

## Valoración educativa de geositios en Perú: Una metodología replicable en América Latina y el Caribe

### *Educational evaluation of geosites in Peru: A replicable methodology in Latin America and the Caribbean*

Sandra Paula Villacorta Chambi<sup>1,2,\*</sup> , Nicanor Prendes<sup>3</sup> , César Chacaltana<sup>1,4</sup> ,  
Almudena Sánchez de la Muela<sup>5</sup> , Rubén Romero Mayma<sup>6</sup> 

<sup>1</sup> Grupo Peruano de la Asociación Internacional de Ingeniería Geológica y Ambiental. Piura, Perú.

<sup>2</sup> University of Western Australia. 35 Stirling Hwy, Crawley WA 6009, Australia.

<sup>3</sup> Ministerio de Industria y Turismo. P. de la Castellana, 160, Chamartín, 28046 Madrid, España.

<sup>4</sup> Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico. Av. Canadá 1470, San Borja, Lima, Perú.

<sup>5</sup> Thriving Earth Exchange, American Geophysical Union. 2000 Florida Ave. NW, Washington, DC 20009, Estados Unidos de América.

<sup>6</sup> Universidad Nacional de Ingeniería. Av. Túpac Amaru 210, Rímac, 15333, Lima, Perú.

\* Autor para correspondencia:  
(S. Villacorta) [sandra.villacorta@uwa.edu.au](mailto:sandra.villacorta@uwa.edu.au)

#### Cómo citar este artículo:

Villacorta, S., Prendes, N., Chacaltana, C. y Sánchez de la Muela, A. (2026). Valoración educativa de geositios en Perú: Una metodología replicable en América Latina y el Caribe. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 78(1), A071125. <https://doi.org/10.18268/BSGM2026v78n1A071125>

Manuscrito recibido: 1 de mayo, 2025.  
Manuscrito corregido: 10 de septiembre, 2025.  
Manuscrito aceptado: 24 de septiembre, 2025.

La revisión por pares es responsabilidad de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

## RESUMEN

El geopatrimonio y los geositios son recursos clave para la educación cívica, la sensibilización ambiental y la comprensión territorial, especialmente en América Latina y el Caribe (ALAC), regiones de excepcional riqueza geológica pero con limitada institucionalización de la geoconservación. En Perú, pese a avances como el Geoparque Mundial UNESCO del Colca, persiste una débil articulación entre patrimonio geológico y sistemas educativos. En este estudio se adapta una metodología internacional de valoración funcional de geositios al contexto peruano, generando un instrumento práctico, replicable y escalable para entornos con recursos institucionales limitados. El enfoque multicriterio evalúa siete variables funcionales, incluyendo público objetivo, accesibilidad, diversidad paisajística y potencial educativo, y se orienta a dimensiones educativa y geoturística. La evaluación se aplicó a cinco geositios representativos: Cordillera Negra, Pongo de Rentema, Canteras de Añashuayco y andenes del valle del Chili, Nevado Coropuna y Georuta Miraflores–Huaquis, complementada con validación interdisciplinaria mediante el modelo “8G” y consenso experto tipo Delphi. Los resultados evidencian el alto potencial educativo de estas áreas y destacan la utilidad de integrar la valoración geológica en la enseñanza de las geociencias. Se identifican retos futuros, como ampliar la validación regional, sistematizar criterios educativos y fortalecer la colaboración con comunidades y gestores locales, contribuyendo a una geoconservación más efectiva y socialmente apropiada en ALAC.

**Palabras clave:** geopatrimonio, geoturismo, sitios geológicos, valor educativo, valor cultural, geoética.

## ABSTRACT

*Geosites and geoheritage are key resources for civic education, environmental awareness, and territorial understanding, particularly in Latin America and the Caribbean (LAC), regions of exceptional geological richness but limited institutionalization of geoconservation. In Peru, despite advances such as the UNESCO Global Geopark of Colca, a weak integration persists between geological heritage and national educational systems. This study adapts an international methodology for the functional assessment of geosites to the Peruvian context, producing a practical, replicable, and scalable tool for settings with limited institutional resources. The multicriteria approach evaluates seven functional variables, including target audience, accessibility, landscape diversity, and educational potential, focusing on educational and geotouristic dimensions. The assessment was applied to five representative geosites: Cordillera Negra, Pongo de Rentema, Añashuayco ashlar quarries and terraces in the Chili Valley, Nevado Coropuna, and Georuta Miraflores–Huaquis, complemented by interdisciplinary validation using the “8G” model and expert consensus via a modified Delphi process. Results highlight the high educational potential of these sites and underscore the value of integrating geoheritage assessment into geoscience teaching. Future challenges include expanding regional validation, systematizing educational criteria, and strengthening collaboration with local communities and managers, contributing to more effective and socially embedded geoconservation across LAC.*

**Keywords:** geoheritage, geotourism, geosites, educational value, cultural value, geoethics.

## 1. Introducción

En América Latina y el Caribe (ALAC), la geoconservación aún no ocupa un lugar central en la planificación territorial ni en las estrategias de desarrollo sostenible. Aunque países como Brasil, México, Colombia, Argentina y Perú han logrado avances significativos en la gestión del geopatrimonio y en la creación de geoparques, la mayoría de geositos de la región continúa siendo gestionados de manera informal por comunidades locales, sin un respaldo institucional sostenido, ni una articulación efectiva con políticas públicas (González-Mantilla y León, 2020). Esta situación refleja una brecha entre la responsabilidad institucional y la apropiación social del patrimonio geológico, limitando su aprovechamiento educativo, turístico y su contribución al desarrollo territorial sostenible.

Diversas investigaciones han impulsado la valoración del geopatrimonio en la región (Medina et al., 2022; Ríos et al., 2020; Carrión-Mero et al., 2022; Quesada-Román y Pérez-Umaña, 2020; Kuhn et al., 2022; Garcia et al., 2022); sin embargo, muchas áreas geológicamente relevantes permanecen subvaloradas o poco integradas a los procesos educativos y comunitarios. Los Geoparques Mundiales de la UNESCO han demostrado el potencial de estos espacios como catalizadores de educación, identidad territorial y participación comunitaria, como evidencian los casos del Geoparque Araripe (Brasil) y el Geoparque Mixteca Alta (México) (Carvalho et al., 2021; Orozco-López, 2020; UNESCO, 2024). Aun así, en gran parte de la región ALAC, la apropiación social del geopatrimonio sigue siendo desigual, lo que restringe su incorporación plena en la educación formal, el turismo responsable y la gestión sostenible del territorio.

