales como de ciencias humanas y sociales, que preparen para la vida práctica, debían ser incorporados a todos los programas escolares en sus diferentes niveles. La propuesta de Acción 21 fue aceptada unánimemente en la Conferencia de Río en 1992. Específicamente, este programa tiene como ejes el desarrollo de la sensibilización, de la formación y de la educación relativa al ambiente. Más adelante, en octubre de ese mismo año, se desarrolló en Toronto, Canadá, un encuentro de educación ambiental que señaló el anterior planteamiento; allí se confirmó la necesidad de promover estrategias de trabajo intersectorial e interinstitucional para fortalecer la educación ambiental.

El consumo responsable

A inicios del siglo XXI, la comunidad internacional observa con preocupación el grave impacto de la contaminación en el medio ambiente y las consecuencias negativas que esta genera. En respuesta a esta situación, a nivel internacional se adoptaron los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), donde la educación ambiental se vinculó específicamente con el Objetivo 4: Educación de Calidad. En particular, la meta 4.7 establece que:

Asegurar que todo el alumnado adquiera los conocimientos teóricos y prácticos necesarios para promover el desarrollo sostenible, entre otras cosas mediante la educación para el desarrollo sostenible y los estilos de vida sostenibles, los derechos humanos, la igualdad de género, la promoción de una cultura de paz y no violencia, la ciudadanía mundial y la valoración de la diversidad cultural y la contribución de la cultura al desarrollo sostenible. (ONU, 2015).

En esa misma línea se encuentra el objetivo de desarrollo sostenible número doce, denominado como producción y consumo responsables. Este objetivo tiene su origen en la preocupación por el agotamiento de los recursos del planeta, en un contexto de crecimiento constante de la población. Si para el 2050 la población es 9800 millones, se necesitaría casi tres planetas para proporcionar los recursos naturales necesarios para mantener los estilos de vida actuales. (ONU, 2015). Frente a lo cual urge tomar medidas. La ONU indica que puede haber dos caminos: 1. Reducir los residuos generados y 2. Pensar bien lo que se compra y elegir una opción sostenible siempre que sea posible. Dos acciones al alcance de cualquier persona, de allí la importancia de la educación en consumo responsable.

Por su parte, en la Carta de la Tierra publicada en el 2000, promovida por Comisión Mundial para el Ambiente y Desarrollo de las Naciones Unidas desde 1987 y redactada de forma conjunta por miles de personas en el mundo, se ha convertido en un referente para los asuntos del desarrollo sostenible. Basada en dieciséis principios, en la que se reconocen valores comunes. En el principio cuatro se lee “Asegurar que los frutos y la belleza de la Tierra se preserven para las generaciones presentes y futuras.” Así como en el principio quince “Erradicar la pobreza como un imperativo ético, social y ambiental.” Dicho principio se basa en la idea de “Habilitar a todos los seres humanos con la educación y con los recursos requeridos para que alcancen un modo de vida sostenible. Además, proveer la seguridad social y las redes de apoyo requeridos para quienes no puedan mantenerse por sí mismos.” Éstos a manera de ejemplo de responsabilidad compartida y su relación con la educación.

Para Mejía, M. (2022), el consumo responsable “se puede definir como aquella decisión que toma un consumidor que se preocupa por las consecuencias que genera una compra y su posterior efecto en el ambiente y en la sociedad, así como por los desechos generados en este

proceso." Cuando el consumidor toma conciencia de que sus decisiones de compra pueden disminuir el impacto sobre el ambiente y adopta prácticas para materializar esta ética del cuidado por el ambiente, se transforma en un consumidor responsable.

En palabras del CONPES 3874 del 2016, que hace referencia a la Política Integral para la Gestión Integral de Residuos Sólidos colombiana, la premisa es que las empresas extraen los materiales, les aplican energía para la fabricación de un producto y venden dicho producto al consumidor final, quien luego lo descarta cuando ya no sirve al propósito del usuario.

La lógica del descarte, ha generado problemáticas en diferentes frentes tales como la presión sobre los recursos, la contaminación asociada a la producción, los efectos en la disposición final que incluye procesos poco eficientes de recuperación, reutilización y reducción. Se suma el poco interés económico en el ejercicio del manejo integral de los residuos, pues implica inversiones que muchas veces no generan la rentabilidad deseada. Hay recordar que, en el sistema capitalista, la utilidad económica es el principal propósito y de allí que se evalúe la conveniencia economicista o no de todo esfuerzo productivo. De acuerdo a lo afirmado por la Fundación Ellen MacArthur (2013) el modelo de producción lineal incurre en pérdidas de recursos de varias maneras:

Residuos en la cadena de producción. En la producción de bienes, normalmente se pierden cantidades importantes de materiales entre la extracción y la fabricación final.

Desperdicios a lo largo de la cadena de valor en los mercados de alimentos. Las pérdidas de materiales se registran en pasos diferentes en la producción de alimentos: cosechas, transporte, almacenamiento y consumo. A lo largo de toda la cadena de suministro de alimentos, estas pérdidas a nivel mundial se estiman en un tercio de los alimentos producidos para el consumo humano cada año.

Residuos al final de su ciclo de vida. Para la mayoría de los materiales, las tasas de aprovechamiento son bastante bajas en comparación con las tasas de fabricación primaria.

Las tres R's (reducir, reutilizar, reciclar)

Pasar de la teoría del consumo responsable a la práctica diaria es posible a través de la aplicación de las tres R. Se habla en plural pues varias son las visiones de estas R:

- Durante la Cumbre del G8 en junio de 2004, el primer ministro de Japón Koizumi Junichiro presentó la iniciativa de las tres R: reducir, reciclar, reutilizar. Dicha iniciativa busca construir una sociedad orientada hacia el reciclaje. De acuerdo a esta estrategia puede ser un excelente hilo conductor de la educación ambiental en cualquier comunidad en la que se pretenda incidir en la cultura ambiental.
- Por su parte, Suarez (2013) describe las tres R (reducir, reutilizar, reciclar) como: una vieja filosofía que inició como un pensamiento ecologista y se fue convirtiendo para muchos en una forma de vida. Se fundamenta en la reducción del consumo en general, la reutilización los elementos que se puedan a partir del aprovechamiento de los mismos y el reciclaje, el cual tiene que ver con el rescate de elementos descartados en diferentes escenarios de la vida cotidiana del hombre, para procesarlos y hacerlos nuevos elementos o parte de ellos. Reciclar consiste en elegir un material que luego de un o varios procesos puede ser convertido en materia prima o en parte de un nuevo producto. En los últimos años, el reciclaje ha cobrado importancia como una de las formas más prácticas de renovar los desechos domésticos, industriales, etc., materiales que la población bota diariamente sin sacarle provecho (p. 5).
- En su revisión de 114 definiciones de economía circular Kirchherr et al. (2017), evidenciaron que existen al menos nueve conceptos involucrados en el ejercicio práctico de la economía circular, empleando las R:

Figura 2

Codificación de acciones en el marco de la economía circular.



Fuente. Adaptado de The 9R Framework Source, Kirchherr et al. (2017).

- Mejía, M. (2022) propone siete R: reciclar (separar en la fuente), reducir, reutilizar, rechazar, reclamar, redistribuir y reflexionar.
-

La educación ambiental, el consumo responsable y las R, avances en aplicación

En tiempos de cambio climático urge una comprensión integral de los procesos generadores de los desequilibrios ambientales del planeta. Además de la gran influencia de los gases de efecto invernadero en el calentamiento global de la atmósfera, es importante valorar, dentro de las contribuciones contaminantes, el uso irresponsable de los recursos naturales para satisfacer necesidades fatuas de consumo, mucho más allá de las necesidades esenciales para el ser humano.

Revertir el estado actual de amenaza a la biosfera requiere una transformación urgente y profunda del modelo energético mundial y de los patrones voraces de consumo de recursos y servicios ambientales.

La educación para la sostenibilidad surge como un enfoque relevante para la transformación de los modelos mentales de la población sustentada en los valores, la concienciación, la responsabilidad social y generacional y, sobre todo en la pervivencia del homo sapiens sobre la tierra. Arias, B. (2016)

En la línea del frente (¿de la reducción del efecto invernadero, o del calentamiento global? Aquí falta algo) se encuentran los estados, entendido estos como naciones, departamentos, municipios, provincias, estados, o cualquier otra forma de organización político-administrativa. Se suma a esta transformación, el compromiso derivado de los acuerdos internacionales en especial los Objetivos de desarrollo sostenible. A continuación, se mencionan algunos de los ejercicios que se han emprendido en relación con la combinación educación ambiental, consumo responsable y las tres R.

Alberto Sileoni, ministro de educación de la República de Argentina en el año 2007, indica en la presentación de la guía para maestros del nivel primaria, de educación ambiental,

“este proceso involucra y responsabiliza la sociedad, pero especialmente, al Estado. Quien tiene legitimidad para promover y exigir el cuidado del ambiente. Asimismo, generar condiciones, mediante la educación pública, para entablar una nueva relación: vida comunitaria, desarrollo y ambiente.” En ese mismo texto se indica que la educación ambiental

se caracteriza por su heterogeneidad de prácticas, es decir, existen muchas prácticas educativas diferentes que se identifican como EA (educación ambiental), tal como explica en la sección destinada a las experiencias. Aunque si indagamos y buscamos algún componente o característica común, veremos que todas promueven algún tipo de cambio, - más allá del enfoque y la estrategia didáctica que se emplee-, cuya característica en común es la de la acción, es decir, es una educación para la acción. Priorizar cambios a nivel individual (cambios de actitudes) o bien, en el otro extremo de posibilidades, se orienta hacia cambios de orden social y, por qué no, civilizatorio. (p.18)

Para Simancas, R. et al (2019), la educación ambiental se fortalece a través del consumo responsable y de la aplicación de prácticas como las R's, que se traduce en la educación para para el desarrollo sostenible:

Es entonces imprescindible que las entidades educativas comiencen a desarrollar dentro de sus programaciones académicas y extracurriculares, cursos educativos que le brinden de manera crítica y analítica al estudiante un punto de vista de la situación real del planeta y de las soluciones inmediatas y a largo plazo para esos problemas ambientales. De esa forma, al haber formado ambientalmente a los estudiantes, la comunidad educativa comenzará a transformarse en un entorno más sostenible, más amigable con el medio ambiente, y ciertamente mucho más responsable; logrando así que a futuro esas personas impacten positivamente en la sociedad ajena a la entidad educativa y de esa forma, se podrá ir multiplicando la tan anhelada educación ambiental.

Según lo indicado por Nay-Valero, M., & Febres Cordero-Briceño, M. E. (2019). La educación ambiental se adapta a las condiciones propias de cada contexto en el que se concibe,

La diversidad y progresión de documentos internacionales junto con los aportes de diversos investigadores evidencian que los procesos de educativos americanos están en reflexión y transformación para adecuarse y dar respuesta a las demandas de la sociedad. En el caso que nos ocupa, la problemática ambiental en sus dimensiones sociales, económicas, ambientales, políticas, culturales y naturales se han ido considerando en las reformas curriculares en el ámbito de los países. En los lineamientos internacionales se pueden identificar cuatro paradigmas centrales desarrollados en (las últimas?) cuatro décadas: el paradigma ambientalista, caracterizado por el conocimiento de los ecosistemas en sus condiciones naturales, como proveedor de recursos y oportunidades para el aprovechamiento, con una visión antropocéntrica; el paradigma de la mundialización caracterizado por incorporar el Nuevo Orden Económico Mundial; el paradigma de la globalización, caracterizado por comprender y asumir la integración de la complejidad sobre la base de la multidimensionalidad de la problemática ambiental; y el paradigma para la sostenibilidad, caracterizado por una visión biocéntrica, de interrelaciones complejas y sistémicas, determinadas por la imbricada red de interrelaciones entre las dimensiones políticas, económicas, sociales, culturales, ambientales, tecnológicas y éticas.

Para Martínez, R. (2012), llegar a las personas en particular ha de ser el objetivo de la educación ambiental, allí está la transformación influyendo en la aprehensión de nuevos hábitos de consumo, una nueva civilización,

Las estrategias de aprendizaje han de generar curiosidad epistémica, control de la tarea, confianza y desafío, generando estilos de vida saludables hacia el cuidado del ambiente y consigo mismo. Cuestionando por ejemplo las formas de generación de energía, los

hábitos de consumo y transporte, identificando la distribución de responsabilidades diferenciadas en el problema de la contaminación del aire y de la polocrisis ambiental.

La participación, en su sentido más profundo y completo, puede ser concebida como un proceso en el que un individuo o grupo indaga y analiza una situación concreta, busca alternativas y posibles aportaciones positivas para contribuir a la resolución del problema; prepara un plan de acción y valora sus posibles efectos; pasa a la acción, poniendo en práctica lo acordado y valora los resultados obtenidos de manera grupal.

La gestión de desechos sólidos se concibe como un proceso de acciones que van desde la toma de conciencia hasta el tratamiento y disposición de los desechos, incluyendo los valores y normas que determinan el consumo de productos. Se trata de acciones integrales y participativas y las que se producen entre la sociedad y su entorno natural. Como la necesidad de reciclar por sus implicaciones sobre el ambiente y su salud.

Avances en la implementación de las R frente a la reducción de los residuos sólidos.

Cruz et al. (2024) realizaron una revisión bibliográfica de aplicaciones prácticas de la técnica de las tres R's en instituciones educativas, en especial en la secundaria a nivel nacional de Perú e internacional. El estudio tuvo como objetivo promover el desarrollo de valores de responsabilidad con el medio ambiente en escuelas secundarias, además de identificar vacíos de conocimiento que necesitan ser explorados en nuevos estudios en el contexto de educación secundaria.

Después de analizar el contenido temático, se evidenciaron tres categorías de cuestiones representativas para las estrategias de las 3Rs (Reducir, Reutilizar, Reciclar) en la actitud ambiental hacia los residuos sólidos en estudiantes de la secundaria: la utilización de estrategias pedagógicas para el manejo adecuado de los residuos sólidos con la aplicación de la técnica de las 3R's, el manejo de residuos sólidos desde las instituciones educativas; y la enseñanza ético-ambiental desde el valor de la responsabilidad el manejo adecuado de los residuos sólidos con la aplicación de la técnica de las 3R's.

Tabla 1

Categorías de representación de las estrategias de las 3 R's, en el contexto educativo secundario

Categoría 1. La utilización de estrategias pedagógicas para el manejo adecuado de los residuos sólidos con la aplicación de la técnica de las 3R's.

Estrategias pedagógicas para el manejo adecuado de los residuos sólidos con la aplicación de la técnica de las 3R's, importancia relacionar la educación con la pedagogía ambiental, manejo adecuado de los residuos sólidos.

Categoría 2. El manejo de residuos sólidos desde las instituciones educativas

Los residuos sólidos; clasificación; manejo de residuos sólidos en la institución educativa.

Categoría 3. La enseñanza ético-ambiental desde el valor de la responsabilidad para el manejo adecuado de los residuos sólidos con la aplicación de la técnica de las 3R's

Estrategias pedagógicas medioambientales; el cambio conceptual y actitudinal en el estudiante de secundaria como parte de la enseñanza ético-ambiental desde el valor de la responsabilidad

Fuente. adaptado de Cruz, Williams & Arroyo-Ñahui, Madeleyne & Condor-Salvaterra, Edwin. (2024).

Ya en la discusión los autores del mismo estudio obtuvieron para las tres mencionadas categorías los siguientes resultados:

En la primera categoría se discute a partir de demostrar que por medio de una estrategia pedagógica se pudo obtener un cambio en la percepción que los estudiantes tienen con respecto al reciclaje, al manejo de los residuos sólidos y a la protección que se debe tener con el medio ambiente, por esta razón se precisa seguir implementando estrategias para estar recordando a los educandos la misión que tienen todos de salvaguardar la naturaleza.

En la segunda categoría, los residuos sólidos pueden ser clasificados en aprovechables y no aprovechables. Los encuestados no identificaron esto de forma clara y por ello se hace necesario empezar con una explicación precisa sobre estos términos. De igual manera, según lo establecido en la normatividad y el procedimiento de control de residuos sólidos, estos se pueden clasificar en residuos domésticos e industriales, encontrándose en los primeros los residuos aprovechables (papel, cartón, vidrio, lata, plástico). Si se tiene en cuenta esta norma y se compara con las respuestas de los estudiantes, se puede afirmar que los encuestados carecen de conocimientos base que les permitan argumentar cómo clasificar los residuos sólidos.

Los hallazgos se refieren al precepto de preservación y conservación basado en una cultura o conducta ecológica con la práctica del valor responsabilidad y normas que buscan apreciar las interrelaciones entre el estudiante y el medio ambiente, su cultura, sus hábitos, su conducta y su medio biofísico generando una conciencia real para el mantenimiento de los diferentes ecosistemas en los que interactuamos los seres vivos promoviendo su desarrollo sostenible.

Discusión y conclusiones

Hacer frente al cambio climático exige no solo medidas de adaptación, sino también una participación activa en la reducción de residuos sólidos desde lo individual y cotidiano. La creciente generación de residuos, ampliamente documentada como una de las principales causas de contaminación ambiental, representa un desafío prioritario en todos los contextos sociales. Este reto debe ser abordado no solo por las políticas públicas, sino también desde los espacios educativos, los hogares y las comunidades.

En este sentido, la educación ambiental, el consumo responsable y especialmente las tres R se consolidan como herramientas prácticas, accesibles y significativas. Estas prácticas permiten que personas de diferentes edades, niveles socioeconómicos y entornos culturales puedan contribuir, de manera efectiva, a la reducción del impacto ambiental y al uso más eficiente de los recursos.

Desde sus orígenes, la educación ambiental ha promovido una visión ética que reconoce a la naturaleza como un ser vivo que merece cuidado, respeto y protección. Este enfoque ha dado lugar a reflexiones sobre la responsabilidad, la libertad, la paz y la solidaridad en relación con los modos de producción y consumo. En efecto, se ha avanzado hacia una ética del cuidado del ambiente que debe ser fortalecida y profundizada.

Actualmente, la educación ambiental se proyecta en múltiples ámbitos de la vida humana: en las empresas, a través de la responsabilidad social corporativa; en las comunidades, mediante políticas públicas; y en las instituciones educativas, por medio de proyectos y estrategias pedagógicas. Estas acciones se alinean con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Sin embargo, persiste la necesidad de traducir los valores ambientales en prácticas reales, cotidianas y sostenidas en el tiempo.

Técnicas como las tres R's ofrecen una base concreta para la toma de decisiones responsables, permitiendo a las personas comprender el impacto de sus hábitos de consumo y generar nuevas oportunidades para formas de economía más sostenibles. La economía circular,

basada en el reaprovechamiento de materiales y el respeto por los recursos, es una de las alternativas más prometedoras en este camino.

Nos encontramos, por tanto, ante un escenario de oportunidad que demanda mayor producción investigativa orientada a desarrollar metodologías, estrategias, tecnologías y procesos capaces de reducir el impacto ambiental de los residuos sólidos urbanos. Este desafío requiere una ética renovada, un conocimiento útil y aplicable, y un mayor acercamiento a las realidades de la ciudadanía para construir soluciones sustentables con impacto local y global.

Referencias

- Arias, F. (2012). *El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica* (6.^a ed.). Caracas: Episteme.
- Arias, B. (2016). *El consumo responsable: educar para la sostenibilidad ambiental*. Aibi revista de investigación, administración e ingeniería. 4. 29-34. 10.15649/2346030X.385.
- Banco Interamericano de Desarrollo (BID). (2023). *Sostenibilidad financiera de la gestión de residuos sólidos en América Latina y el Caribe: Estructura de costos del servicio y estimación de los recursos financieros necesarios para el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible*. División de Agua y Saneamiento. Recuperado de <https://publications.iadb.org/es/sostenibilidad-financiera-de-la-gestion-de-residuos-solidos-en-america-latina-y-el-caribe>
- Banco Mundial. (2019, 6 de marzo). *Convivir con basura: el futuro que no queremos*. <https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2019/03/06/convivir-con-basura-el-futuro-que-no-queremos>
- Carta de la Tierra Internacional. (2000). *La Carta de la Tierra*. Universidad para la Paz. <https://earthcharter.org/read-the-earth-charter/>
- Climática. (s.f.). *Oliver Franklin-Wallis: Vertedero* [Reseña del libro]. Recuperado de <https://climatica.coop/oliver-franklin-wallis-vertedero-libro/>
- CONPES 3874. *Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos*. 21 de noviembre de 2016.
- Cruz, Williams & Arroyo-Ñahui, Madeleyne & Condor-Salvatierra, Edwin. (2024). *Estrategias de las 3rs en la actitud ambiental hacia los residuos sólidos en estudiantes de la secundaria*. Revista Tribunal. 4. 653-671. 10.59659/revistatribunal.v4i9.96.
- Franklin-Wallis, O. (2025). *Vertedero: La sucia realidad de lo que tiramos, a dónde va y por qué importa*. Capitán Swing.
- Fundación Ellen MacArthur. (2013). *Hacia una economía circular: Motivos económicos para una transición acelerada*.
- Gil, M. M. (2022). *Consumo responsable: de la teoría a la práctica*. Marketing Social: Un enfoque latinoamericano, Fondo Editorial Universidad EAFIT, 77-106.
- Instituto de Estudios Urbanos. (2021). *Debates Gobierno Urbano (N.^a 28)*. Universidad Nacional de Colombia.
- Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017). *Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions*. Resources, Conservation and Recycling, 127, 221-232. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>
- López de Juambelz, R. (s.f.). *El impacto de los desechos sólidos sobre el medio*. Revista Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Recuperado de <https://www.revistacienciasunam.com/es/168-revistas/revista-ciencias-20/1507-el-impacto-de-los-desechos-s%C3%B3lidos-sobre-el-medio.html>

- Martínez Castillo, R. (2012). Ensayo crítico sobre educación ambiental. *Revista Electrónica Diálogos Educativos*, 12(24), 74–104. Recuperado de <https://revistas.umce.cl/index.php/dialogoseducativos/article/view/1056>.
- Mejía Gil, M. C. (2022). Consumo responsable: de la teoría a la práctica. En *Marketing social: un enfoque latinoamericano* (pp. 99-118). Medellín: Editorial Universidad EAFIT. Recuperado de <https://editorial.eafit.edu.co/index.php/editorial/catalog/download/154/187/543?line=1>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Ministerio de Educación Nacional (2012). Política nacional de educación ambiental SINA. [Archivo PDF]. <https://observatoriomesoamerica.minambiente.gov.co/obsmesoamerica/medios/Colombia/POLITICA%20EDUCACION%20AMBIENTAL.pdf>
- Nay-Valero, M., & Febres Cordero-Briceño, M. E. (2019). Educación Ambiental y Educación para la Sostenibilidad: historia, fundamentos y tendencias. *Encuentros*, 17(2), 24-45. Recuperado de https://www.redalyc.org/journal/4766/476661510004/html/751/20180328ST000751_es.pdf
- Organización de Naciones Unidas ONU (2015). Objetivos de desarrollo sostenible. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/education/>
- Parlamento Europeo. (2024, marzo 25). El trabajo de la UE para la gestión sostenible de residuos. https://www.europarl.europa.eu/pdfs/news/expert/2018/4/story/20180328ST000751/20180328ST000751_es.pdf
- Programa para el medio ambiente ONU (2023). Guía de herramientas para la educación ambiental para América Latina y el Caribe. [Archivo PDF]. <https://www.unep.org/es/resources/manual/guia-de-herramientas-de-educacion-ambiental-para-america-latina-y-el-caribe>
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2024). Perspectiva Mundial de la Gestión de Residuos 2024. <https://www.unep.org/es/resources/perspectiva-mundial-de-la-gestion-de-residuos-2024>
- Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. (2007). Educación ambiental: Ideas y propuestas para docentes. Nivel primario. Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología de la Nación. [Archivo PDF]. <http://www.bnm.me.gov.ar/giga1/documentos/EL005002.pdf>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2019). Informe de la situación del medio ambiente en México, edición 2018. SEMARNAT. Recuperado de https://dsiappsdev.semarnat.gob.mx/datos/portal/transparencia/2018/Informe_Rendicion_de_Cuentas_SEMARNAT_2018.pdf
- Simancas Trujillo, R. A., Sincelejo Borrero, S. J., & Gerardino González, J. J. (2019). Educación para el consumo responsable en la Universidad Libre Seccional Barranquilla. Ponencia presentada en el 6to Simposio Internacional de Investigación en Ciencias Económicas, Administrativas y Contables - Sociedad y Desarrollo y 2do Encuentro Internacional de Estudiantes de Ciencias Económicas, Administrativas y Contables, Bogotá, Colombia. Recuperado de <https://www.unilibre.edu.co/bogota/pdfs/2019/6tosimposio/ponencias-semilleros/31s.pdf>
- Suarez, A. (2013). Reciclaje en Colombia: oportunidad para incursionar al mercado internacional. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada.
- UNESCO. (2021). Reimaginar juntos nuestros futuros: un nuevo contrato social para la educación. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.

Contribución del Ejército Nacional de Colombia en el control de delitos ambientales y la restauración de ecosistemas

Contribution of Colombian Army in control environmental crimes and ecosystem restoration

Mariana García Prieto

Departamento Conjunto Ambiental y de Gestión del Riesgo de Desastres, Colombia (margapri@gmail.com)

(<https://orcid.org/0009-0006-6694-8947>)

Adelso Malavé Figueroa

Universidad Europea del Atlántico, España (<https://orcid.org/0000-0003-0479-1201>) (adelso.malave@uneatlantico.es)

Información del manuscrito:

Recibido/Received: 12/05/25

Revisado/Reviewed: 16/05/24

Aceptado/Accepted: 30/11/25

RESUMEN

Palabras clave:

delitos ambientales, restauración de ecosistemas, biodiversidad, protección ambiental, Ejército Nacional de Colombia.

No ha sido cubierta a profundidad la participación prominente del Ejército Nacional de Colombia en materia de degradación ecológica y la pérdida de biodiversidad, aún menos dentro del contexto de la seguridad climática y ambiental. El objetivo del estudio fue analizar los esfuerzos de contribución del Ejército, en el control de la deforestación, el comercio ilegal de vida silvestre y otros delitos ambientales, así como las actividades de apoyo en la restauración de ecosistemas. La metodología cualitativa consistió en un diseño no experimental transeccional, con nivel descriptivo y de estudio de casos. Se aplicó una entrevista semiestructurada sobre una muestra por conveniencia de 30 individuos, ya pertenecientes a sectores civiles y militares estratégicos con injerencia en toma de decisiones sobre temas ambientales. Como principal hallazgo, se identificó que el Ejército posee desafíos vigentes y cruciales, esto respecto al desarrollo de regulaciones normativas y doctrina para la protección ambiental. Asimismo, quedaron develadas las limitaciones de capacidad técnica, planeación, ejecución, sostenimiento y seguimiento; en los ejercicios militares de apoyo para la rehabilitación de ecosistemas, lo cual demanda un fortalecimiento de la documentación y evaluación técnico-científica de los mencionados procesos. Se concluye que el Ejército Nacional de Colombia aporta una significativa generación de resiliencia climática en los territorios, ya haciendo mayor honor a su misión constitucional, como garante de la seguridad de la población y el desarrollo sostenible de la nación, todo esto como resultado de sus esfuerzos operacionales y logísticos para la protección y conservación de los ecosistemas y la biodiversidad.

ABSTRACT

Keywords:

environmental crimes, ecosystem restoration, biodiversity, environmental protection, Colombian National Army.

The prominent role of the Colombian National Army in ecological degradation and biodiversity loss has not been covered in depth, even less so in the context of climate and environmental security. The objective of the study was to analyze the Army's efforts to contribute to the control of deforestation, illegal wildlife trade, and other environmental crimes, as well as its support activities in ecosystem restoration. The qualitative methodology consisted of a non-experimental cross-sectional design, with a descriptive level and case studies. A semi-structured interview

was conducted on a convenience sample of 30 individuals already belonging to strategic civilian and military sectors with influence in decision-making on environmental issues. The main finding was that the Army faces ongoing and crucial challenges with regard to the development of regulatory norms and doctrine for environmental protection. Likewise, limitations in technical capacity, planning, execution, sustainability, and monitoring were revealed in military exercises supporting ecosystem rehabilitation, which requires strengthening the documentation and technical-scientific evaluation of these processes. It was concluded that the Colombian National Army contributes significantly to climate resilience in the territories, further honoring its constitutional mission as guarantor of the security of the population and the sustainable development of the nation, all as a result of its operational and logistical efforts for the protection and conservation of ecosystems and biodiversity.

Introducción

Actualmente Colombia enfrenta enormes desafíos para promover la protección y recuperación de los ecosistemas y la biodiversidad, debido a dinámicas territoriales asociadas a la deforestación y la explotación ilícita de yacimientos mineros, actividades que en muchos casos son controladas por grupos armados que generan conflictos territoriales y debilitan la capacidad institucional para el control ambiental (Suárez Perilla, 2021). En este contexto se intensifica la presión sobre ecosistemas estratégicos a nivel nacional y regional, como lo son la Amazonia y el Chocó Biogeográfico, donde las dinámicas ilegales de extracción de recursos han provocado la fragmentación de hábitats, el desplazamiento de especies y pérdida de biodiversidad (Mayorquín Tovar y Moreno Carvajal, 2022).

La protección de la base natural en el país cuenta con un marco normativo robusto, a partir de la ratificación del Convenio de Diversidad Biológica (CDB) mediante la Ley 165 de 1994, que establece compromiso para la conservación de la biodiversidad, su uso sostenible y la participación justa y equitativa en los beneficios derivados de su utilización (Congreso de Colombia, 1994). En cumplimiento de estos compromisos en el año 1995 se formuló la Política Nacional de Biodiversidad, actualizándose en el año 2012 como la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE), integrando las consideraciones del plan de acción 2011-2020 de la CDB y las Metas de Aichi (Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible [MADS], 2012). Otras políticas públicas relevantes son el documento CONPES 4050 de 2021 “Política para la Consolidación del Sistema Nacional de Áreas Protegidas - SINAP” (Departamento Nacional de Planeación [DNP], 2021), y el documento CONPES 4021 de 2020 que define la “Política Nacional para el Control de la Deforestación y la Gestión Sostenible de los Bosques” (DNP, 2020). Estas políticas se orientan a reducir la pérdida de biodiversidad, mediante estrategias sectoriales y transsectoriales, para promover el uso sostenible del patrimonio natural, en zonas donde han predominado conflictos socioambientales como los Núcleos de Alta Deforestación (NAD).

Bajo este panorama se destaca que la deforestación en Colombia es una de las principales amenazas para la conservación, resaltando que entre los años 2001 y 2021, se deforestaron alrededor de 3,2 millones de hectáreas de bosques, de las cuales un 89% se produjo por actividades ilegales, amenazando alrededor del 24% de los ecosistemas naturales (Grupo Banco Mundial, 2023).

Otro aspecto crítico a tener en cuenta, se relaciona con la afectación de zonas de conservación ambiental como áreas protegidas y zonas de reserva forestal establecidas por la Ley 2 de 1959, identificando para el año 2022, que el 10% de la deforestación en el país (12.449 ha) se generó en áreas protegidas y el 27,2% (33.602 ha) en Zonas de Reserva Forestal (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM] y MADS, 2023).

Los factores de cambio de uso del suelo por deforestación se asocian principalmente a ~~procesos de~~ praderización para acaparamiento de tierras y la ganadería extensiva, expansión de infraestructura de transporte sin la debida planificación, ampliación de la frontera agrícola, cultivos ilícitos, extracción ilícita de minerales y la tala ilegal (IDEAM y MADS, 2023). Igualmente se resaltan conflictos de uso del suelo en el 50% del territorio del país, debido a expansión de la ganadería en suelos con vocación agrícola, o el desarrollo de agricultura en zonas conservación, lo que dinamiza la pérdida de biodiversidad, servicios ecosistémicos, el aumento de procesos de desertificación y detrimento del suelo en el 16,5% del territorio (MADS, 2017).

Otro factor que dinamiza estos procesos negativos para los ecosistemas es la falta de presencia del Estado en zonas de difícil acceso o apartadas de ciudades principales, permitiendo la presencia de grupos armados en el territorio y el desarrollo de actividades ilícitas, convirtiéndose en situaciones que generan serios conflictos socioambientales (Lozano,

2015), evidenciado que la débil presencia estatal en zonas rurales facilita la expansión de economías ilegales, generando impactos ambientales significativos, perpetuando dinámicas de violencia (Morales Muñoz et al., 2025; Ayala y Pérez, 2025). Alrededor de este panorama se identifican otras problemáticas, como el tráfico de especies silvestres, en cuya dinámica interactúan las comunidades locales, financiadas por agentes criminales. Sin embargo, en Colombia este fenómeno no ha sido priorizado para la atención, debido a que se concentran los esfuerzos en combatir actividades criminales como los cultivos ilícitos y la minería ilegal, a pesar de que el país hace parte de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) (InSight Crime & Instituto IGARAPÉ, 2021).