Los geositos, entendidos como lugares que concentran elementos y procesos geológicos de valor singular, constituyen una herramienta clave para la transferencia de conocimientos geocientíficos y la promoción de una cultura ambiental crítica (Arrad et al., 2020; Fernández-Álvarez, 2020; Brocx y Semeniuk, 2016). En el contexto peruano, el Instituto Geológico, Mínero y Metalúrgico (INGEMMET)

los define como áreas representativas de la historia geológica del país, con valor científico, turístico y educativo (Zavala et al., 2015). Si bien los geoparques ofrecen un marco formal para la protección y gestión de estos sitios, los geositos poseen valor educativo y cultural intrínseco, incluso fuera de dichos marcos institucionales, lo que permite su estudio y uso didáctico en contextos con limitada infraestructura de geoconservación (Farsani et al., 2017; Garcia et al., 2022).

El presente estudio, enmarcado en las iniciativas del Grupo Peruano de la Asociación Internacional de Ingeniería Geológica y Ambiental (IAEG Perú), responde a esta necesidad mediante la adaptación de una metodología práctica y replicable para la valoración preliminar de geositos con potencial educativo, especialmente en contextos con recursos institucionales limitados. A diferencia de los métodos orientados a la declaratoria de geoparques, esta propuesta ofrece una herramienta accesible para docentes, investigadores y gestores locales, que facilita la identificación y priorización de sitios útiles para la enseñanza de las geociencias. La metodología, basada en la propuesta de Mikhailenko y Ruban (2023), considera criterios funcionales como accesibilidad, visibilidad, diversidad geológica, valor paisajístico y uso educativo, integrando una perspectiva pedagógica y territorial. Este modelo se ha aplicado a un conjunto de áreas geológicas del Perú que reúnen condiciones favorables para la educación geocientífica, sin pretender sustituir los inventarios oficiales, sino complementarlos con una mirada educativa que promueva el uso didáctico del geopatrimonio en contextos curriculares y extracurriculares. Asimismo, se plantea como una herramienta extrapolable a otros países de ALAC, contribuyendo al fortalecimiento de la geoeducación y al desarrollo territorial sostenible en la región.

## 2. Geopatrimonio y geositos en Perú

Perú presenta una excepcional geodiversidad como resultado de los procesos de tectogénesis andina. Esta dinámica tectónica ha dado lugar a una compleja

historia geológica que se manifiesta en volcanes activos, cinturones metalogénicos, valles glaciares, terrazas estructurales y otros rasgos, formaciones o entidades geológicas de interés científico, educativo y turístico (Jaillard et al., 2000). Además, Perú se ubica entre los diez países megadiversos del mundo gracias a la interacción entre sus ecosistemas andinos, amazónicos y costeros, lo cual aporta una riqueza geológica y biocultural sin precedentes (Rangel et al., 2018). El conocimiento sistemático de esta riqueza se inició con los trabajos del naturalista y geodesta La Condamine (Macera-Dall’Orso, 1976). Posteriormente, fue ampliado por Alexander von Humboldt (1769-1859) y por el sabio francés Alcide D’Orbigny (1802-1857), quien emprendió su viaje a América Meridional (1826-1833) después de las guerras independentistas y realizó una contribución fundamental mediante un inventario zoológico, botánico, geológico y paleontológico (Chacaltana y Tejada-Medina, 2025). A partir del siglo XXI, diversos autores han discutido la necesidad de integrar también sitios arqueológicos en la noción de geopatrimonio, especialmente aquellos que evidencian una estrecha relación entre la ocupación humana temprana y el entorno geológico (Reynard y Giusti, 2018; Martínez-Graña et al., 2019). En Perú, este enfoque adquiere relevancia particular: yacimientos como Paccaicasa (Ayacucho), Chivateros (Lima) y Lauricocha (Huánuco) constituyen ejemplos paradigmáticos de interacción entre las primeras poblaciones andinas y una geodiversidad singular. La valorización de estos espacios demanda un enfoque integral que considere no solo sus características físicas, sino también su contexto cultural e histórico (Cárdenas-Manzaneda et al., 2022). Desde esta perspectiva, iniciativas recientes han propuesto un abordaje interdisciplinario para la evaluación del patrimonio geológico y cultural, como es el caso del proyecto de geoparque en el Valle Sagrado de los Incas. Esta propuesta no sólo sistematiza el inventario geológico de la zona, sino que también reconoce su valor educativo, turístico y simbólico, reforzando la idea de su inclusión como parte del geopatrimonio nacional (Suarez-Calderón y Huaman-Huillca, 2024).

A nivel institucional, el INGEMMET lidera el Programa Nacional de Geopatrimonio, que hasta 2022 había registrado más de 450 geositios en distintas regiones del país (Figura 1), abarcando áreas naturales protegidas, sitios históricos y zonas de interés turístico (Zavala et al., 2015; Cárdenas-Manzaneda et al., 2022). Entre sus iniciativas destacan las propuestas para la creación de museos de sitio orientados a conservar y divulgar materiales arqueológicos, geológicos y paleontológicos, promoviendo la investigación sobre la historia geológica regional y la valoración de minas y monumentos con relevancia internacional, como los cañones del Colca y Cotahuasi —considerados entre los más profundos del planeta—, la cuenca paleontológica de Ocucaje, los afloramientos con icnitas jurásicas del Grupo Yura y los fósiles del Paleozoico en Puno (Zavala, 2016). No obstante, dichos esfuerzos permanecen focalizados en territorios específicos y aún no forman parte de una estrategia nacional que integre el patrimonio geológico en los sistemas educativos, tanto a nivel escolar como universitario.