Por otro lado, se destacan las consecuencias en el ambiente del Acuerdo de Paz en Colombia, como el aumento de la deforestación, dinámicas ilegales asociadas a cultivos ilícitos, la explotación ilícita de yacimientos mineros, ganadería extensiva, acaparamiento de tierras, entre otras, debido a que las áreas que fueron liberadas por las extintas Fuerzas Armadas Revolucionarias de Colombia (FARC), presentan baja capacidad de regulación estatal y débil gobernanza ambiental, siendo ocupadas por nuevos actores ilegales, que intensifican conflictos socioambientales preexistentes (Garzón et al., 2020). Asimismo, la explotación ilícita de minerales ha afectado a poblaciones indígenas, en Parques Nacionales Naturales y reservas forestales, generando graves daños sobre la salud pública debido al uso y vertimiento de insumos nocivos como el mercurio (Guio Rodríguez, 2018).

Siguiendo este contexto, el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 “Colombia Potencia de la Vida”, indica que es necesaria la implementación de estrategias para reducir la deforestación y promover la restauración de los ecosistemas degradados, con el fin de minimizar los impactos sobre las áreas protegidas, impulsando soluciones basadas en la naturaleza y la resiliencia de los territorios frente a la crisis climática, señalando los bajos resultados para frenar la pérdida de biodiversidad por deforestación y el desarrollo de procesos de regeneración (DNP, 2023).

Debido a obstáculos relacionados con la escasa voluntad política, legislación y políticas públicas insuficientes, falta de financiamiento, debilidades en la capacidad técnica y limitada inversión en investigación y monitoreo (Solano y Torres, 2022), se identifica que los procesos de restauración desarrollados a nivel nacional, no contribuyen de forma eficiente a los objetivos nacionales de conservación de biodiversidad.

En este sentido el Ejército Nacional de Colombia, se ha posicionado como un actor importante para contribuir a la preservación y la defensa del ambiente y los recursos naturales, conforme a lo dispuesto en el artículo 103 de la Ley 99 de 1993, el cual establece que las Fuerzas Armadas velarán por la protección y defensa del ambiente y los recursos naturales, como un elemento primordial de la soberanía nacional (Ministerio de Defensa Nacional, 2017).

El Ejército también fomenta su rol de apoyo a las actividades de control y vigilancia establecido en los artículos 64 y 65 de la Ley 99 de 1993, en relación con la movilización, procesamiento, uso, aprovechamiento y comercialización de los recursos naturales renovables, los cuales son desarrollados por los entes territoriales y las autoridades ambientales territoriales. Por otro lado, el Ministerio de Defensa Nacional, estableció la protección del ambiente a través del apoyo a las autoridades ambientales, entes territoriales y la comunidad, como un área misional de contribución del sector defensa (Ministerio de Defensa Nacional, 2017). La triangulación de estos últimos actores ha permitido el alineamiento conjunto de sus respectivas estrategias de acción, con el fin de enfrentar los delitos ambientales y cooperar, permanentemente, en la gestión del cambio climático dentro del marco de “Garantías para la vida y la paz 2022-2026”.

Se destaca además que el desarrollo doctrinal del Ejército Nacional ha incluido dentro de las capacidades del poder terrestre la atención de amenazas o eventos antrópicos. Este

accionar se enmarca dentro de las operaciones de Apoyo a la Defensa a la Autoridad Civil (ADAC), las cuales corresponden a misiones no letales y otras actividades de soporte, en atención a los requerimientos de las autoridades civiles, en el marco de la ley, mediante el empleo de capacidades y medios disponibles (Ejército Nacional, 2017).

En la misma medida, el Ejército Nacional emite lineamientos y directrices de Gestión Ambiental para mitigar los impactos sobre el ambiente debido al desarrollo de la misión de la Fuerza, a través del Departamento de Ingenieros Militares, último que hace parte de la Jefatura de Estado Mayor de Planes y Políticas (Ejército Nacional, 2023a). Igualmente, coordina la implementación de directrices ambientales, mediante el Comando de Ingenieros con la Sección de Gestión Ambiental, contándose con asesores y gestores ambientales en las divisiones, brigadas y batallones (Ejército Nacional, 2023b). De forma cooperativa, el Ejército Nacional apoya la protección y defensa del ambiente, a través del planeamiento y conducción de operaciones militares, para combatir delitos ambientales, por medio de la Brigada contra la explotación ilícita de yacimientos mineros, unidad que opera en todo el territorio nacional, de forma conjunta, coordinada e interagencial (Ministerio de Defensa Nacional, 2017).

Bajo el contexto anterior, se resalta que la nación cuenta con un Ejército que aporta a la construcción de paz, no solo desde el enfoque de seguridad territorial, sino también desde la perspectiva de sus contribuciones al desarrollo sostenible. Sin embargo, esta participación no se ha analizado a profundidad, en términos de la importancia estratégica para lograr el cumplimiento de objetivos nacionales en materia de resiliencia climática y conservación de la biodiversidad.

Por todo lo antes expuesto, el presente artículo tiene como objetivo analizar los esfuerzos de contribución desarrollados por el Ejército Nacional de Colombia, en el control de delitos ambientales como la deforestación y la explotación ilícita de yacimientos mineros, así como las actividades de apoyo a la restauración de ecosistemas degradados, como resultados parciales de una investigación realizada en el año 2024. El estudio destaca las funciones de apoyo del Ejército Nacional, de acuerdo con su misionalidad y capacidades, dentro de un contexto de conflictos ambientales por causa del cambio climático, la pérdida de biodiversidad y el conflicto armado.

Método

Diseño

De acuerdo con el grado de estructuración de los datos, la investigación presenta un tipo cualitativo, con diseño no experimental de campo, alcance descriptivo y de corte transversal (Hernández Sampieri et al., 2014). Con el propósito de describir en profundidad al fenómeno observado, se aplicó un método cualitativo fundamentado en el estudio de casos, desde diversas áreas y sectores de la institución armada de Colombia vinculadas al ambiente, en procura de explorar dimensiones complejas en su contexto real de realización (Atlas.ti, 2025). En el acercamiento al objeto de estudio, fue aplicada una combinación de varias técnicas para la recogida de información, específicamente, entrevistas semiestructuradas de elaboración propia, observación directa y el análisis documental, procurando un ajuste adecuado con el enfoque citado de los estudios de casos (Jiménez Chaves y Comet Weiler, 2016).

Categorías

Las categorías que orientaron la recolección de información secundaria y empírica, así como las categorías de codificación y análisis corresponden, en primera instancia, a la contribución del desarrollo de operaciones y acciones de control y vigilancia, en la cual se analizan las percepciones y opiniones de la muestra poblacional, sobre la efectividad de operaciones orientadas al control de delitos ambientales y la colaboración con otras entidades.

En segunda instancia, se presentan las actividades de apoyo a la restauración ambiental, analizando los proyectos desarrollados por la Fuerza, la participación comunitaria y sus resultados, tal como se describe en la Tabla 1. Las categorías se analizaron descriptivamente sin relaciones de interdependencia entre ellas, según el alcance de esta investigación.

Tabla 1
Tabla de operacionalización de categorías.

Categoría	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores
Contribución del desarrollo de operaciones y acciones de control y vigilancia	Esfuerzos del Ejército Nacional en el control de la deforestación y otros delitos ambientales.	Medida en que el Ejército contribuye con el control de delitos ambientales.	Desarrollo de operaciones y acciones de control y vigilancia. Apoyo a otras entidades.	Percepción sobre la efectividad de operaciones y acciones de control y vigilancia. Opiniones sobre la colaboración con otras entidades.
Actividades de apoyo a la restauración ambiental.	Actividades realizadas por el Ejército Nacional para la remediación de ecosistemas negativamente impactados.	Grado de participación en proyectos de restauración de ecosistemas.	Proyectos de Restauración. Resultados y Evaluación de Proyectos.	Percepción sobre la efectividad de proyectos de reforestación y restauración. Opiniones sobre los resultados y la evaluación de proyectos de restauración.

Participantes

La muestra poblacional conformada por 30 individuos de los cuales el 53% (16) correspondió a mujeres y el 47% a hombres (14), se derivó mediante un muestreo no probabilístico entre los sectores de planeación nacional, defensa, ambiente, cooperantes y/o aliados internacionales (Tabla 2). La mayoría de los participantes hace parte del grupo de edad de 30 a 40 años, representando el 53 % de la muestra (16), seguido del grupo de mayores de 50 años con un 23 % (7), el grupo de 40 a 50 años con un 13 % (4) y por último el rango de 20 a 30 años con un 10 % (3). Los individuos fueron seleccionados según su relación e injerencia en la toma de decisiones respecto a la planificación y/o ejecución de lineamientos de protección ambiental, la biodiversidad y el control de delitos ambientales. A estas unidades de estudio les fue aplicada una entrevista semiestructurada, en la cual se indaga sobre la contribución al control de delitos ambientales y el apoyo de procesos de restauración de ecosistemas. Fueron realizadas 19 entrevistas en modalidad virtual y 11 presenciales, de acuerdo con la disponibilidad de cada entrevistado y su ubicación

Otros datos sociodemográficos en torno a la muestra se omiten por acuerdo de ética y confidencialidad.

Tabla 2
Distribución de entrevistados por entidades

Sector	Institución	Cantidad de entrevistados	Rol
Planeación Nacional	Departamento Nacional de Planeación	1	Articula planeación de mediano y largo plazo

Sector	Institución	Cantidad de entrevistados	Rol
Defensa	Ministerio de Defensa Nacional	2	Define políticas de seguridad incluyendo protección ambiental
	Comando General de las Fuerzas Militares	3	Direcciona estratégicamente a las Fuerzas Militares en protección ambiental
	Ejército Nacional de Colombia	12	Apoya el control de delitos ambientales y protección ambiental.
Ambiente	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	1	Formula políticas ambientales y coordina acciones intersectoriales.
	Parques Nacionales Naturales	2	Administra y maneja el Sistema de Parques Nacionales Naturales.
	Corporación para el Desarrollo Sostenible del Sur de la Amazonía (Corpoamazonía)	1	Ejecuta en territorio políticas y planes ambientales como máxima autoridad.
	Corporación Para el Desarrollo Sostenible del Norte y el Oriente Amazónico (CDA)	1	
	Programa Visión Amazonia	2	Articula esfuerzos de planificación y control de la deforestación entre gobierno, cooperación internacional y comunidades.
Cooperantes y/o aliados internacionales	Oficina de las Naciones Unidas contra la Drogas y el Delito (UNODC)	2	Apoya el fortalecimiento institucional en el control de delitos ambientales
	GiZ - Cooperación Alemana Colombia	1	Brinda apoyo para el fortalecimiento institucional y desarrollo de capacidades de conservación y control ambiental.
	Agencia de Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID)	1	Financia y acompaña proyectos de conservación, gobernanza ambiental y control de delitos.
	Centro de Gestión y Operación del Sistema de Protección Amazónico (CENSIPAM)	1	Cooperación regional para el control de delitos transfronterizos.

Instrumento

La recolección de datos, se realiza mediante una entrevista semiestructurada, en calidad de instrumento flexible que, de acuerdo con Díaz Bravo et al. (2013), permite ajustes en la aplicación de conceptos o preguntas con el fin de disminuir ambigüedades. La entrevista incluyó preguntas como ¿Qué acciones considera importante implementar para la adecuada gestión del cambio climático y la protección de la biodiversidad, en especial en la Amazonía Colombiana?, ¿Qué debilidades y fortalezas identifica en las actividades de contribución desarrolladas para el apoyo al control de la deforestación y otros delitos ambientales, en especial en la Amazonía Colombiana?, ¿Conoce acciones o iniciativas del Ejército Nacional para la restauración de ecosistemas degradados? y ¿Qué debilidades y fortalezas identifica de estas prácticas de restauración?

El instrumento fue validado mediante juicio de expertos, arrojándose un coeficiente de validez de contenido de 0,96, el cual corresponde a una concordancia inter-jueces excelente (Hernández-Nieto, 2011).

Análisis de los datos

La fase de análisis de datos cualitativos fue apoyada mediante el software *ATLAS.ti* versión 25, el cual facilita el proceso de almacenamiento, procesamiento e interpretación de grandes cantidades de datos cualitativos, a través de un proceso iterativo de codificación

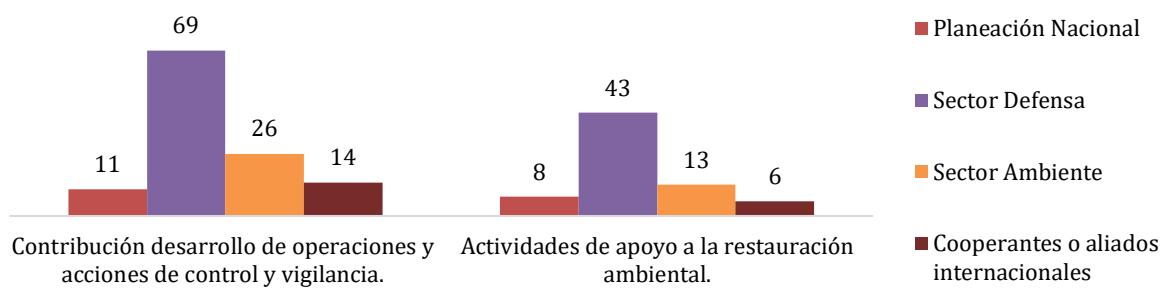
hibrida, a partir de las categorías de investigación planteadas y la generación de categorías de segundo nivel o emergentes. De igual manera, se emplearon técnicas de estadística descriptiva para analizar la frecuencia de aparición de citas relacionadas con las categorías y la distribución de dichas categorías en los diferentes sectores a los que pertenecen los entrevistados.

Resultados

Del proceso de codificación a partir de las categorías de investigación se obtuvieron 120 citas asociadas a la categoría contribución del desarrollo de operaciones y acciones de control y vigilancia, y 70 citas de la categoría actividades de apoyo a la restauración ambiental, presentándose en la Figura 1 su distribución en los diferentes sectores de los entrevistados. Igualmente, se destaca en los resultados que las citas se presentaron en 27 de las entrevistas, lo que corresponde al 90% de la muestra.

Figura 1

Distribución de citas entre sectores de los entrevistados y las categorías de investigación



En el proceso de codificación se identificaron categorías emergentes o de segundo nivel, relacionados con desafíos y oportunidades del Ejército Nacional frente al control de delitos ambientales y el apoyo a la restauración de ecosistemas, las cuales se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3

Categorías emergentes o de segundo nivel

Descripción	Categorías
Desafíos o amenazas	Desafíos Técnicos y Logísticos. Barreras Institucionales. Conflictos y Seguridad. Lineamientos de política pública y legislación
Oportunidades	Innovación Tecnológica, logística y operaciones. Colaboración Internacional. Capacitación y Desarrollo de Capacidades. Resiliencia y Adaptación al Cambio Climático.

La percepción y opiniones de los entrevistados sugiere que la contribución del Ejército Nacional al control de delitos ambientales, se enmarca en las operaciones de Apoyo a la Defensa de la Autoridad Civil (ADAC), desarrollando principalmente apoyos logísticos y de seguridad a los demás entes del estado que tienen como misión principal la administración y control del uso de los recursos naturales. De estos ejercicios se destaca como fortaleza el empleo de la inteligencia militar para el planeamiento de operativos y como insumo para orientar procesos de investigación judicial. Asimismo, es resaltada principalmente por el sector ambiental y el

sector defensa la presencia del Ejército en todo el territorio nacional, lo que permite desarrollar acciones en zonas donde autoridades ambientales y otras entidades no tienen la capacidad de ingresar, sobresaliendo la capacidad de movilidad aérea. Adicionalmente el 36 % de la muestra destaca el desarrollo de la estrategia de articulación interinstitucional en la Amazonía denominada “Burbuja Ambiental” a partir del año 2016, en calidad de ejercicio positivo para dinamizar la coordinación y desarrollo de operaciones y acciones, principalmente para controlar el aumento de la deforestación y atacar otros delitos como la explotación ilícita de yacimientos mineros.

En atención a lo revisado, se identifican estrategias emergentes del Ejército Nacional, como las ya mencionadas Burbujas Ambientales, el Plan Artemisa, el Plan Amazonía y la activación de unidades especializadas como la Brigada contra la Explotación Ilícita de Yacimientos Mineros (BRCMI), para enfrentar dinámicas criminales asociadas a los grupos armados organizados, los cuales afectan a los recursos naturales, promueven la invasión de áreas protegidas, impactando la conservación y protección de la biodiversidad. No obstante, la percepción de los entrevistados, en especial el sector ambiental sugiere una debilidad con relación a los cuestionamientos a la efectividad de las operaciones desarrolladas para el control de la deforestación, debido a que no se han impactado a los agentes de deforestación, únicamente a los eslabones más bajos de la cadena criminal, lo que evidencia falencias en la sinergia institucional.

En las Figuras 2 y 3 se presentan los desafíos y oportunidades del Ejército Nacional para contribuir al control de la deforestación y otros delitos ambientales, mediante el desarrollo de operaciones y actividades de control y vigilancia de los recursos naturales.

Figura 2

Desafíos del Ejército Nacional para contribuir al control de delitos ambientales.

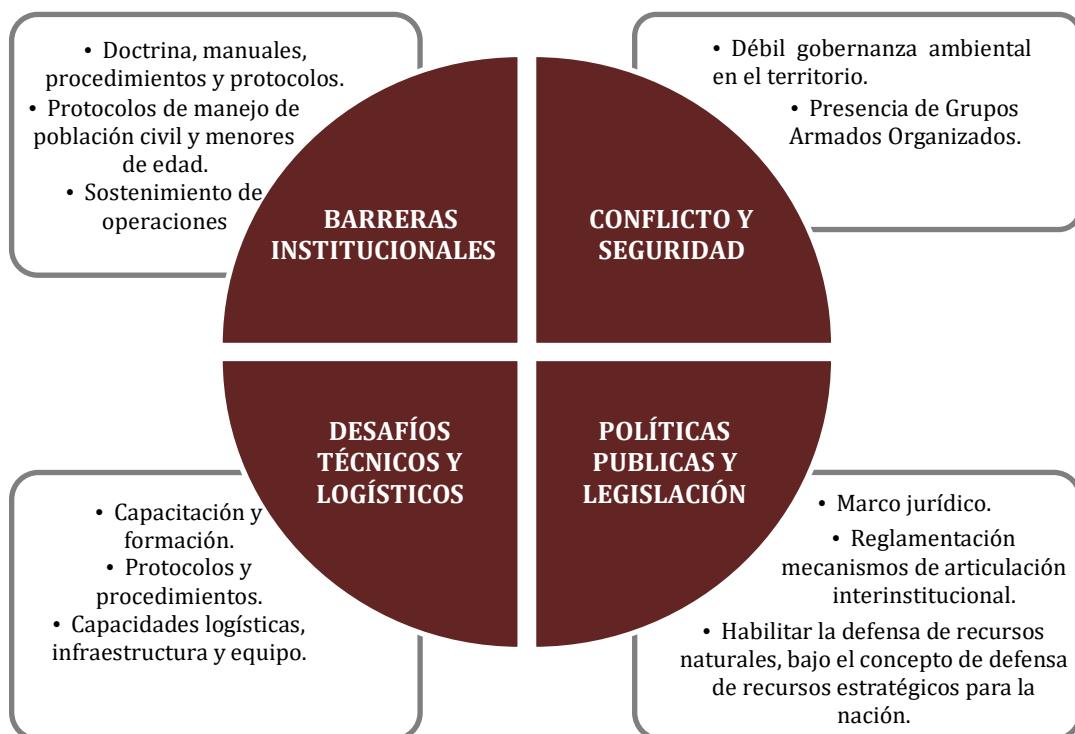


Figura 3

Oportunidades del Ejército Nacional para contribuir al control de delitos ambientales.



Con respecto a los hallazgos de la categoría actividades de apoyo a la restauración ambiental, se identifica que estas últimas están asociadas al desarrollo de campañas de reforestación al interior y exterior de las unidades militares y la producción de material vegetal mediante el establecimiento de viveros, enfatizando la experiencia de propagación de frailejón en unidades ubicadas en ecosistemas de alta montaña. La percepción de la muestra con respecto a estos ejercicios, en especial el sector de planeación nacional y algunas autoridades ambientales, indica que tiene efectos positivos para la imagen de la institución, al mostrar actividades diferentes a las acciones coercitivas realizadas en el marco de operaciones militares, lo que puede promover un acercamiento positivo con las comunidades.

En contraste con este resultado, se evidencian otras opiniones al interior del sector defensa, parte del sector ambiental y cooperantes o aliados internacionales, que cuestionan la pertinencia de desarrollar este tipo de actividades que no corresponden a la misión del Ejército Nacional. En ese sentido, se señalan debilidades en la capacidad técnica que puede limitar el cumplimiento de estándares normativos en producción de material vegetal, desatinos en la planeación, seguimiento y sostenimiento de siembras o plantaciones; así como carencia de documentación científica sobre los ejercicios militares desarrollados.

En seguimiento a lo anterior, se presentan en las Figuras 4 y 5 los desafíos y oportunidades del Ejército Nacional para dar continuidad al desarrollo de estas iniciativas, de forma que este coopere de manera más efectiva con la restauración de ecosistemas y, por consiguiente, en la conservación de la biodiversidad.

Figura 4

Desafíos del Ejército en el desarrollo de actividades de apoyo a la restauración ambiental



Figura 5

Oportunidades del Ejército Nacional para el desarrollo de actividades de apoyo a la restauración ambiental



Discusión y conclusiones

Se destaca como una oportunidad para el Ejército Nacional, de conformidad con la opinión de los entrevistados, incluir como una medida complementaria de adaptación al cambio climático, el enfoque de protección de protección de la biodiversidad, en medio del rol contribuyente del Ejército al emprendimiento de operaciones y acciones de control y vigilancia, de conformidad a la doctrina relacionada con las operaciones de Apoyo a la Defensa a la Autoridad Civil (ADAC) (Ejército Nacional, 2017).

Conforme a los resultados, el aporte del Ejército Nacional para el control de los delitos ambientales, se fundamenta en el empleo de sus capacidades operacionales, de inteligencia y logísticas para apoyar a otras autoridades en el cumplimiento de su misión. Al respecto, Garzón et al. (2020) indica que la experiencia de las Fuerzas Militares en planeación operacional, despliegue de inteligencia, y sus capacidades de movilidad, constituyen las principales ventajas en procesos de protección ambiental.

En similar medida, las capacidades diferenciales del Ejército, entre estas el despliegue hacia zonas estratégicas del territorio nacional, aportan al control efectivo de dinámicas ilegales asociadas a grupos armados organizados, que emplean la explotación de recursos naturales para su financiamiento (Ayala Sánchez, 2023).

Por otro lado, las experiencias de articulación interinstitucional lideradas por el Ejército Nacional surgen como respuesta al incremento de la deforestación y otros delitos ambientales en la Amazonía, articulando entidades del estado encargadas de la regulación y vigilancia de los recursos naturales y áreas protegidas (Murillo y Ceballos, 2021). Asimismo, se han ejecutado operativos orientados a reducir la deforestación, con el fin de dar cumplimiento a la Directiva 10 de 2018 correspondiente a las órdenes para dar cumplimiento a la sentencia 4360-2018 del 5 de abril de 2018, relacionada con el control de la deforestación en la Amazonía (Piñeros et al., 2020). Para mejorar la eficiencia de estas acciones, se resalta la necesidad de activar unidades especializadas como la BRCMI, para desarrollar tareas de protección ambiental.

Aun cuando se evidencian beneficios de la participación del Ejército Nacional en el control de delitos ambientales, se presentan cuestionamientos frente a la eficiencia de los resultados con relación a la limitación de recursos, empleo de capacidades, uso excesivo de la fuerza y relacionamiento con comunidades locales involucradas en la cadena criminal (Garzón et al., 2020). En atención a estas consideraciones, la Operación Mayor Artemisa impulsada en el periodo de gobierno 2019-2022, para combatir la deforestación, se fundamenta en el respeto los derechos humanos y el derecho internacional humanitario (DIH), favoreciendo para la conformación de Núcleos Forestales Sostenibles (Ayala Sánchez, 2023).

En cuanto a los desafíos del Ejército Nacional, estos se centran en la falta de doctrina, procedimientos y protocolos para el control de delitos ambientales, a pesar de nuevas regulaciones que facultan al Ejército Nacional frente a medidas preventivas sancionatorias y destrucción de maquinaria pesada, conforme a la Ley 2387 de 2024. Sin embargo, no se cuenta con procedimientos y protocolos específicos de implementación. Adicionalmente, Giraldo et al. (2024) denota la necesidad de establecer un marco legal y conceptual robusto que permita la coordinación interinstitucional, y la integración efectiva del integrar el enfoque de derechos humanos, en especial en territorios con débil gobernanza ambiental y conflictos socio ambientales como la Amazonía.

Con respecto a lo anterior, se evidencia la necesidad de regular la coordinación técnica y operativa de espacios como el Consejo Nacional de Lucha contra la Deforestación y otros delitos asociados (CONALDEF) y otros espacios de articulación interinstitucional, para promover la introducción efectiva de las capacidades frente a los delitos ambientales y demás actividades ilegales que degradan a los recursos naturales (Garzón et al., 2020), subrayando la

importancia de reconocer los recursos naturales como activos estratégicos de la nación, los cuales requieren ser priorizados en los objetivos de protección de la defensa nacional.

Por otro lado, se destacan las falencias en la destinación de recursos, situación que se traduce en ausencia de capacidades logísticas, de infraestructura y equipo; para garantizar el sostenimiento de las operaciones. La escasez de estos recursos propicia condiciones para la permanencia de actores ilegales en territorios de difícil acceso, resaltando la dinámica en los ríos fronterizos y bosques de la Amazonía, en la que mecanismos de control de las autoridades ambientales y el Ejército Nacional no son suficientes para controlar las actividades ilegales transfronterizas (*Environmental Investigation Agency [EIA]*, 2019).

A pesar de los desafíos expuestos, Cabrera y Macías (2020) establecen que las Fuerzas Militares tienen un papel sustancial frente a la protección del ambiente, a pesar de que este tipo de actividades corresponda a misiones no tradicionales, siendo necesario para fortalecer las acciones del Ejército frente a los delitos ambientales describir en la doctrina tareas de protección ambiental, control y monitoreo (Morales, 2017).

Por otro lado, se anota como una oportunidad potencial, la innovación en el monitoreo de delitos ambientales y dinámicas de degradación ambiental, a nivel local y multilateral, conforme lo describe Miranda (2022) en su estudio sobre las tareas potenciales en protección ambiental de las Fuerzas Armadas de Perú, el cual destaca el empleo de sensores remotos, aeronaves no tripuladas e imágenes satelitales para estos fines.

En cuanto al desarrollo de actividades de apoyo en la restauración de ecosistemas, orientadas a procesos de reforestación y producción de material vegetal por parte de unidades militares, estas pueden contribuir a la recuperación de territorios afectados por el conflicto armado, mediante la restauración de servicios ecosistémicos (Jiménez y Vega, 2020).

A pesar de las experiencias positivas, aún se identifican debilidades con respecto a las capacidades técnicas, el sostenimiento y la evaluación de la efectividad de este tipo de actividades desarrolladas por el Ejército Nacional, por lo que es necesario contar con mecanismos adecuados de seguimiento y expertos especializados, en atención a la complejidad de los procesos y los ecosistemas (Mola et al., 2022).

Por otro lado, se identifican como principales desafíos la carencia de una definición clara de las responsabilidades del Ejército frente a las actividades de restauración ambiental, que habilite la asignación de medios, con el fin de integrar la Fuerza a las estrategias de restauración nacional. Por tal motivo, la ejecución dependerá en gran medida de la colaboración interinstitucional, especialmente mediante la firma de convenios con autoridades ambientales (Gordón, 2022).

Adicionalmente, el desarrollo de procesos de restauración ecológica del territorio se ve interrumpido debido a la persistencia del conflicto armado, por cuanto este desafía la atención prioritaria de parte del Ejército en el mantenimiento de la seguridad y el constreñimiento de actores armados ilegales entre las comunidades. Dicho escenario deteriora la vinculación entre la institucionalidad del estado y las comunidades, quienes temen al momento de participar en la mencionada restauración del territorio por las constantes amenazas de estos grupos armados organizados (Garzón et al., 2020).

Como oportunidades de los procesos de apoyo a la restauración desarrollados por el Ejército se destacan el desarrollo de investigación y capacidades, fomentando la innovación y sistematización de experiencias, a través de alianzas con la academia, autoridades ambientales y sociedad civil, que permiten también captar recursos de cooperación internacional. Al respecto, el Grupo de Trabajo Científico para el Decenio de las Naciones Unidas sobre la Restauración de los Ecosistemas (2022), posiciona la importancia de generar alianzas interinstitucionales a largo plazo, ya que los procesos de restauración son prolongados, siendo esta una oportunidad para la generación de conocimiento y la innovación que produce múltiples beneficios para la sostenibilidad ambiental.

Con base en la discusión, se concluye que los esfuerzos de cooperación del Ejército Nacional frente al control de delitos ambientales se orientan, importantemente, hacia el control de las actividades ilegales que afectan al ambiente y que sirven como fuente de financiación de grupos armados ilegales. De esta forma, queda reseñada la necesidad de fortalecer regulaciones normativas y de doctrina, evaluando la necesidad de conformar unidades especializadas. Por tal razón, se recomienda el desarrollo de estudios comparativos con Fuerzas Armadas de la región, con la finalidad de evaluar experiencias y estrategias que puedan ser replicadas para la protección de los recursos naturales y el control de los delitos ambientales.

En cuanto a las actividades de restauración de ecosistemas, vistas como un esfuerzo de apoyo o contribución, ya muestran considerables limitaciones técnicas, las cuales se traducen en errores sobre la planeación, el sostenimiento y la evaluación; esto a pesar de que identifican beneficios potenciales frente al mejoramiento de la imagen institucional y la generación de alianzas con otras institucionales. Sobre este particular, resulta pertinente sugerir estudios que evalúen técnica y científicamente los métodos empleados por el Ejército en procesos de reforestación y propagación de material vegetal, con relación a su misionalidad y la efectividad de estos ejercicios logísticos.

Como principal limitación del estudio, se identificó el acceso restringido a participantes clave, la cual se mitigó involucrando actores relevantes desde el diseño de la investigación, asegurando el anonimato de los resultados, a través de la implementación de protocolos de manejo de la información que fueron comunicados de forma transparente, lo que permitió generar confianza y una participación activa.

Agradecimientos

Gracias a los colaboradores del Ejército Nacional de Colombia y otras entidades por su invaluable apoyo y aportes para el desarrollo de esta investigación, sus contribuciones han sido esenciales para el avance de este estudio.