A la fecha, el único geoparque reconocido por la UNESCO en Perú es el geoparque del Colca y los volcanes de Andagua (Arequipa), inscrito en 2019. En este geoparque destaca el Cañón del Colca (Figura 2), uno de los más profundos del planeta, con 4160 metros de profundidad, contrastando con los cerca de 35 conos monogenéticos del valle de los volcanes (Gañás et al., 2022). Entre las atracciones del geoparque están el Nevado Mismi, donde nace el río más caudaloso del mundo, el Amazonas; la laguna de Mamacocha, considerada uno de los más grandes manantiales en el mundo; el volcán activo Sabancaya; y las manifestaciones hidrotermales a lo largo de todo el geoparque (ver Figura 2). Este geoparque destaca por su diversidad volcánica, paisajes extremos y su potencial para el desarrollo de rutas geoturísticas y estrategias de geoeducación (Cárdenas-Manzaneda et al., 2022; Figura 3). No obstante, a pesar de su valor, sigue siendo una excepción dentro de un contexto nacional donde el aprovechamiento del patrimonio geológico como recurso educativo ha sido poco explorado.

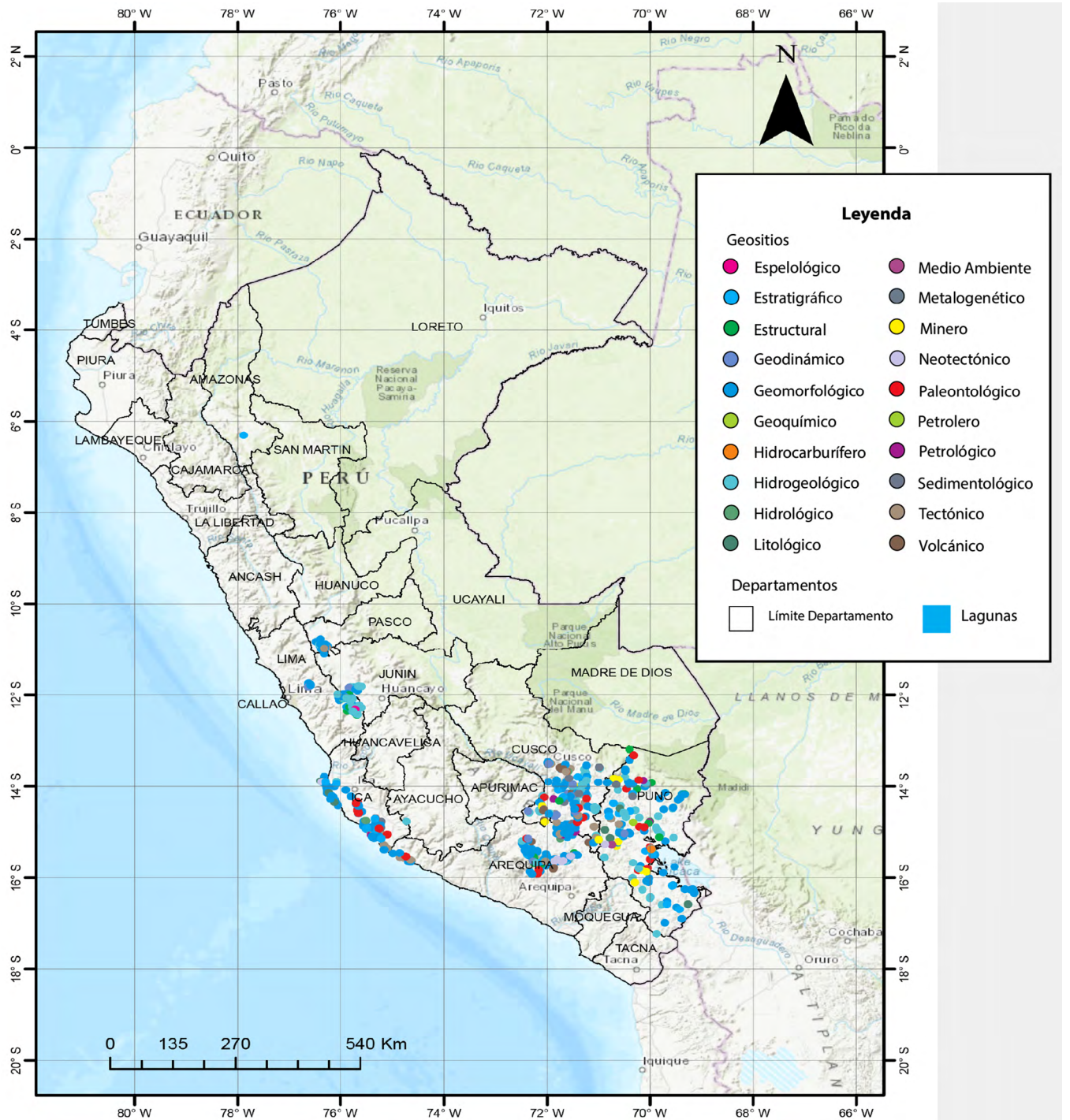


Figura 1 Mapa de geositios identificados por el INGEMMET (2023).



Figura 2 Valle del Colca y su ubicación geográfica en el Perú.



Figura 3 Una de las principales características del geoparque del Colca: vista de Cruz del Cóndor, Cabanaconde.

### 3. Marco conceptual

#### 3.1. GEODIVERSIDAD, PATRIMONIO GEOLÓGICO, GEOSITOS Y GEOCONSERVACIÓN

La geodiversidad constituye la base abiótica de los ecosistemas, al referirse a la variedad natural de elementos geológicos y geomorfológicos presentes en un territorio, así como sus relaciones y procesos asociados. Entre sus componentes se incluyen las rocas, minerales, fósiles, formas del relieve, suelos, estructuras geológicas y paisajes asociados (Gray, 2013; Zafeiropoulos et al., 2021). En marcos normativos de países como España (Ley 42/2007) y Perú (Ley 26839), la geodiversidad se reconoce

como parte esencial del patrimonio natural por ser producto y registro de la evolución terrestre (García Cortés et al., 2019). Asimismo Gray (2013) señala que la geodiversidad no solo comprende elementos físicos, sino también sus relaciones funcionales y contribución paisajística, influyendo directamente en la biodiversidad al proveer los sustratos y las condiciones físicas que definen los ecosistemas.

Si bien existen distintos enfoques para definirlo, el patrimonio geológico se refiere a los elementos de la geodiversidad que poseen valor científico, educativo, estético o cultural (García Cortés et al., 2019; Borba, 2011; Crofts et al., 2020).

Borba (2011) describe el patrimonio geológico como el conjunto de geositos que mejor representan la geodiversidad de una región y que contienen atributos excepcionales que merecen ser protegidos y divulgados. El patrimonio geológico constituye un legado que permite reconstruir la historia del planeta a través de sus registros físicos y puede encontrarse *in situ* (afloramientos, geoformas, paisajes) o *ex situ* (colecciones, museos).