Referencias

- Atlas.ti. (2025). Guía fundamental de la investigación cualitativa – Parte 1: Conceptos básicos. <https://atlasti.com/es/guias/guia-investigacion-cualitativa-parte-1/metodos-de-investigacion-cualitativa>
- Ayala García, E. T., & Pérez García, Y. (2025). Impacto del Conflicto Armado en el Bienestar Territorial y la Calidad de Vida en Zonas de Conflicto. *Cuadernos De Vivienda Y Urbanismo*, 18. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.cvu18.icab>
- Ayala Sánchez, F. (2023). Las Fuerzas Militares y su lucha contra el agotamiento de recursos naturales como activos en Colombia. En E. A. Salamanca Rodríguez & J. A. Serpa Hernández (Eds), *Seguridad humana y construcción de patria en defensa de la vida* (pp. 455-485). Sello Editorial ESDEG. <https://doi.org/10.25062/9786287602595.17>
- Cabrera Ortiz, F. y Macías Tolosa, A. (2020). Rol de las Fuerzas Militares de Colombia en la protección de la Amazonía. En E. Pastrana Buelvas y N. Stopfer (Eds). *Gobernanza Multinivel de la Amazonía*. (pp. 357-386). Fundación Konrad Adenauer. <https://www.kas.de/documents/273477/11482518/Gobernanza+Multinivel+de+la+Amazonia.pdf/58d120e4-07da-211a-d1dc-17da75caf79f?version=1.0&t=1611931583522>

- Congreso de Colombia. (1994). Ley 165 de 1994: Por medio de la cual se aprueba el Convenio sobre la Diversidad Biológica. Diario Oficial No. 41.522.
- Departamento Nacional de Planeación. (2020). *Documento CONPES 4021: Política Nacional para el Control de la Deforestación y la Gestión Sostenible de los Bosques*. DNP. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/4021.pdf>
- Departamento Nacional de Planeación. (2021). *Documento CONPES 4050: Política para la Consolidación del Sistema Nacional de Áreas Protegidas - SINAP*. DNP. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Ambiente/CONPES%20Politica%20SINAP.pdf>
- Departamento Nacional de Planeación (2023). *Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026*. DNP. <https://www.dnp.gov.co/plan-nacional-desarrollo/pnd-2022-2026>
- Díaz Bravo, L., Torruco García, U., Martínez Hernández, M., & Varela Ruiz, M. (2013). La entrevista, recurso flexible y dinámico. *Investigación en Educación Médica*, 2 (7), 162-167. <https://www.redalyc.org/pdf/3497/349733228009.pdf>
- Ejército Nacional (2017). *Manual Fundamental Del Ejército MFE 1-0 El Ejército*. Centro de Doctrina del Ejército. <https://www.cedoe.mil.co/>
- Ejército Nacional (2023a). *Departamento de Ingenieros Militares*. Ejército Nacional. <https://www.Ejercito.mil.co/departamento-de-ingenieros-militares/>
- Ejército Nacional (2023b). *Gestión Ambiental y Ecosistemas*. Ejército Nacional. <https://www.Ejercito.mil.co/gestion-ambiental-y-ecosistemas-602753>
- Environmental Investigation Agency (EIA). (2019). *Condenando el bosque. Ilegalidad y falta de gobernanza en la Amazonía Colombiana*. Agencia de Investigación Ambiental. <https://www.condenandoelbosque.org/>
- Garzón, J. C., Riveros Gómez, C., & Tobo, P. (2020). *Fuerzas militares y la protección del ambiente*. Fundación Ideas Para la Paz. <https://ideaspaz.org/publicaciones/investigaciones-analisis/2020-09/fuerzas-militares-y-la-proteccion-del-ambiente-roles-riesgos-y-oportunidades>
- Giraldo, K., Cardona, D., Escobar, N. K. y Santacoloma, L. J. (2024). *Ganadería, deforestación e institucionalidad: CONALDEF, el control y los derechos humanos*. Dejusticia. <https://www.dejusticia.org/wp-content/uploads/2024/04/CONALDEF-deforestacion-y-ganaderia-Resumen-Ejecutivo-.pdf>
- Gordón Albarracín, K. Y. (2022). *Construcción de viveros al interior de Unidades Militares del Ejército Nacional de Colombia, ubicados en ecosistemas estratégicos del país*. [Tesis de grado] Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Bogotá. <https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/handle/20.500.12010/27616?show=full>
- Grupo Banco Mundial. (2023). *Informe sobre clima y desarrollo del país*. World Bank Publications. https://documents1.worldbank.org/curated/en/099072023124015474/pdf/P178104_0f920a400809a2c09e70149f435b.pdf
- Grupo de Trabajo Científico para el Decenio de las Naciones Unidas sobre la Restauración de los Ecosistemas (2022). *Restauración de los ecosistemas basada en la ciencia para la década de 2020 y más allá*. UICN. <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2021-032-Es.pdf>
- Guio Rodríguez, C. (2018). *El posconflicto y los impactos de la minería en la amazonía oriental colombiana*. Corporación Grupo Semillas. <https://semillas.org.co/es/revista/el-posconflicto-y-los-impactos-de-la-mineria-en-la-amazonia-oriental-colombiana>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., y Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (6ta edición). McGraw Hill.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) y Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) (2023). *Actualización de cifras de monitoreo de la superficie de bosque - Año 2022. IDEAM – MADS*

- InSight Crime & Instituto IGARAPÉ (2021). *Las raíces de los delitos ambientales en la Amazonía colombiana*. InSight Crime. <https://insightcrime.org/es/investigaciones/raices-delitos-ambientales-amazonia-colombiana/>
- Jiménez Chaves, V. y Comet Weiler, C. (2016). Los estudios de casos como enfoque metodológico. *Revista de Investigación en Ciencias Sociales y Humanidades*, 3 (2). <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5757749.pdf>
- Jiménez Velandia, J. y Vega Delgado, L.A. (2020). La restauración ambiental de ecosistemas deforestados por cultivos ilícitos, el nuevo desafío del Ejército Nacional. *Revista Agunkuyâa*, 10 (1), 75-89. <https://doi.org/10.33132/27114260.1797>
- Lozano, J. B. (2015). Cambio climático: desafío para la seguridad nacional. *Revista CREES*, (1), 73-80.
- Mayorquín Tovar, A. R. y Moreno Carvajal, M. A. (2022). *Deforestación y minería ilegal: Una mirada a los mecanismos dirigidos a la protección del medio ambiente en Colombia*. [Tesis de grado] Universidad La Gran Colombia. <https://repository.ugc.edu.co/server/api/core/bitstreams/cf968abf-3075-4218-a539-2085dbfb8143/content>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2012). *Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE)*. MADS. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Poli%CC%81tica-Nacional-de-Gestio%CC%81n-Integral-de-la-Biodiver.pdf>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2017). *Plan de acción de biodiversidad para la implementación de la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos 2016-2030*. MADS. <https://archivo.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Plan-de-Accion/PLAN de Accion de Biodiversidad 2016 2030.pdf>
- Ministerio de Defensa Nacional (2017). Directiva Permanente Ministerial 004 del 2017. Instrucciones de Coordinación Conjunta e Interinstitucional para la lucha contra la explotación ilícita de yacimiento Minero y Delitos conexos en Colombia. MDN.
- Miranda, V. (2022). Cambio Climático: ventana de oportunidad para las Fuerzas Armadas en las estrategias de adaptación y mitigación En A. Castro y M. I. Merino-Gómez (Eds.), *Desafíos y perspectivas de la situación ambiental en el Perú. En el marco de la conmemoración de los 200 años de vida republicana*. (374-397). INTE-PUCP. <https://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/184481>
- Morales, L. (2017). *La paz y la protección ambiental en Colombia: propuestas para un desarrollo rural sostenible*. The Dialogue. <https://thedialogue.org/analysis/la-paz-y-la-proteccion-ambiental-en-colombia-propuestas-para-un-desarrollo-rural-sostenible/?lang=es>
- Mola, I., Sopeña, A. y de Torre, R. (2018). *Guía Práctica de Restauración Ecológica*. Fundación Biodiversidad del Ministerio para la Transición Ecológica. https://ieeb.fundacion-biodiversidad.es/sites/default/files/guia_practica_re_0.pdf
- Morales Muñoz, H., Schmelzer, N., Viehoff, A., Pohl, B., & Vélez, J. (2025). *Construcción de paz ambiental en Colombia: Sinergias entre las políticas de medio ambiente, clima, paz y seguridad*. adelphi research gemeinnützige GmbH. <https://weatheringrisk.org/sites/default/files/document/Construcci%C3%B3n de Paz Ambiental en Colombia ES.pdf>
- Murillo, A. A. y Ceballos Bedoya, E. O. (2021). *El rol del Ejército Nacional en la protección de los ecosistemas amazónicos*. Grupo Editorial Ibáñez.
- Piñeros Vera, D., Prieto Ararat, P. y Garzón Amórtegui, D. (2020). Los delitos contra el medio ambiente y las prácticas de control territorial de los Estados amazónicos: entre la seguridad militar, humana y ambiental. En E. Pastrana Buelvas y N. Stopfer (Eds.).

- Gobernanza Multinivel de la Amazonía.* (pp. 157-204). Fundación Konrad Adenauer y Escuela Superior de Administración Pública (ESAP). <https://tinyurl.com/ycxac8x6>
- Solano, C. y Torres Romero, F. (2022). Retos y oportunidades de Colombia en el decenio para la restauración de los ecosistemas 2021- 2030. En M. Rodríguez Becerra y M.F. Valdés Valencia (Eds). *Colombia país de bosques* (pp. 335). Fundación Natura. <https://www.researchgate.net/publication/361861435> Retos y oportunidades de Colombia en el decenio para la restauracion de los ecosistemas 2021- 2030
- Suárez Perilla, L. V. (2021). *Las consecuencias de la minería ilegal en Colombia a través del análisis de datos: Caso departamento de Chocó.* [Tesis de grado] Universidad Militar Nueva Granada.
<https://repository.umng.edu.co/bitstream/handle/10654/39362/SuarezPerillaLauraVanessa2021.pdf?sequence=1>

Projecto de uma central de energia solar fotovoltaica para iluminação pública, na centralidade da Praia Amélia em Moçâmedes, Angola

Project for a photovoltaic Solar Power plant for Public Lighting in the Centrality of Praia Amélia in Moçâmedes, Angola

Abel UtalicaUniversidad Europea del Atlántico (utalicaabelbel@gmail.com) (<https://orcid.org/0009-0003-1814-5240>)

Información del manuscrito:**Recibido/Received:** 24/07/25**Revisado/Reviewed:** 27/07/25**Aceptado/Accepted:** 10/10/25

RESUMEN

Esta investigação apresenta, na introdução, objetivo geral, que consiste em desenvolver uma central fotovoltaica para iluminação pública, na centralidade da Praia Amélia, e específicos, que consistem em descrever e dimensionar componentes da central. A metodologia baseia-se no modelo misto(quali-quantitativo). Por meio da pesquisa bibliográfica, entrevista e medição direta, obtiveram-se fundamentos teóricos, dados elétricos e técnicos da centralidade. Assim, com a latitude e longitude, através do PVGIS, obtiveram-se irradiações mensais direta, globais e temperaturas médias. Dos resultados, Moçâmedes apresenta condições adequadas para objetivos fotovoltaicos. Do dimensionamento e com módulos inclinados à 15º, obteve-se no mês crítico, radiação global mensal de 179 KWh/m² e diária de 5,78KWh/m². Com demanda de 116250W, o sistema utiliza 664 módulos de 400W, 3 controladores de 200W, 48 baterias e inversor de 145313W. Assim, o sistema não prevê perdas por sombreamento e poeira, porém apresenta perdas de 1,56% devido à temperatura e 7309W no cabeamento. Dessa forma, o sistema demonstra viabilidade econômica ao apresentar um Valor Presente Líquido (VPL) positivo, com amortização prevista para ocorrer em 11 anos. Da discussão, em relação a projetos fotovoltaicos similares de Cabo Verde e Moçambique, este projeto demonstra-se mais ambicioso e com maior impacto socioeconômico e ambiental, por possuir carga maior e, no seu dimensionamento, reduzir a potência nas centrais térmicas de 63MW locais, em 0,44%. Este dado impacta positivamente a redução de emissões de GEE. Portanto, a central apresenta valor técnico, ao acautelar as perdas totais de 11339W (28 módulos), em um sistema com margem superior de 61 módulos.

ABSTRACT

This research presents, in the introduction, a general objective, which is to develop a photovoltaic power plant for public lighting in the Praia Amélia housing project, and specific objectives, which consist of describing and sizing the components of the plant. The methodology is based on a mixed model (qualitative-quantitative). Through bibliographic research, interviews, and direct measurements, theoretical foundations, as well as electrical and technical data of the housing project, were obtained. Thus, using latitude and longitude, monthly direct and global irradiation values and average temperatures were obtained

Keywords:

Renewable energies; Solar photovoltaic energy; Photovoltaic system sizing; Public lighting; Angola

through PVGIS. The results show that Moçâmedes presents suitable conditions for photovoltaic objectives. From the system sizing, with modules tilted at 15°, the critical month yielded a monthly global irradiation of 179 kWh/m² and a daily value of 5.78 kWh/m². With a demand of 116,250 W, the system uses 664 modules of 400 W, 3 controllers of 200 W, 48 batteries, and an inverter of 145,313 W. The system does not account for losses due to shading or dust but does consider 1.56% losses due to temperature and 7,309 W losses in cabling. Therefore, the system demonstrates economic feasibility by presenting a positive Net Present Value (NPV), with payback expected within 11 years. In the discussion, compared to similar photovoltaic projects in Cape Verde and Mozambique, this project proves to be more ambitious and to have greater socioeconomic and environmental impact, due to its higher load and its potential to reduce power demand on the local 63 MW thermal plants by 0.44%. This contributes positively to the reduction of greenhouse gas emissions (GHG). Thus, the plant shows technical value by accounting for total losses of 11,339 W (equivalent to 28 modules) in a system with a surplus margin of 61 modules.

Introdução

As energias renováveis estão presentes desde a antiguidade. A busca de melhores condições de vida e a descoberta de novas formas de melhor acomodação mudaram a perspectiva da visão do homem, colocando no último plano as fontes limpas em detrimento das emissoras. Este fato, proporcionou mudanças importantes na natureza e causou impactos que levaram os governos a redirecionarem as periodicidades energéticas para fontes renováveis (Pinho & Galdinho, 2014).

Na verdade, este repensar deve-se às alterações nos níveis das emissões de gases de efeito estufa, que, segundo IPCC (2007, citado por Uczai & Tavares, 2012), aumentaram em 70% entre 1970 e 2004. Embora este aumento não resulte simplesmente dos combustíveis fósseis, considera-se o principal impulsionador. Neste contexto, qualquer perspectiva de mudança deve se basear em políticas para promoção de pesquisa, desenvolvimento e implementação de fontes renováveis.

A abordagem energética de Angola está progredindo substancialmente ao adotar o conceito de descarbonização no domínio energético. Conforme Losekann e Botelho (2019), a transição para uma economia de baixo carbono é uma noção que se adapta de maneira mais apropriada para direcionar as políticas energéticas, visando assegurar a estabilidade ambiental e a mitigação das mudanças climáticas. Prova disso, de 2016 a 2021, Angola aumentou cerca de 14% de produção energética a partir das energias renováveis e supre 61% de toda carga energética do país (IRENA, 2024).

A iluminação pública é um fator essencial para o bem-estar das populações. Desta feita, prover uma central a partir de fonte limpa pode solucionar diversos problemas que a centralidade tem enfrentado, como a insegurança pública, a criminalidade e/ou vandalismo, a visibilidade inadequada nas ruas e o impedimento do acesso noturno aos locais de lazer (Leite & Alves, 2023, p. 8228-8236). Assim, com a intenção de satisfazer os anseios da comunidade nos níveis socioeconômico e ambiental, faz-se necessário o presente projeto.

O projeto desta central fotovoltaica tem impacto positivo no desenvolvimento técnico e teórico da energia fotovoltaica, uma vez que constitui uma das energias mais aproveitada. Neste contexto, uma central constitui uma inovação, por possuir diversas aplicações práticas, técnicas, socioeconômicas e ambientais, além de concorrer para aplicabilidade da transição energética que se impõe hoje (Grijó, 2014, p.28-28)

Estas aplicabilidades no seu todo, visam, a geração de emprego, a redução das emissões poluentes, a diversificação da matriz energética em Angola e, sobretudo, visam incentivar os investimentos nesta fonte, já que o município de Moçâmedes apresenta potencial solar elevado, (ALER, 2022). Contudo, com este projeto, não só o problema relacionado à iluminação sazonal noturna se viria resolvido, como forneceria um aparato teórico com bases para reflexões mais científicas e com uma metodologia científica.

A solução do problema de iluminação pública pela manutenção corretiva, não tem sido eficaz uma vez que Tsshara (2024) ressalta que a falta de energia transporta diversos problemas, como por um lado, as questões de burocracias para se resolver o problema e, por outro, o constrangimento de corte parcial de energia no período de manutenção, que tem sido em horas de produtividade.

A presente investigação justifica-se pela necessidade de concorrer para a aplicabilidade de ações energéticas para a proteção ambiental, visadas nos acordos internacionais que Angola tem ratificado. Com efeito, o presente artigo possibilita o aproveitamento da energia fotovoltaica para iluminação pública.

Por isso, constitui um projeto de aplicação prática, ao analisar e descrever as literaturas atuais sobre a energia fotovoltaica, assentada ao alcance do objetivo geral que consiste em desenvolver um projeto de central de energia solar fotovoltaica para iluminação pública e específicos que consistem em descrever os principais componentes de centrais fotovoltaicas e dimensioná-la.

Assim, ao longo das abordagem encontram-se apresentada de forma abreviada os seguintes conceitos:

- IEES- Ideal Estudos e Soluções Solares
- IRENA- International Renewable Energy Agency
- IRSEA- Instituto Regulador dos Serviços de Electricidade e de Água
- PRODEL- Empresa Pública de Produção de Eletricidade
- ALER- Associação Lusófona de Energias Renováveis
- PVGIS- Photovoltaic Geographical Information System

Contexto teórico sobre energia solar fotovoltaica

(i) Energia Solar fotovoltaica e a sua caracterização em Angola

A energia solar é uma energia renovável proveniente da luz e do calor do sol. No seu aproveitamento, são utilizados módulos solares, que quando posicionadas em direção ao sol, produzem uma energia inesgotável... (Soares & Santos, 2020). Os sistemas fotovoltaicos podem ser isolados (offgrid) e ligados à rede (ongrid).

Angola apresenta um potencial solar avaliado em 55GW, bastante próximo da África do Sul e Califórnia (ALER, 2022, p. 134). Deste potencial, mais de 405GWh (2%) são fornecidos à rede elétrica desde 2022, aproximadamente 10% em relação às energias renováveis. Contudo, o país pretende alcançar 1GW, até 2027 no seu Plano de Ação de 2017 (IRENA, 2024).

(ii) Incidência da radiação solar sobre a terra e radiação incidente sobre os módulos

A radiação que o sol emite da sua coroa, proveniente da sua temperatura, é enorme. Este fluxo, quando medido na proximidade da atmosfera terrestre, vale 1367W/m^2 , valor que constitui a constante solar. Este valor, em relação ao raio da terra, pode proporcionar uma potência total de 174mil TW. Deste valor, cerca de 46% são absorvidos ou refletidos pela atmosfera, e, dos restantes 54%, 7% são refletidos e 47% são absorvidas, dispondo de uma potência total na superfície terrestre 94mil TW. A radiação solar pode ser Radiação devido albedo, Radiação Global e Radiação Total. (Pinho & Galdinho, 2014). Já para Pereira (2022) pode apresentar-se como Radiação Direta, Radiação Difusa, Radiação Refletida.

Em função das variadas perdas de potência do fluxo na atmosfera terrestre, decorrentes das dificuldades, das radiações de albedo, difusa, direta e das condições atmosféricas, a radiação incidente na superfície terrestre faz-se 1000W/m^2 . Esta radiação torna-se o valor padrão usado no dimensionamento de sistemas fotovoltaicos (Ovelha, 2017).

(iii) Principais componentes de uma central fotovoltaica

O aproveitamento da energia solar fotovoltaica vem crescendo. Por isso, definem-se projetos com dimensão e caraterística da central fotovoltaica, que segundo Madeira (2022, p.

44), “são sistemas de produção de energia de grande porte, constituído por componentes como módulos, inversores, baterias, controladores, transformadores de tensão, cabos e dispositivos de proteção e controle.

- **Módulo fotovoltaico:** é um componente constituído por um conjunto de células solares interligadas, responsáveis por converter a energia solar em eletricidade... (Mariano & Urbanetz, 2022). Sendo assim, para atingir cargas elevadas, a ligação das células nos módulos deve ser em série para elevar a tensão e em paralelo para elevar a corrente. Os módulos fotovoltaicos possuem uma garantia de 25 anos ou mais fazendo com que sejam fabricados para serem resistentes às adversas condições climáticas (Madeira, 2022).

Os módulos fotovoltaicos produzem eletricidade em corrente contínua (CC). Assim, em função da tecnologia utilizada e do arranjo das células, o módulo fotovoltaico possui parâmetros elétricos, térmicos e características específicas (Granja, 2017). Estes parâmetros e características podem apresentar-se como as correntes de curto-círcuito (Isc) e de máxima potência (Imp), as tensões de circuito aberto (Voc) e de máxima potência (Vmp) e o ponto de máxima potência (MPP), (IESS, 2019).

As tecnologias dos módulos fotovoltaicos podem ser caracterizadas, segundo Granja (2017); (Mariano & Urbanetz, 2022) e Azambuja (2022) como: tecnologia de células de Silício Monocristalino, com eficiência de 14%, 17%, 20% ou mais; tecnologia de células de Silício Policristalino, com eficiência de 13 e 15%; Células de película de filmes fino, com 6 a 11% e Células de Multijunção a-Si/ μ c-Si, com 8, 9% ou 35% quando composta com outros elementos.

Neste contexto, para a escolha de uma tecnologia, Mariano e Urbanetz (2022) enfatizam que se deve considerar características e fatores dependentes do projeto. Dentre eles, a eficiência, os aspectos arquitetônicos e a área disponível.

- **Inversores fotovoltaicos:** são dispositivos constituídos por sistemas de controle de corrente, de detecção de ilhamento, de sincronismo e de MPPT (Maximum Power Point Tracking). Estes dispositivos têm como função a conversão da corrente contínua produzida pelos módulos em corrente alternada, ... (Azambuja, 2022).

Os inversores, conforme Nogueira (2023, citado por Barreto, 2024), podem ser Inversores centrais (fileira) e Inversores modulares (microinversores). Desta feita, para Granja (2017) os seus parâmetros são o rendimento, potência nominal e potência máxima em corrente contínua (DC), potência nominal e máxima potência em corrente alternada (AC), fator de potência, potência de ligação e desligação, potência em stand-by e modo noturno, tensão nominal DC e AC, intervalo de tensão MPP (Ponto de Máxima Potência), tensão máxima DC, tensão de desligamento, corrente nominal e máxima (DC), taxa de distorção harmônica, nível de ruído e intervalo de temperatura.

- **Baterias Fotovoltaicas:** a produção de energia nos sistemas fotovoltaicos não é contínua, por isso, há necessidade de armazenar energia em baterias, já que os módulos apenas produzem energia durante o dia. Esta função, releva a grande importância nos sistemas fotovoltaicos. Os seus parâmetros são a capacidade da bateria, corrente máxima de carga e descarga, tensão de carga e descarga, profundidade de descarga e vida útil (Pinho & Galdinho, 2014, p.163-175).

Para determinada necessidades de tensão ou corrente as baterias conectam-se em série e/ou paralelo. As baterias a utilizar devem, segundo Fadiga (2004), atender aos ciclos rasos a cada dia e ciclos profundos por vários dias ou semanas, apresentar elevada vida cíclica

para descargas profundas; pouca manutenção; elevada eficiência de carregamento; capacidade de permanecer descarregada; baixa autodescarga; mínima mudança de desempenho, ao trabalhar fora da temperatura de operação; disponibilidade dos fornecedores e custo considerável e densidade de energia.

- **Controladores de cargas:** são equipamentos que controlam o fluxo de potência entre o sistema de geração e o sistema de armazenamento. Esses dispositivos protegem a bateria contra sobrecargas e descargas, impedem que ela continue carregando ao atingir seu limite de carga e fique abaixo do limite recomendado, a partir do monitoramento da tensão em seus terminais (Oliveira, 2023).

Desta forma, IEES (2019) ressalta que os controladores controlam os valores da tensão, protegem contra a inversão de polaridade, curto-circuito.... Eles classificam-se em controladores Paralelo ou Shunt que evitam correntes inversas e série, que interrompe o fornecimento às cargas extremas quando a bateria atinge o limiar de profundidade de descarga e MPP que baixa a tensão do gerador devido à diminuição da incidência solar, inviabilizando a produção de energia Granja (2017).

Já na visão de Mariano e Urbanetz (2022) e Oliveira (2023), classificam como controladores On/Off que abre e fecha, quando a tensão do conjunto de baterias chega a valores pré-determinados; controladores PWM (Modulação por Largura de Pulso) que controla a tensão, através do controle de modulação por largura de pulso e Controladores MPPT que rastreiam o ponto de máxima potência dos módulos.

- **Dispositivos de proteção:** os sistemas fotovoltaicos são alvos de danos devido a incidência solar. Neste contexto, para sua proteção são necessários fusíveis, disjuntores, dispositivos de proteção contra surtos (DPS), sistemas de aterramento e sistemas de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA) (Mariano & Urbanetz, 2022).
- **Transformadores:** os transformadores de tensão têm o papel de elevar ou abaixar a tensão fornecida pelos inversores a valores adequados para a distribuição, trabalhando conforme a necessidade de carga (POOR et al., 2012, citado por Barreto, 2024).
- **Cabeamentos em sistemas fotovoltaicos:** a energia produzida pelos módulos é transportada pelos condutores, que devem ser considerados com condições que atendam as especificações das instalações fotovoltaicas. Os condutores em sistemas fotovoltaicos são classificado por cabo de ligações em CC e CA (Pereira, 2021). Desta feita, em função das condições solar extremas, tensões elevadas e fatores climáticos, os condutores devem possuir características como a tensão máxima de operação, temperatura em trabalho, resistência à radiação ultravioleta (UV) e à água (Moreno, 2019).

Método

A presente investigação objetiva desenvolver uma central fotovoltaica na Centralidade da Praia Amélia cita no monicípio de Moçâmedes, Namibe, Angoa. A centralidade apresenta condições de insidência solar aproveitável para solucionar o problema de iluminação pública.

Desta feita, a caracterização elétrica, mostra que ela é alimentada pela Central Térmica, que transporta até os postos de transformação, baixa tensão na ordem de 15000V, baixada em

níveis de tensão na ordem de 380V num sistema trifásico. A caracterização econômica, mostra que ela depende de serviços externos, não consta no seu funcionamento atual, qualquer sustentabilidade econômica local, porém espaços próprios tendem a possibilitar aos empresários aberturas de empreendimentos. A centralidade possui 465 postes de iluminação distribuídos ao longo das vias principais, verificada nos arquivos e confirmada pelo critério de contagem direta. Estes postes têm 12 metros de altura, com lâmpadas de vapor Sódio com potência de 250W, que fornecem iluminação de cor alaranjada com alcance de 15 metros de raio durante 12 horas. Os postes distam um do outro em 25 metros.

A metodologia tem sua abordagem no modelo misto, isto é, quali-quantitativo que orienta o estudo nas questões tenentes ao alcance do objetivo da investigação, (Morais & Neves, 2007, p. 1-2). Assim, para coleta dos fundamentos teóricos recorreu-se à revisão bibliográfica de livros disponíveis na internet, na biblioteca e laboratório de Energias renováveis do Instituto politécnico Pascoal Luvualu de Moçâmedes.

Para obtenção da quantidade de postes de iluminação, distâncias entre os postes, raio de alcance de iluminação, cor da iluminação, medição das alturas dos postes, recorreu à observação participante e medição direta.

Para obtenção dos dados técnicos e elétricos da centralidade, recorreu-se à consulta nos arquivos físicos disponíveis na administração local e à entrevista de 15 minutos a dois (2) técnicos da administração local sobre os primeiros dois pontos do guia abaixo e 10 minutos a dois (2) engenheiros elétricos sobre os dois últimos pontos no guia abaixo.

- Dados sobre a dimensão da centralidade;
- Dados sobre o total de residências e sua tipologia;
- Dados sobre a fonte da geração de energia para centralidade e;
- Dados sobre a configuração de eletrificação local.

O dimensionamento do sistema de geração fotovoltaica para iluminação pública, foi feito mediante os parâmetros da latitude, $-15^{\circ}11'45''$ e a longitude $012^{\circ}09'07''$, que com o suporte do site da European Commission PVGIS (2024) que forneceu dados específicos da irradiação mensal direta, globais e temperaturas médias do local nos dias 12, 13 e 14 de Novembro 2024.

Assim por meio das equações 1 à 11, foram dimensionados mediante cálculos, os componentes do sistema fotovoltaico.

Equação 1

Cálculo do número de módulo a instalação (Azambuja, 2022, p. 21)

$$N_p = \frac{E_t}{HSP \cdot P_{max}}$$

N_p : Número de módulos

HSP : Hora de sol pico

E_t : Energia demandada

P_{max} : Potência do módulo

Equação 2

Cálculo da potência total do sistema (Sousa & Franco, 2018, p.54)

$$P_t = N_p \cdot P_{max}$$

P_t : Potência total a instalar

N_p : N° de módulo

P_{max} : Potência do módulo

Equação 3

Cálculo da energia total do sistema (Pinho & Galdinho, 2014, p. 328)

$$E_{GS} = P_t * HSP$$

E_{GS} : Energia total gerada

P_t : Potência total a instalar

HSP : Hora de sol pico

Equação 4

Cálculo no número de bateria em paralelo (Pinho & Galdinho, 2014, p. 313).

$$N_{bp} = \frac{C_{ts}}{C_{bat}}$$

N_{bp} : Número de bateria em paralelo

C_{ts} : Capacidade do sistema

C_{bat} : Capacidade da bateria

Equação 5

Cálculo no número de bateria em série (Pinho & Galdinho, 2014, p. 313)

$$N_{bs} = \frac{V_s}{V_b}$$

N_{bs} : Número em série

V_s : Tensão do sistema

V_b : Tensão da bateria

Equação 6

Cálculo da quantidade total de bateria da instalação (Pinho & Galdinho, 2014, p. 313).

$$N_{Total} = N_{bs} * N_{bp}$$

Equação 7

Cálculo da especificação da seção do condutor (Wate, 2023, p. 68)

$$s = \frac{0,036 * I * L}{V_t * C_t}$$

S : seção do condutor.

I : a corrente elétrica.

L : o comprimento do condutor.

V_t : Tensão do sistema.

C_t : queda de tensão, correspondente a 1%.

Os sistemas fotovoltaicos estão sujeitos a perdas, associadas à orientação e inclinação dos módulos, ao sombreamento, ao acúmulo de poeira, por cabeamentos e às perdas do módulo por temperatura (Silva, et al., 2018, p. 14; Tonolo, 2019, p. 36). Relativamente as perdas devido à temperatura e condutores, determinam-se mediante as equações 8 e 9.

Equação 8

Cálculo da perda de potência no módulo por temperatura (Teixeira & Silva, 2021, p.10).

$$P_{MPT} = (1 - (T_m - 25^\circ C) * \% P_m)$$

P_{MPT} : Potência do módulo por perda de temperatura

T_m : temperatura média local

P_m : coeficiente de potência do módulo

$25^\circ C$: Temperatura padrão de teste dos módulos

Equação 9

Cálculo da perda de potência nos condutores (Macita, 2022 p. 30)

$$P_M = \frac{2*N*L*I^2}{S*K}$$

P_M: Perdas de potência no condutores

N: Número de fileira

S: Seção do cabo

K: condutividade do material

L: Comprimento

I: Corrente elétrica

A avaliação econômica do projeto é feita mediante as equações 10 e 11.

Equação 10

Cálculo do Valor Presente Líquido (Sousa & Franco, 2018, p.44).

$$VLP = -I_0 + \sum_{n=1}^{n=N} \frac{F_{ci}}{(1+i)^n}$$

VLP: valor presente líquido.

I₀: investimento.

n: periodo analisado.

F_{ci}: Fluxo de caixa no periodo.

Equação 11

Cálculo do tempo de amortização do investimento (Sousa & Franco, 2018, p.44).

$$\text{Payback}_{\text{simpl}} = \frac{I_0}{F_{ci}}$$

Payback: tempo de amortização do investimento.

Resultados

Em função da entrevista realizada mediante os pontos do guia, constatou-se que a centralidade situa-se a pouco menos de 5 km do casco urbano, ocupa área aproximada de 1827km². Possui 2000 focos habitacionais, distribuídos nos 11 blocos, com vivendas e apartamentos na tipologia T3, possui hospital, campos polidesportivos, locais de lazer, complexo escolar, jardim de infância e Faculdade de Engenharia e Tecnologia.

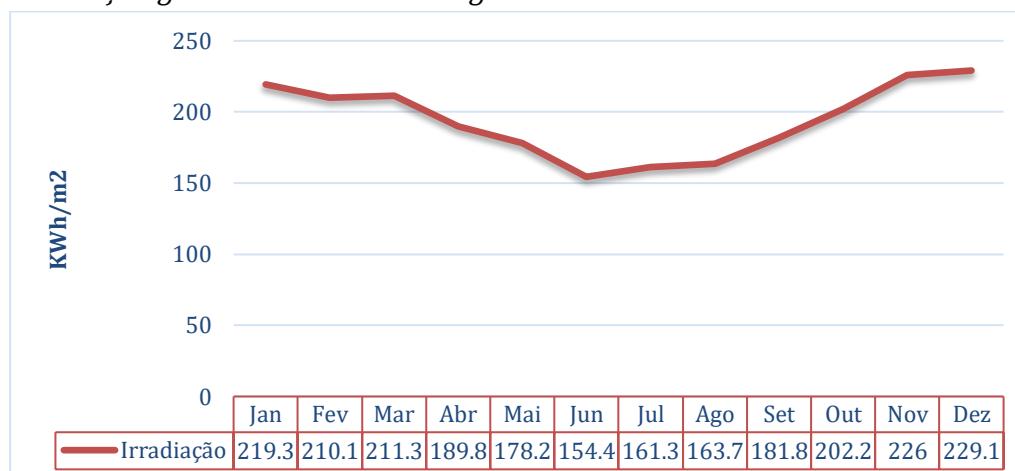
As informações das irradiações mensais globais, normal direta e temperaturas médias para dimensionamento, obtidas pelo site European Commission PVGIS (2024), são apresentadas nas figuras 1, 2,3 e 4.

Figura 1

Irradiação global mensal no ângulo igual a latitude

Nota. Irradiação mensal em ângulo igual 15^0 , elaborado com base nos dados de European Commission PVGIS (2024).