El término “geosito” posee significados diversos según la literatura y el contexto geográfico. En términos generales, los geositos son localizaciones que concentran valor patrimonial y representan elementos geológicos singulares por su origen, estado de conservación o significado científico, constituyendo la unidad básica para la geoconservación y la gestión del geopatrimonio (Zavala et al., 2015; Brilha, 2016; Brocx y Semeniuk, 2016; Arrad et al., 2020; Fernández-Álvarez, 2020).

A diferencia de la Lista del Patrimonio Mundial de la UNESCO, que históricamente ha priorizado la belleza paisajística sobre los valores geológicos intrínsecos (Canet et al., 2024), el programa de Geoparques Mundiales de la UNESCO fue creado para fortalecer la conservación del geopatrimonio. Desde su introducción por la UNESCO y la IUGS en la década de 1990, la noción de geosito ha enfatizado no solo su relevancia científica, sino también su potencial educativo, cultural y para el desarrollo sostenible (Lozano-Otero et al., 2024; Canet et al., 2024). Los geoparques se conciben como áreas geográficas unificadas donde se gestionan sitios y paisajes de relevancia geológica internacional bajo un enfoque holístico que integra protección, educación y desarrollo sostenible, con participación activa de la comunidad local como pilar de gestión (Canet et al., 2024). Su patrimonio geológico se vincula con los componentes naturales y culturales del área, promoviendo la conciencia pública y la comprensión de desafíos como el uso sostenible de recursos, la mitigación del cambio climático y la reducción de riesgos geológicos. Además, la UNESCO promueve estos sitios como laboratorios vivos y centros de

aprendizaje para la Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS), utilizando un enfoque interdisciplinario y transformador que capacita para actuar de manera responsable frente a la triple crisis planetaria: cambio climático, pérdida de biodiversidad y contaminación (UNESCO, 2025). Paralelamente, la IUGS ha establecido el programa “*IUGS Geological Heritage Sites*” para reconocer sitios de alta relevancia científica internacional, seleccionados por sus elementos o procesos extraordinarios y su contribución al desarrollo de las geociencias a lo largo de la historia. Algunos sitios son clásicos y ampliamente conocidos, mientras que otros destacan por su diversidad geológica y localización global (IUGS, 2022). El reconocimiento de la IUGS aumenta su visibilidad, fomenta la preservación y promueve su uso como recurso educativo, despertando interés tanto en geólogos como en el público general (Lozano-Otero et al., 2024). Un ejemplo de este valor en el contexto peruano es la reciente inclusión de las Canteras de Añashuayco en Arequipa entre los 100 Primeros Sitios de Patrimonio Geológico Mundial de la *International Union of Geological Sciences* (IUGS, 2022).

Por otro lado, la geoconservación, definida por Canet et al. (2024), como el conjunto de acciones destinadas a preservar los elementos geológicos con valor científico, educativo y cultural, constituye el eje articulador de este análisis.

Las definiciones adoptadas en este estudio combinan los criterios internacionales con consideraciones locales, destacando la dimensión educativa y la accesibilidad. El geopatrimonio se entiende como el conjunto de elementos geológicos con valor científico, educativo y cultural, mientras que los geositos constituyen las unidades donde dicho valor puede ser observado, interpretado y aprovechado con fines de enseñanza. En la región de América Latina y el Caribe, donde la institucionalización de la geoconservación presenta distintos grados de desarrollo, esta definición operativa orienta la identificación y valoración de geositos con fines educativos y de sensibilización pública sobre el patrimonio geológico.

### 3.2. METODOLOGÍAS DE VALORACIÓN DE GEOSITIOS

La valoración de geositios ha evolucionado desde enfoques descriptivos hacia modelos multidimensionales que integran criterios científicos, educativos, turísticos y de conservación (Brilha, 2016; Ruban et al., 2022). Diversas metodologías internacionales han sido desarrolladas con este fin, incluyendo el protocolo ProGEO (1991), el enfoque de la IUCN y sistemas cuantitativos como los propuestos por Brilha (2016) y Kubalíková y Balková (2023). En este panorama, la *International Union of Geological Sciences* (IUGS), a través de su *International Commission on Geoheritage* ha establecido el programa “*IUGS Geological Heritage Sites*”, destinado a reconocer lugares con elementos o procesos de la más alta relevancia científica y con una contribución sustantiva al desarrollo de las geociencias (Lozano-Otero et al., 2024). Sin embargo, este programa constituye un mecanismo de reconocimiento científico internacional, más que una metodología de evaluación operativa. Su propósito es resaltar y visibilizar sitios emblemáticos, mientras que los métodos de valoración aplicados a escala nacional o regional buscan integrar dimensiones educativas, sociales y de gestión (Brilha, 2016).

En el ámbito iberoamericano, la metodología IELIG (García-Cortés et al., 2019) representa una evolución de modelos previos (por ejemplo, Carcavilla et al., 2013), que se centraban en la evaluación cualitativa del valor intrínseco. IELIG incorpora algoritmos numéricos que permiten una valoración más objetiva de los valores científico, didáctico y turístico-recreativo. Su avance fundamental radica en el enfoque operativo y de geoconservación activa, que trasciende la mera valoración del sitio. Esto se logra mediante el cálculo del riesgo de degradación, un indicador de gestión que combina el valor del lugar con su susceptibilidad de deterioro, esencial para priorizar acciones de protección y planificación territorial. En Latinoamérica, el enfoque hacia la cuantificación y la gestión también es evidente. En Colombia, el Servicio Geológico Colombiano

implementó su propia metodología para geositios (*in situ*), documentada en el Instructivo IN-GEO-001 (SGC, 2017). Este modelo, desarrollado a partir de la adaptación de Brilha (2016) y en cooperación con el IGME (España), se centra en la evaluación cuantitativa de la relevancia geológica y la vulnerabilidad del sitio, priorizando la identificación de los geotopos y geositios que constituyen el Patrimonio Inmueble de la Nación. De forma complementaria, es relevante el desarrollo en Colombia de la Metodología de Valoración del Patrimonio Geológico y Paleontológico Mueble o *ex situ* (Gómez-Pérez y Martínez-Matiz, 2021), que, aunque no evalúa geositios, ha desarrollado en profundidad los criterios asociados al uso público y cultural del patrimonio geológico conservado en colecciones (*e.g.*, documentación asociada y divulgación científica). Por su parte, el INGEMMET ha adoptado un modelo técnico de inventario de geositios que se alinea con este enfoque regional (ASGMI, 2018), buscando la valoración cuantitativa de los valores científico, didáctico y turístico. Dicho modelo opera mediante criterios como la representatividad geológica, el estado de conservación y la accesibilidad, priorizando su integración con áreas naturales protegidas y con el turismo sostenible (Zavala et al., 2015; Cárdenas-Manzaneda et al., 2022). Por otro lado, algunos estudios han incorporado la percepción social del paisaje como una variable complementaria en la evaluación del patrimonio geológico (Tessem et al., 2021; Zafeiropoulos et al., 2021), aportando información sobre la apropiación y el valor simbólico que las comunidades atribuyen a los geositios.