Conforme a figura 1, a irradiação global mensal com módulos inclinados a 15^0 fornece irradiações com máximo de 2016 kWh/m^2 em março e mínimo de 179 kWh/m^2 em agosto. Esta, mostra uma elevação de janeiro a março, uma queda de abril a maio, um baixar em junho, uma elevação em julho e depois de uma queda em agosto, crescendo até novembro, para uma queda ligeira em dezembro. Assim, verifica-se que agosto é o mês crítico. Dividindo sua radiação mensal pelos dias do mês, obtém-se a média diária de $5,78 \text{ kWh/m}^2/\text{dia}$, usado para o dimensionamento.

Figura 2*Irradiação global horizontal no ângulo ótimo.*

Nota. Esta mostra-se Irradiação mensal em ângulo ótimo, elaborado com dados European Commission PVGIS (2024).

Na figura 2, é possível verificar uma máxima de 229 kWh/m^2 em janeiro e uma mínima de 154 kWh/m^2 em junho. Ainda mostra um comportamento geral de irradiação decrescente de janeiro a junho e um aumento de julho a dezembro.

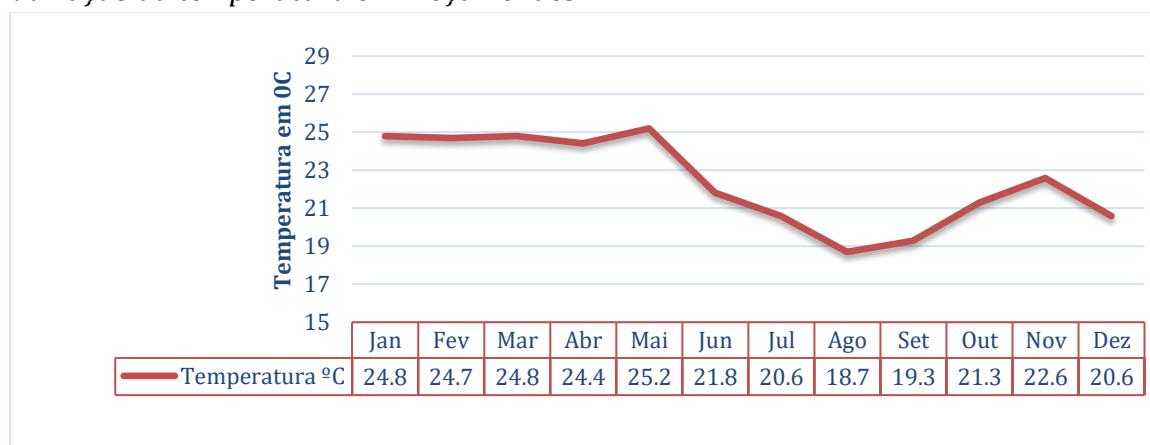
Figura 3
Irradiação normal direta



Nota. Esta figura mostra a Irradiação mensal direta, elaborado com os dados European Commission PVGIS (2024).

Na figura 3 verifica-se o máximo de 235 kWh/m² em maio, a mínima de 146 kWh/m² em agosto. O comportamento geral é de igualdade de janeiro a fevereiro, elevação de fevereiro a maio, baixa de junho a agosto, alta de setembro a novembro e uma baixa em dezembro.

Figura 4
Variação da temperatura em Moçâmedes



Nota. Esta figura mostra a temperatura diária em elaborado a partir da European Commission PVGIS (2024).

A Figura 4 mostra a temperatura com máxima de 25,2°C em maio e mínima de 18,7°C em agosto. Nesta, observa-se um crescimento de janeiro a abril, uma alta em maio, seguido dum baixa de junho a agosto, uma alta em setembro a novembro, seguida de uma baixa em dezembro.

Destes parâmetros da irradiação incidente e temperaturas médias no local, pelo site da European Commission PVGIS (2024), que dispõe irradiações direta, global e a temperatura média de Moçâmedes para dimensionamento da central fotovoltaica, foi feita as seguintes analogias das irradiações e temperaturas disponibilizadas.

Conforme apresentado na figura 1, a irradiação global no ângulo igual 15º, corresponde a uma média mensal em 209 kWh/m² e a média anual em 2504,75 kWh/m².

Já na figura 2, que apresenta a irradiação global horizontal, a média mensal é estimada em 193,92 kWh/m² e a anual em 2327,04 kWh/m².

No tocante à figura 3, apresenta-se a irradiação normal direta, na qual a média mensal corresponde a 193,42 kWh/m² e a anual a 2321,12 kWh/m².

Na figura 4, apresenta-se a média de temperaturas mensais que corresponde aproximadamente a 22,4º C.

Dimensionamento do sistema de geração fotovoltaico

Para o dimensionamento do sistema de geração, alguns dados são necessários, nomeadamente os parâmetros de consumo e as características do módulo fotovoltaicos. Estes são apresentados na tabela 1.

Tabela 1

Parâmetros de consumo e do módulo.

Carga	Nº de postes	Tempo	Energia por poste	Energia total
250W	465	12horas	3000 Wh	1.4MWh
Irradiação incidente diária do pior mês (Agosto)				5.78KWh
Potência do módulo				400W
Coeficiente de potência				-0,6%
Tensão do módulo/ Corrente do módulo				31.01V/12.90A

Nota. Parâmetros de consumo da centralidade da Praia Amélia.

Em função das especificações da tabela 1, determina-se o número de módulos a instalar pela equação 1.

$$N_p = \frac{1395000\text{Wh}}{5,78\text{h} \cdot 400\text{W}}$$

$$N_p = 603,373$$

Neste contexto, o número de módulos será de 603,3. Deste valor acrescentam-se 10%, que constituiu o fator de correção da configuração e de segurança devido às perdas de cabimento e temperatura. Logo, o número de módulos a instalar será de 664. Com efeito, o sistema não possui perdas de sombreamento, de orientação, sem perdas significativas de poeiras, pois o local de instalação é preferencialmente rochoso. Assim, é possível determinar a potência total de geração fotovoltaica e a energia gerada pelas equações 2 e 3.

$$P_t = 664 \cdot 400\text{W}$$

$$P_t = 243200\text{W}$$

$$E_{GS} = 265600\text{W} \cdot 5,78\text{h}$$

$$E_{GS} = 1535168\text{Wh}$$

Destes valores tem-se as condições de instalação, apresentadas nas descrições a seguir.

- ❖ Tensão do sistema: 600V;
- ❖ Corrente do sistema: 452A;
- ❖ Número de módulo em série: 19;
- ❖ Número de fileiras: 35;
- ❖ Número de módulo em paralelo (fileiras): 35.

Dimensionamento do controlador

Para o dimensionamento do controlador, deve-se considerar a corrente máxima que o sistema fornecerá, corrigi-la em 25% e em consonância com as especificações da bateria. Estes parâmetros são verificados na descrição abaixo.

- Corrente do sistema: 452 A
- Corrente corrigida (15%): 520 A
- Corrente de cada controlador: 200A
- Potência total dos controladores: 312000W

Dimensionamento do banco de bateria

Para fornecer a demanda de carga de iluminação em tempo considerado, o banco de bateria deverá ser dimensionado e escolhido com as características:

1. Demanda corrigida em 15%: 1604250Wh
2. Tensão da bateria escolhida: 51,2V
3. Tensão do sistema: 600V
4. Dias de autonomia: 0.5
5. Capacidade determinada do sistema: 1485,4Ah

Determinando o número de baterias em paralelo, pela equação 4.

$$N_{bp} = \frac{1485,4Ah}{410Ah}$$

$$N_{bp} = 3,6$$

Para a estabilidade do sistema, utilizam-se 4 baterias, armazenando assim uma margem superior de carga, aumentando a vida útil. Na sequência, calcula-se o número de baterias em série, pela equação 5.

$$N_{bs} = \frac{600V}{51,2V}$$

$$N_{bs} = 11,718$$

Este valor arredonda-se para 12 baterias ligadas em série. Contudo, o número total determina-se pela equação 6.

$$N_{Total} = 12 * 4$$

$$N_{Total} = 48$$

Este resultado implica que o sistema de armazenamento contará com 4 colunas em paralelo, com cada uma contendo 12 baterias em série.

Dimensionamento do inversor

Para o dimensionamento do inversor de cargas, tem-se como base a potência demandada de consumo de iluminação pública. Deste valor, considera-se um fator de correção de segurança em 25% da potência demandada. Assim, estes parâmetros são:

- Potência demandada: 116250W, que constitui o resultado do produto do número de postes 465 e a potência da lâmpada, 250 W.
- Potência corrigida em 25%: 145313W

Dimensionamento dos cabos

Os condutores estão dimensionados com base nos parâmetros da equação 7. Desta feita, considerando as especificações da mesma, tem-se as características das categorias na tabela 2:

Tabela 2

Dimensionamento dos cabeamentos.

Categorias	Distâncias (m)	Corrente (A)	Tensão (V)	Seção (mm ²)
<i>Módulos</i>	1	12.90	31.01	2.5
<i>Strings</i>	2	155	600	2.5
<i>Strings aos reguladores</i>	5	155	600	5
<i>Reguladores às baterias</i>	3	465	600	10
<i>Baterias ao inversor</i>	3	465	600	10
<i>Inversor ao quadro geral</i>	3	632	230	30

Nota. Esta tabela apresenta o dimensionamento dos cabeamentos por categorias.

Perdas ao sistema

As perdas associadas à central foram acauteladas aquando do dimensionamento. Por exemplo, os módulos estão inclinados a 15°, favorecendo a autolimpeza e orientados para o norte geográfico, pela localização sul do local. Quanto às perdas por poeira, a região apresenta condições que favorecem a inexistência de poeira e sujeiras significativas, corrigida pela inclinação e manutenção sempre que possível.

As perdas do módulo por temperatura calculam-se pela equação 8, considerando o coeficiente de potência do módulo escolhido é igual a -0,6%/°C (0,006) e a temperatura média local em 22,4°C.

$$P_{MPT} = 1 - (22,4 - 25) * (-0,006)$$

$$P_{MPT} = 0,9844$$

$$P_{MPT} = 98,44\%$$

Este resultado evidencia que o módulo, nas condições de temperatura do local, fornecerá 98,44% de sua carga máxima.

Desta feita, para a determinação das perdas nos cabos pela equação 9, serão consideradas a corrente, seção, comprimento dos cabos e considerando o cobre, como o material de que são feitos.

Perdas na ligação entre os módulos:

$$P_M = \frac{2 * 1 * 19 * 12,90^2}{2,5 * 56}$$

$$P_M = 45W$$

1- Perdas na ligação entre fileiras:

$$P_M = \frac{2 * 2 * 12 * 12,90^2}{2,5 * 56}$$

$$P_M = 457W$$

2- Perdas na ligação para os controladores:

$$P_M = \frac{2 * 5 * 1 * 155^2}{5 * 56}$$

$$P_M = 2574W$$

3- Perdas na ligação para as baterias

$$P_M = \frac{2 * 3 * 1 * 465^2}{10 * 56}$$

$$P_M = 2317W$$

$$P_M = \frac{2*5*1*155^2}{5*56}$$

$$P_M=2317W$$

Viabilidade econômica

A análise da viabilidade econômica foi baseada nos preços dos materiais na tabela 3 e nos parâmetros de produção na tabela 4.

Tabela 3

Dados da viabilidade econômica da central.

Parâmetros	Marca	Valor (KZ)	Quantidad e	Total (kz)	
Módulo	Shinefar	40.145,00	608	24.408.160	
Controlador	DM	5.291.804,00	3	15.875.412	
Inversor	ATESS	2.965.244,75	1	2.965.244,75	
Bateria	Dawnice	692.498,70	48	33.239.937,6	
Dispositivos de proteção	Disjuntor	TOMZN	1.368,57	32	43.794,24
		TOMZN	5.494,4/22.959, (2p/4p)	5/1	50.431,06
	SPD	EARU	903,26	3	2.709,78
		EARU	5.277,40	2	10.554,8
Cabeamento e conectores				100.700	
Total				76.696.944,2	
Projeto (5%)				3.834.847,21	
Instalação e manutenção (15%)				11.504.541,6	
Valor de investimento				92.036.332,8	

Nota. Esta tabela mostra os valores para avaliar a viabilidade econômica da central.

Tabela 4

Dados de produção da central fotovoltaica.

Parâmetros	Valor	Unidade
Produção diária	1.405,696	KWh
Produção Anual	513.079,04	KWh
Preço de Kwh	15,61	Kz
Fluxo de Caixa anual (F_{ci})	8.009.163,81	Kz/KWh
Valor de investimento I_0	92.036.332,8	Kz

Taxa de desconto (t)	10	(%)
Tempo de vida útil de projeto	30	Anos

Nota. Esta tabela mostra os dados de produção elétrica e económica da central.

Com base na tabela 4, calcula-se o VPL (Valor Presente Líquido), pela equação 10, que quando positivo, o projeto vê-se viabilizado economicamente.

$$VLP_{30} = -92036332,8kz + \sum_{t=30}^{t=30} 7281058,01Kz$$

$$VLP_{30} = -92036332,8kz + 30 * 7281058,01Kz$$

$$VLP_{30} = 126395407Kz$$

Ao longo dos 30 anos, o projeto vê-se valorizado, ja que o VLP é positivo. O tempo em que o projeto será amortizado pela equação 11 é:

$$Payback_{simples} = \frac{92036332,8kz}{8009163,81kz} \text{ano}$$

$$Payback_{simples} = 11,49 \text{ anos}$$

Logo, o valor de investimento será amortizado em período aproximado de 11 anos.

Discussão e conclusões

Na presente discussão, faz-se referência a comparação dos resultados deste estudo de Angola, com os projetos de Cabo Verde e Moçambique, bem como com o projeto similar do Huambo cita igualmente em Angola.

Angola, Cabo Verde e Moçambique possuem forte dependência aos combustíveis fósseis para a produção energética. Assim, no âmbito da luta para a estabilidade ambiental, têm dado passos significativos na utilização das fontes renováveis solar e eólica (Varela, 2021; Macita, 2022).

Angola possui 2,7% de iluminação pública (IRSEA, 2022), este valor é considerado pouco, quando comparado com Cabo Verde, que apresenta 10% de iluminação pública (Varela, 2021). Este percentual baixo de desenvolvimento elétrico em iluminação abre margens a investimentos em pesquisas e projetos de iluminação, em relação à Cabo Verde.

Com efeito, o presente projeto de central para iluminação pública, é uma primeira aproximação a este investimento, podendo ser comparada com o projeto de iluminação pública na cidade de Ribeira Grande de Santiago em Cabo Verde baseada na fonte fotovoltaica, (Varela, 2021, p.53) e ao projeto de iluminação do bairro 3 de fevereiro em Maputo em Moçambique (Macita, 2022).

Desta comparação, evidencia-se uma semelhança na utilização de sistemas fotovoltaicos isolados e diferenças técnicas no dimensionamento e nas cargas para iluminação, em que o presente projeto apresenta 116250W, funcionando em 12 horas, o projeto de Cabo Verde possui potência de 11268W (9,6% da Centralidade), funcionando em 11 horas e o projeto de Moçambique com 8051 W (6,9% da Centralidade) e funcionamento em 12 horas.

Assim, o valor percentual do projeto de iluminação de Cabo Verde em 9,6% e Moçambique em 6,9%, faz do presente projeto, mais ambicioso e com um impacto positivo mais importante na diminuição dos níveis de emissões de gases poluentes e maior relevância social e económica.

Os projetos de Cabo Verde e Moçambique, embora localizados na iluminação pública, mostram claramente um olhar parcial no aproveitamento do enorme potencial em energia fotovoltaica. Assim, uma forma de apoio à diminuição dos níveis de gases poluentes seria a necessidade de projetos mais abrangentes. Por isso, em comparação, o projeto de Centralidade constitui uma central de produção, enquanto os restantes focalizam suas atenções no aproveitamento integrado aos postes de iluminação.

Outra comparação a nível do país, pode ser feita com o projeto da central fotovoltaica para o Bairro Ngongoinga no província do Huambo em Angola que apresenta-se mais abrangente e com uma carga total de 2MW (Pinto, 2024), que produz 6 % a mais, em relação ao presente projeto, pela sua cobertura total a carga do bairro.

Contudo, uma vez que Moçâmedes produz 71,8MW a partir de combustível fóssil, fornecida pelas centrais térmicas do Xitoto 2, 3 e a central do Aeroporto (PRODEL, 2025). Assim, o presente projeto, com margem de produção de 265600W no mês crítico, revela uma diminuição considerável de 0,37%.

Assim, esta diminuição em 0,37% de combustível pelas centrais térmicas, mostra um estimável valor socioeconômico no município e em Angola, uma vez que redireciona este percentual em combustível para outras finalidades, além de diminuir os níveis de gases poluentes à atmosfera e levando o país na escala de países com apostas firmes na descarbonização ambiental.