En esta investigación se adopta el modelo propuesto por Mikhailenko y Ruban (2023), que incorpora una valoración funcional asignando puntajes a variables como accesibilidad, visibilidad, diversidad del patrimonio, valor estético, público objetivo y posibilidad de uso. Este enfoque ha sido validado por estudios en Hispanoamérica (Diniz y de Araújo, 2022; Mucivuna et al., 2022; Dede y Zorlu, 2023) y resulta especialmente adecuado

para contextos donde se requiere una metodología flexible, extrapolable y orientada a la educación en geociencia. En este sentido, nos hemos centrado en la dimensión educativa de la valoración, orientada al fortalecimiento de la enseñanza y comprensión de las geociencias.

### 3.3. ROL EDUCATIVO DE LOS GEOSITIOS Y SU PROYECCIÓN DIDÁCTICA

El uso de geositorios como herramienta pedagógica es una estrategia eficaz para acercar las ciencias de la Tierra al público no especializado y fomentar la educación ambiental. Según Brocx y Semeniuk (2016), los geositorios ofrecen entornos reales donde los estudiantes pueden observar procesos geológicos *in situ*, facilitando la comprensión de conceptos como tectónica, vulcanismo, sedimentación y erosión desde una perspectiva territorial.

La integración de geositorios en el currículo educativo permite reforzar aprendizajes significativos y promover valores de conservación, especialmente en países megadiversos donde el entorno natural representa una oportunidad para contextualizar el conocimiento científico. Autores como García et al. (2022) y Farsani et al. (2017) destacan que el valor educativo de los geositorios no se limita a la transmisión de contenidos geológicos, sino que también favorece la construcción de ciudadanía ambiental y de respeto por el patrimonio natural.

En este sentido, los geoparques representan la aplicación más integral de este enfoque. Según la UNESCO (2021), los geoparques mundiales son territorios con sitios geológicos de importancia internacional, gestionados mediante un enfoque holístico que combina protección, educación y desarrollo sostenible. Su éxito radica en involucrar a las comunidades locales en la valoración de su entorno y en el fortalecimiento del vínculo entre ciencia, cultura y economía local.

El geoturismo, entendido como una actividad que promueve la interpretación del patrimonio geológico con fines educativos y recreativos,

refuerza el papel de los geositorios como espacios clave para la divulgación de las geociencias (Silva et al., 2021). Esto se correlaciona con lo señalado en la Declaración de Arouca (2011), donde se enfatiza que el geoturismo debe articularse con la identidad cultural, el paisaje y el bienestar de las comunidades.

## 4. Metodología aplicada en la valoración educativa de los geositorios seleccionados

Esta investigación adopta un enfoque metodológico diseñado para la identificación, evaluación funcional y valoración educativa de geositorios, en coherencia con los principios de sostenibilidad promovidos por la UNESCO (2021) y alineado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS): 4 (Educación de calidad), 11 (Ciudades y comunidades sostenibles) y 15 (Vida de ecosistemas terrestres). Estos lineamientos se integraron transversalmente en los criterios de análisis, priorizando la accesibilidad equitativa, la educación inclusiva y la conservación activa del patrimonio geológico. El proceso metodológico se estructuró en cuatro fases operativas: (1) selección de los geositorios; (2) evaluación funcional de los geositorios (modelo Mikhailenko y Ruban, 2023); (3) consenso interdisciplinario (método Delphi modificado); y (4) la valoración educativa y ética (modelo 8G de Brocx y Semeniuk (2019) y Zafeiropoulos et al., 2021). Este esquema permite articular la evaluación geocientífica objetiva con una lectura pedagógica y social del geopatrimonio, aspecto poco abordado en metodologías internacionales previas. A diferencia de los modelos iberoamericanos clásicos, como los propuestos por García-Cortés et al. (2019), SGC (2017), Gómez-Pérez y Martínez-Matiz (2021) y ASGMI (2018), centrados principalmente en la valoración científica, paisajística o de gestión, el enfoque aquí propuesto incorpora tres innovaciones: una orientación explícita hacia la dimensión educativa y geoturística, que amplía

la valoración funcional al considerar el potencial pedagógico de los geositios como recursos de enseñanza y aprendizaje; un sistema multicriterio cuantificable que reduce la subjetividad mediante la definición de variables medibles y la aplicación de un proceso de consenso experto validado (Delphi modificado) y una estructura flexible y replicable, adaptada a contextos con recursos institucionales limitados y diseñada para ser utilizada por docentes, gestores locales y comunidades educativas sin requerir herramientas técnicas avanzadas. Estas características dotan al modelo de una vocación aplicada y socialmente inclusiva, especialmente relevante en el contexto de ALAC, donde la institucionalización del patrimonio geológico aún es incipiente y la educación geocientífica requiere herramientas prácticas, accesibles y culturalmente pertinentes (Villacorta et al., 2024).

#### 4.1. FASE 1. SELECCIÓN DE LOS GEOSITIOS

La selección inicial se basó en una revisión sistemática de fuentes científicas, cartográficas y de observación de campo, complementada con información proveniente de inventarios nacionales (INGEMMET, 2023), estudios previos y datos recopilados por el equipo de investigación. Se priorizaron criterios aplicados en anteriores estudios que persiguen fines similares (Pereira et al., 2019; Mucivuna et al., 2022; Gañás et al., 2022; García-Cortés et al., 2019):

- Diversidad geológica y geomorfológica, avalada por la existencia de antecedentes científicos y cartográficos.
- Potencial educativo y cultural (vínculo con elementos culturales o comunitarios), observando en campo o reportado en literatura.
- Representatividad regional y posibilidad de reproducibilidad del modelo.
- Accesibilidad, grado de conservación y valor escénico

De un total de 50 sitios preliminares, se preseleccionaron 10 con información completa

y finalmente se definieron cinco geositios representativos mediante un proceso de consenso estructurado, inspirado en el método Delphi modificado (Mahmoodi et al., 2025). Los sitios seleccionados (Tabla 1, Figuras 5–8) fueron:

Cordillera Negra (Áncash), Pongo de Rentema (Amazonas), Canteras de Añashuayco y andenes del valle del Chili (Arequipa), Nevado Coropuna (Arequipa) y Georuta Miraflores–Huaquis (Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas). Cabe destacar que las canteras de Añashuayco fueron incluidas por la IUGS entre los 100 Primeros Lugares del Patrimonio Geológico Mundial (IUGS, 2022). La Figura 5 muestra su ubicación general; las Figuras 6 a 8 ilustran ejemplos de su diversidad geocultural, desde las Canteras y andenerías del valle del Chili hasta los paisajes tectónicos de Yauyos.

Las características geomorfológicas y geológicas específicas se detallan en la Tabla 1, complementada con observaciones sobre suelos, coberturas superficiales y evidencias culturales asociadas.

#### 4.2. FASE 2. EVALUACIÓN FUNCIONAL DEL POTENCIAL GEOCIÉNTIFICO

La evaluación funcional cuantitativa se realizó siguiendo el modelo de Mikhailenko y Ruban (2023), adaptado a las condiciones locales y educativas locales. El propósito fue identificar el potencial geocientífico, turístico y educativo de cada geositio, entendiendo por “funcional” la capacidad de cuantificar dicho potencial dentro de un marco territorial y social determinado. La valoración se basó en siete criterios cuantificables (Anexo 1) definidos en función de variables observables en terreno o documentadas en literatura técnica:

- Público objetivo: Identifica el tipo de visitantes principales (científicos, docentes, estudiantes, turistas).
- Accesibilidad: Considera el nivel de dificultad para acceder al sitio desde centros poblados o vías principales.

- Diversidad de componentes del paisaje: Valora la coexistencia de elementos geológicos, culturales y naturales observables en el sitio.
- Estética: Mide la combinación entre valor paisajístico y singularidad geológica.
- Posición relativa: Analiza la ubicación del sitio respecto al núcleo urbano más próximo como indicador complementario al uso público del sitio directamente ligado a su preservación.
- Visibilidad: Evalúa la prominencia visual del geosítio desde distintos puntos de observación y actúa como un indicador indirecto de su fragilidad y exposición a impactos visuales o antrópicos.
- Uso (actividades): Incluye las posibilidades de exploración, interpretación o integración con otras actividades (educativas o turísticas).

Cada criterio se evaluó mediante una escala ordinal de 10 a 50 puntos, de acuerdo con los rangos definidos en el Anexo 1. Esta escala, basada en el modelo original pero adaptada a contextos locales, permitió valorar tanto atributos físicos como condiciones sociales de uso, considerando que los futuros aplicadores del método (docentes y gestores locales) pueden no contar con información previa sobre patrimonio geológico o cultural. Por ejemplo, en el criterio “público objetivo”, un geosítio visitado regularmente por científicos, docentes, estudiantes y turistas recibe una puntuación de 50 puntos, mientras que uno restringido a especialistas obtiene 10 puntos. El puntaje total resulta de la suma de los valores asignados a los siete criterios y permite clasificar los geosítios en tres categorías de valor funcional: bajo (<100), correspondiente a un escaso potencial para actividades educativas o turísticas; medio (100–200), asociado a un potencial moderado y parcialmente aprovechable; y alto (>200), geosítios con fuerte funcionalidad pedagógica, científica o turística.

#### 4.3. FASE 3. CONSENSO INTERDISCIPLINARIO Y CONTROL DE SEGOS

La asignación de puntajes fue realizada por un panel de cinco especialistas con perfiles complementarios: dos expertos en geoturismo, dos

ingenieras/ingenieros en geología (una de ellas vinculada al programa *Thriving Earth Exchange*) y una especialista en geoducción. Cada miembro del panel aplicó de forma independiente los siete criterios descritos en el Anexo 1, registrando sus puntuaciones y las evidencias de campo (fotografías, referencias cartográficas y notas de visita) empleadas para cada valoración. Tras la evaluación individual, se realizó una revisión cruzada y una fase de discusión colectiva, orientada a contrastar resultados, identificar discrepancias y justificar las decisiones con base en la evidencia documental y de campo. El proceso siguió un esquema iterativo inspirado en el método Delphi modificado (Mahmoodi et al., 2025): los evaluadores revisaron sus criterios y puntuaciones a la luz de los argumentos técnicos y pedagógicos planteados en las reuniones, iterando hasta alcanzar la estabilización de las diferencias. La convergencia del panel se verificó por la baja variabilidad observada entre evaluadores (variación interevaluador inferior al 10 % en los criterios principales), indicador consignado en las actas y en el Anexo 1. El resultado final de la valoración funcional se obtuvo mediante el promedio ponderado de las puntuaciones consensuadas. Para facilitar la reproducibilidad y la transparencia metodológica, se asignaron pesos iguales a cada evaluador en el cálculo del promedio (es decir, una media aritmética ponderada con peso 1 para cada miembro). Las puntuaciones individuales, los promedios y la clasificación funcional resultante se muestran en la Tabla 2 y quedan documentados en detalle en el Anexo 1. Con el fin de incorporar la dimensión social y reforzar la pertinencia local, los aportes de gestores y actores comunitarios fueron recogidos mediante entrevistas y consultas informales; sus observaciones se integraron en la discusión del panel y en la interpretación cualitativa de los resultados (Anexo 2). Asimismo, comentarios técnicos de especialistas externos en geoconservación y patrimonio geológico fueron incorporados durante la fase intermedia del proyecto; estos aportes se reflejan en las revisiones

metodológicas y se reconocen en la sección de agradecimientos. Esta triangulación de fuentes está alineada con prácticas de evaluación participativa y validación de metodologías en geoconservación (Pereira et al., 2019; Mucivuna et al., 2022; Dede y Zorlu, 2023; Kim et al., 2023). Las tablas de cálculo están disponibles en los Anexos 1–3.