Dos valores anuais e mensais das irradiações dispostos, verifica-se que a irradiação global no ângulo igual à latitude (15^0) apresenta-se a mais bem considerável por possuir o valor mais alto entre outros valores das irradiações. Este resultado reforça a ideia de que a inclinação dos módulos, quando iguais à latitude do local, possibilita o aproveitamento energético que viabiliza economicamente os sistemas fotovoltaicos.

Esta inclinação permite ao sistema, não só um alto aproveitamento energético, como permite ao sistema uma automanutenção, baseada na autolimpeza dos módulos pela ação, resíduos e água das chuvas.

Com efeito, a temperatura média local pode satisfazer os objetivos fotovoltaicos, uma vez que, quando analisadas as curvas das temperaturas altas e baixas, é possível verificar limites não superiores a 26°C e não inferiores a 18°C .

O sistema apresenta-se propício quanto à orientação ao hemisfério norte, e por estar localizado numa área desértica e rochosa, não prevê nenhuma margem de sombreamento. Quanto às perdas significativas por poeiras, não se prevê, mas em situações que diversas, uma manutenção regular poderia acautelá-las. Outro, sim, pela inclinação $15,^0$ o efeito do acúmulo de poeira será menor, pois o módulo pode ser limpo com chuva (Silva, et al., 2018, p. 15).

Portanto, a temperatura possui grande influência na geração de energia, o seu aumento em níveis acima das condições laboratoriais 25°C , diminui os níveis de consideráveis. Assim, segundo Almeida (2012, citado por Silva, et al., 2018, p. 16), a potência do gerador fotovoltaico cai entre 0,3 e 4% a cada aumento de 1°C .

Neste contexto, em função das condições locais de temperatura, os módulos apresentam perdas na ordem de 1,6% (6W). Assim o módulo fornece uma carga significativa acima de 98% (394W) dos 400W de potência nominal.

As perdas por cabeamento em todo sistema, foram avaliadas em 7309 W. Este valor não constitui perdas que comprometam o sistema, nem a possibilidade de satisfazer a demanda. Pois constitui uma potência de 19 módulos trabalhando com potência relacionada a perda de temperatura (394W), em um sistema com demanda de 603 módulos no mês crítico e com disponibilidade de 664 módulos em geração.

O projeto apresenta viabilidade econômica, pois o investimento de 92.036.332,8Kz (92.036,33 Euro), amortiza-se em 11 anos, se comparado ao projeto de Huambo com um investimento 1.604.241.750 Kz (1.604.241,75 Euro) que se vê viabilizado em 18 anos (Pinto, 2024), já o projeto de Maputo vê-se amortizado em 9 anos (Macita, 2022, p.51), por fim, o projeto de Cabo Verde apresenta-se inviável, pois passado 25 anos, não se vê amortizado (Varela, 2021, p. 78).

A situação ambiental atual mostra-se preocupante. Esta preocupação, fruto das atividades antrópicas, torna o setor energético, baseado nos combustíveis fósseis, um dos principais vilões. Neste contexto, existe uma comunhão entre os Estados em reverter a situação pela criação de políticas energéticas públicas ou privadas baseadas nas energias renováveis. Desta forma, a escolha da fonte limpa deve basear-se num estudo profundo de análises de questões estruturantes, com foco na disponibilidade do recurso, num dimensionamento real e nos impactos social e económico da região.

O Estado angolano já deu, sim, à utilização das energias renováveis, fruto disso são os vários projetos implementados e os vários estudos de viabilização de recursos disponíveis em andamento denominados novas renováveis. Com efeito, ao cumprimento dos objetivos locais e globais, o presente artigo localiza a fonte solar como a mais viável e trata de dimensionar a central para aproveitar o enorme potencial fotovoltaico disponível em Moçâmedes (ALER, 2022).

Destas alegações pode-se concluir que a energia fotovoltaica, caracterizada pela renovabilidade diária, possui potencial que quando aproveitada com os mais atuais componentes fotovoltaico, fornece energia para satisfação das necessidades energéticas demandadas.

Noutra conclusão, a centralidade da Praia Amélia, pelas dificuldades devido a iluminação pública irregular, carece de um fornecimento auxiliar que pode advir do aproveitamento do recurso solar disponível.

Por outra, conclui-se que o dimensionamento da central foi baseado nos critérios de avaliação do recurso solar, avaliação das necessidades energéticas para iluminação e do estudo das perdas inerentes ao sistema. Portanto, o dimensionamento satisfez a demanda, pois o recurso solar é aproveitável, as necessidades foram satisfeitas e as possíveis perdas foram acauteladas, não comprometendo a geração energética em níveis adequados.

Quanto à viabilidade econômica da central, conclui-se que o VPL, por ser positivo ao longo do tempo de vida útil da central, mostra que a central é viável. Noutro, porém, o payback mostra que o projeto será amortizado num tempo aproximado de 11 anos, tempo considerável viável em sistemas de geração fotovoltaica.

Desta feita, constituem limitações importantes a sazonalidade e mudanças constantes nas informações meteorológicas, o que pode ter um impacto muito importante nos parâmetros de irradiação.

Outra limitação consiste na possibilidade de implementação do presente projeto, visto que qualquer projeto de central fotovoltaica acarreta inicialmente um gasto econômico elevado. Este fato faz com que muitas vezes não seja financiado, principalmente em um país dependente maioritariamente do petróleo para geração mais imediata de energia.

Outra limitação para implementação são as diferenças significativas no seu estado de governo. O que retarda as perspectivas energéticas embrionárias da utilização das energias renováveis com enfoque fotovoltaico. Outra limitação é o custo de eletricidade em Angola, considerado muito baixo, o que faz com que os projetos levem mais tempo para viabilização.

Algumas destas limitações foram acauteladas, principalmente as possíveis variações nos níveis de irradiação e os possíveis níveis de poeira. Estas limitações mostram-se pouco relevantes, pois a região apresenta condições meteorológicas propícias e que com a margem de segurança considerada no dimensionamento pode-se ultrapassar essas limitações. Igualmente quanto à análise econômica, a central apresenta-se viável, portanto, financiável, pois, conforme Pinho e Galdinho (2014, p. 477), os projetos fotovoltaicos têm uma vida útil de 25 anos de funcionamento normal, podendo alcançar 30 anos.

Contudo, o presente projeto abre visão abrangente a outros projetos futuros. Desta feita, perpetua-se futuramente que projeto de uma central híbrida renovável (solar, eólica), que pudesse abastecer todas as cargas da centralidade poderia apoiar e dar continuidade a este projeto de investigação.

Agradecimientos

Agradeço primeiramente a Deus todo-poderoso, por me dar o fôlego vital, no qual assenta toda minha força e sabedoria.

Agradeço à minha mulher, Luciana Micayela Tomás Abel, por me ajudar e acompanhar nos trilhos científicos e aos meus filhos, Judith Abel e Eliezer Abel, por constituírem a minha inspiração.

Conflictos de intereses

O artigo é de propriedade integral do autor que delineou todas as atividades individualmente e não há nenhuma ligação com outros autores.

Referências

- Azambuja, A. V. R. (2022). *Estudo e projeto de um sistema fotovoltaico para a casa do estudante* [Monografia de licenciatura, Universidade Federal da Grande Dourados]. Repositório Institucional UFGD. <http://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/handle/prefix/5027>
- Associação Lusófona de Energias Renováveis (ALER). (2022). *Energias renováveis em Angola: Relatório nacional do ponto de situação*. https://www.aler-renovaveis.org/contents/activitiesdocuments/aler-relatorio-angola_9528.pdf
- Barreto, F. J. (2024). *Planeamento centrado na manutenção de usinas fotovoltaicas: Uma abordagem visando a eficiência* [Monografia de licenciatura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul]. LUME Repositório Digital. <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/274163>
- European Commission, Joint Research Centre. (2024). *Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS)* [database]. https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/
- Fadigas, E. A. F. A. (2004). *Energia solar fotovoltaica: Fundamentos, conversão e viabilidade técnico-econômica*. GEPEA – Grupo de Energia, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. <https://pt.slideshare.net/alferreira/apostila-energia-solar-fotovoltaica-fundamentos-converso-e-viabilidade-tcnicoeconmica>
- Granja, A. V. C. (2017). *Estudo e otimização de uma central fotovoltaica de 1 MW* [Dissertação de mestrado, Universidade do Porto]. Repositório Aberto. <https://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/102539>
- Grijó, M. T. S. P. M. (2014). *O impacto da produção de energia solar fotovoltaica no crescimento económico: Casos da Alemanha, Espanha, França, Itália, Portugal e Reino Unido* [Dissertação de Mestrado, Universidade do Porto]. https://sigarra.up.pt/fep/pt/pub_geral.show_file?pi_doc_id=26943
- Ideal Estudos e Soluções Solares (IESS). (2019). *Guia de boas práticas em sistemas fotovoltaicos*. IESS. https://cooperacaobrasil-alemanha.com/SEF/Guia_de_Boas_Praticas_Sistemas_Fotovoltaicos.pdf
- Instituto Regulador dos Serviços de Electricidade e de Água (IRSEA). (2022, 14–15 de dezembro). *Transição para energias limpas e renováveis*. Conferência Anual da RERA, Palmeiras Suites Hotel, Luanda, Angola. <http://www.irsea.gov.ao/wp-content/uploads/2023/02/Eng-Joao-Pacata-Fernandes-Iniciativas-Estrategicas-de-Energias-Renovaveis-em-Angola-Politicas-Plano-Nacional-PND-Angola-2025.pdf>
- International Renewable Energy Agency (IRENA). (2024). *Country indicators and SDGs: Energy profile Angola*. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Statistics/Statistical_Profiles/Africa/Angola_Africa_RE_S_P.pdf
- Leite, E. D., & Alves, W. F. (2023). Iluminação pública: sua relevância para a segurança e qualidade de vida do cidadão. *Revista Contemporânea*, 3(7), p.8223-824. <https://doi.org/10.56083/RCV3N7-046>
- Lemba, I., Ferreira, D. M., & Robaina, M. (2021). Electric energy planning in Namibe, Angola: Inserting renewable energies in search of a sustainable energy mix. *Journal of Energy in Southern Africa*, 32(4), 69–86. <https://www.researchgate.net/publication/357007321>
- Losekann, L., & Botelho, F. T. (2019). *Política energética no BRICS: Desafios da transição energética*. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/211446/1/167178071X.pdf>

- Madeira, O. U. (Coord.). (2022). *Relatório de estudo de pré-viabilidade ambiental e definição de âmbito EPDA: Projeto de construção e operação de uma central solar fotovoltaica de 40 MWp*. Manje. https://proler.gov.mz/wp-content/uploads/2022/04/Manje_EPDA_27032022.pdf
- Macita, D. E. (2022). *Optimização da iluminação pública utilizando sistema fotovoltaico em um lote do bairro 3 de fevereiro* [Monografia de licenciatura, Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane]. <http://monografias.uem.mz/jspui/bitstream/123456789/2669/1/2022%20-Macita%20Dan%20Eug%a9nio.pdf>
- Mariano, J. D., & Urbanetz, Junior, J. (2022). *Energia solar fotovoltaica: Princípios fundamentais*. Atenas Editora. <https://doi.org/10.22533/at.ed.752221803>
- Morais, A. M., & Neves, I. P. (2007). Fazer investigação usando uma abordagem metodológica mista. *Revista Portuguesa de Educação*, 20 (2), 75-104 (2007). https://repositorio.ulisboa.pt/bitstream/10451/4392/1/Morais%20A%20M%20&%20Neves%20I%20P_Fazer%20Investigacao.pdf
- Moreno, H. (2019). *Cabos elétricos para instalações fotovoltaicas*. Scribd. <https://pt.scribd.com/document/440706225/Cabos-Eletricos-Para-Instalacoes-Fotovoltaicas-Hilton-Moreno-COBRECOM>
- Oliveira, M. S. (2023). *Desenvolvimento de sistema de monitoramento e gerenciamento para microgeradores residenciais dotados de geração solar fotovoltaica e sistema de armazenamento de energia por bateria* [Monografia de licenciatura, Universidade Federal de Pernambuco]. Repositório Institucional UFPE. <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/50259>
- Ovelha, R. M. R. V. (2017). *Projeto, dimensionamento e instalação de solução fotovoltaica numa moradia off-grid* [Dissertação de mestrado, Universidade de Lisboa]. Repositório ULisboa. <https://repositorio.ulisboa.pt/handle/10451/31733>
- Pereira, A. J. S. (2022). *Concepção de uma central fotovoltaica* [Dissertação de mestrado, Universidade do Minho]. Repositório Institucional UMinho. <https://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/83389>
- Pinho, J. T., & Galdino, M. A. (2014). *Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos*. CEPEL. https://cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf
- Pinto, V. P. (2024). *Implementação de uma central fotovoltaica para o bairro de Ngongoinga, município do Huambo* [Monografia de licenciatura, Instituto Superior Politécnico de Caála]. https://sigiisp.ispcaala.com/_repositorio/Arqui_VITORINA%20PAULINA%20PINTO_273fe7cdf5e51456d96255d937e1dce0.pdf
- Empresa Pública de Produção de Eletricidade (PRODEL). (2025). *Produção Térmica em Angola*. <https://www.prodel.co.ao/o-que-fazemos/producao-termica>
- Silva, P. H. T., Florian, F., & Pestana, F. A. B. (2018). *Estudo de perdas em sistemas fotovoltaicos*. Universidade de Araraquara. https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/artigo_pedrohenriquetronco_04dez2018.doc_3.pdf
- Soares, D. O., & Santos, M. G. C. dos. (2020). *Possíveis benefícios da utilização do sistema de energia solar fotovoltaica para a sustentabilidade ambiental*. *Anais do Fórum Regional de*

Administração,

87-107.

https://www.unirios.edu.br/eventos/forumadm/anais/arquivos/2020/possiveis_beneficios_da_utilizacao_do_sistema_de_energia_solar.pdf

Sousa, C. P., & Franco, T. A. S. (2018). *Projeto e instalação de um sistema fotovoltaico residencial conectado à rede de distribuição* [Monografia de licenciatura, Universidade Federal do Paraná – Campus Curitiba]. Repositório Institucional UFPR. <https://www.eletrica.ufpr.br/p/arquivostccs/493.pdf>

Teixeira, V. A., & Silva, O. (2021). *Sobre as perdas de potência em painéis fotovoltaicos: Uma abordagem à luz das teorias físicas dos semicondutores*. Instituto Federal de Pernambuco. <https://repositorio.ifpe.edu.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/985/Sobre%20as%20perdas%20de%20pot%C3%A1ncia%20em%20pain%C3%A9is%20fotovoltaicos%20Uma%20abordagem%20%C3%A0%20luz%20das%20teorias%20f%C3%ADsicas%20dos%20semicondutores.pdf>

Tonolo, E. A. (2019). *Análise dos fatores de perdas nos sistemas fotovoltaicos da UTFPR campus Curitiba* [Dissertação de mestrado, Universidade Tecnológica Federal do Paraná]. <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/4664>

Tsshara, (19-Junho de 2024). *9 problemas causados pela falta de energia elétrica*. <https://tsshara.com.br/blog/falta-de-energia/9-problemas-causados-pela-falta-de-energia-eletrica-e-como-resolver/#:~:text=4.-,Interrup%C3%A7%C3%A3o%20de%20Servi%C3%A7os%20Essenciais,sistemas%20de%20seguran%C3%A7a%20e%20comunica%C3%A7%C3%A3o%20A3o.>

Uczai, P., & Tavares, W. M. (Coord.). (2012). *Energias renováveis: Riqueza sustentável ao alcance da sociedade* (Série Cadernos de Altos Estudos, nº 10). Edições Câmara. <https://www2.camara.leg.br/a-camara/estruturaadm/altosestudos/pdf/energias-renovaveis-riqueza-sustentavel-ao-alcance-da-sociedade>

Varela, E. L. (2021). *Sistemas autónomos de iluminação pública com energias renováveis em Cabo Verde* [Dissertação de mestrado, Universidade do Algarve]. <https://sapientia.ualg.pt/server/api/core/bitstreams/2bc6a6ea-d3b3-49f1-af7e-84c5652bd7c4/content>

Wate, E. V. (2023). *Dimensionamento de sistema fotovoltaico para fornecimento de energia elétrica à empresa Sumol+Compal Moçambique SA* [Monografia de licenciatura, Universidade Eduardo Mondlane]. <http://monografias.uem.mz/bitstream/123456789/3992/1/2023%20-Wate%20Eduardo%20Vasco.pdf>