#### 4.4. FASE 4. VALORACIÓN EDUCATIVA Y ÉTICA DEL GEOPATRIMONIO

Superada la fase funcional, se incorporó una valoración educativa, ética y comunitaria, integrando los marcos conceptuales del modelo 8G (Brocx y Semeniuk, 2019) y el esquema de sostenibilidad de Zafeiropoulos et al. (2021; Figura 4). Este análisis cualitativo permitió traducir los resultados funcionales en una lectura pedagógica del geopatrimonio, identificando su potencial como laboratorio natural para la enseñanza de las geociencias y como espacio de diálogo cultural y ético. El Anexo 2 sintetiza la

interpretación interdisciplinaria de cada geositio según las dimensiones 8G, destacando evidencias materiales e inmateriales y su aplicación educativa potencial. Además, se elaboró una propuesta educativa escalonada (Anexo 3) para orientar el uso didáctico de los geositios en diferentes niveles de enseñanza, desde básica hasta universitaria, siguiendo enfoques participativos e interculturales. Esta última fase permitió vincular la evaluación cuantitativa y la interpretación cualitativa, reforzando la coherencia entre los criterios funcionales (Anexo 1), los principios de Brilha (2016) y las directrices de Crofts et al. (2020).

Las características geomorfológicas y geológicas de los cinco geositios seleccionados se presentan en la Tabla 1. La información recopilada abarca procesos geomorfológicos, aspectos litológicos, sedimentológicos y mineralógicos, así como observaciones generales sobre el tipo de suelos o cobertura superficial, además de elementos culturales asociados. Se incluyen

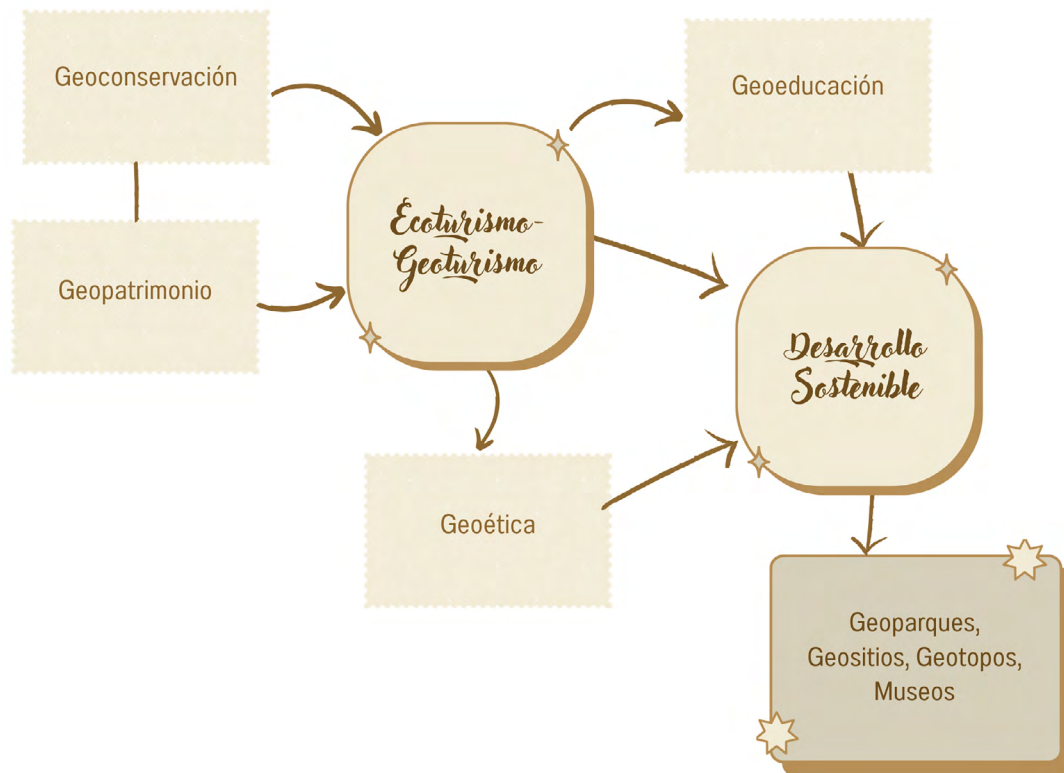


Figura 4 Interconexión y componentes del uso racional entre geoconservación y geopatrimonio (traducido de Zafeiropoulos et al., 2021).

Tabla 1. Geositos seleccionados en Perú identificados en esta investigación.

Orden	Geosito propuesto	Características geomorfológicas	Características geológicas (litología, sedimentología y mineralogía)	Tipo de suelos / cobertura superficial
1	Cordillera Negra (Áncash)	Cadena montañosa con relieve abrupto, valles profundos y cañones formados por erosión fluvial. Se diferencia de la Cordillera Blanca por la ausencia de glaciares. Asociada a procesos tectónicos y volcánicos andinos.	Predominan rocas volcánicas (andesitas, basaltos) y sedimentarias (lutitas, areniscas), con intrusivos graníticos que originan mineralizaciones metálicas. Representa un ambiente tectónico activo.	Suelos delgados y pedregosos, con afloramientos rocosos y zonas de erosión activa.
2	Pongo de Rentema (Amazonas)	Cañón fluvial estrecho resultado del encajonamiento del río Marañón en una zona de fallas y fracturas. Evidencia erosión diferencial y levantamiento andino.	Rocas sedimentarias del Mesozoico (calizas, areniscas y lutitas) afectadas por plegamientos y fracturas. Se observan procesos de disolución y meteorización en las calizas.	Escasa cobertura edáfica; predominan suelos delgados sobre rocas sedimentarias expuestas.
3	Canteras de Ñashuayco y andenes del valle del Chili (Arequipa)	Paisaje mixto de origen volcánico-antrópico. Las canteras conforman una quebrada profunda al norte de Arequipa, producto de la erosión y la extracción histórica de ignimbrita. Los andenes del valle del Chili representan la adaptación agrícola prehispánica al relieve volcánico y al manejo eficiente del agua en laderas.	Dominan depósitos piroclásticos e ignimbritas riolíticas-dácíticas asociadas a los volcanes Chachani, Misti y Pichu Pichu. El sillar presenta textura vítrea con cristales de feldespatos, cuarzo y biotita, baja densidad y alta porosidad.	Suelos de origen volcánico y coluvial, derivados de cenizas y pómez, de alta fertilidad natural. Los sectores aterrizados mantienen coberturas agrícolas tradicionales y vegetación xerofítica adaptada al clima árido del valle del Chili.
4	Nevado Coropuna (Arequipa)	Complejo estratovolcánico con glaciares, morrenas y valles en U formados por procesos glaciovolcánicos. Presenta relieves de erosión y acumulación glaciar.	Rocas eruptivas (andesitas y dacitas) y depósitos piroclásticos del Mioceno-Holoceno. Evidencias de actividad volcánica reciente y procesos de alteración hidrotermal.	Suelos criogénicos y volcánicos, con cobertura discontinua de detritos glaciares y cenizas.
5	Georuta Miraflores-Huaquis (Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas)	Laderas escarpadas con terrazas agrícolas prehispánicas y cortes erosivos asociados al levantamiento tectónico. Ejemplo de paisaje tectónico-cultural.	Afloramientos ígneos y sedimentarios de la cordillera occidental andina; estructuras plegadas y fallas visibles. Se observan procesos de meteorización física intensa.	Suelos andinos delgados sobre materiales volcánicos y sedimentarios; cobertura vegetal discontinua.

además fotografías y descripciones ilustrativas que destacan la interacción entre procesos naturales y uso humano, como en las canteras y andenes de Arequipa, la Cordillera Negra o la ruta Miraflores-Huaquis (Figuras 5-8).

## 5. Discusión

Los resultados obtenidos muestran que los geositos seleccionados poseen un potencial medio y alto para su uso educativo en geociencias, especialmente en contextos latinoamericanos caracterizados por alta geodiversidad y limitada institucionalización de la geoconservación. La Cordillera Negra (Áncash) alcanzó la puntuación funcional más alta (210), destacando por su accesibilidad, diversidad litológica y valor paisajístico vinculado a la tectónica andina. Este sitio constituye un modelo referencial para la enseñanza universitaria y para la interpretación de procesos geológicos activos. De manera complementaria, las canteras y andenes de

Arequipa evidencian la interacción entre geología, patrimonio cultural y prácticas productivas, mostrando que el geopatrimonio puede funcionar como puente entre conocimiento científico y memoria social (Bustamante et al., 2021).

El análisis interdisciplinario basado en el modelo 8G (Brocx y Semeniuk, 2019) y el esquema de sostenibilidad de Zafeiropoulos et al. (2021) permitió reconocer que la valoración funcional no sólo cuantifica potenciales educativos, sino que también visibiliza dimensiones culturales, éticas y comunitarias. Cada geosito puede concebirse como una unidad territorial de aprendizaje, donde convergen geoducción, conservación, desarrollo local y valores geoéticos, alineados con los principios de la UNESCO (2021) y los Objetivos de Desarrollo Sostenible 4, 11 y 15.

### 5.1. ANÁLISIS METODOLÓGICO Y LIMITACIONES

El enfoque metodológico empleado combina una evaluación funcional multicriterio (Mikhailenko y Ruban, 2023) con la interpretación cualitativa

Tabla 2. Evaluación de los geositos propuestos basada en los criterios y puntajes mostrados en el Anexo 2.

Criterio	Localidades				
	1	2	3	4	5
Público objetivo	22	22	47	17	35
Accesibilidad	19	9	23	9	33
Diversidad de componentes del paisaje	22	31	26	19	31
Estética	27	33	33	35	33
Posición	12	12	35	12	17
Visibilidad	24	13	31	13	22
Uso	25	27	33	27	31
<b>Puntaje total</b>	<b>151</b>	<b>147</b>	<b>228</b>	<b>132</b>	<b>202</b>
Resultado	Medio	Medio	Relativamente alto	Medio	Relativamente alto



Figura 5 Ubicación de los geositos propuestos en este estudio.



**Figura 6** Las canteras de Añashuayco y andenes del valle del Chili (Arequipa) conforman un paisaje geocultural donde se integran la explotación de ignimbritas y la ingeniería agrícola andina, reflejando la continuidad entre el uso constructivo e hidráulico del territorio desde épocas prehispánicas hasta la actualidad.



**Figura 7** Cordillera Negra (Áncash). Foto: Pedro Isique (2019).

del modelo 8G (Brocx y Semeniuk, 2019), configurando un instrumento mixto que articula la valoración cuantitativa con la comprensión educativa y social del geopatrimonio. Su eficacia radica en cuatro atributos operativos: (i) el uso de criterios cuantificables que permiten la comparación objetiva entre sitios; (ii) la preselección documental y de campo, que asegura la representatividad geológica y contextual de los geositos; (iii) la validación interdisciplinaria mediante un proceso Delphi modificado, que refuerza la trazabilidad y transparencia de las decisiones; y (iv) la adaptabilidad del sistema a condiciones locales y educativas heterogéneas.

Los resultados obtenidos muestran una consistencia interna adecuada: el análisis de sensibilidad ( $\pm 10\%$ ) confirma que cuatro de los cinco geositos conservaron su categoría funcional dentro del intervalo de incertidumbre. Esto respalda la robustez operativa y la reproducibilidad del método (Figura 9). El único caso limítrofe fue Miraflores–Huaquis, cuyo límite inferior (181.8) cae por debajo del umbral de 200 puntos, indicando una mayor sensibilidad a variaciones en los criterios “posición” y “visibilidad”. En contraste, Canteras de Añashuayco y Andenes mantuvieron su clasificación de valor relativamente alto incluso

en su límite inferior (205.2), evidenciando alta estabilidad en las puntuaciones. Este patrón es coherente con investigaciones previas que emplean esquemas de evaluación funcional y participación interdisciplinaria en geoconservación (Pereira et al., 2019; Mucivuna et al., 2022; Dede y Zorlu, 2023; Kim et al., 2023). Su adaptación en el país permitió comprobar que el método es capaz de articular de manera integrada las dimensiones educativa, geoturística y social, alineándose con los principios de sostenibilidad promovidos por la UNESCO (2021) y con los Objetivos de Desarrollo Sostenible ODS 4 (Educación), ODS 11 (Comunidades sostenibles) y ODS 15 (Conservación del patrimonio natural).

No obstante, la experiencia también evidenció oportunidades de mejora que orientan la evolución futura del modelo. En primer lugar, aunque algunos criterios (Anexo 1) capturan dimensiones sociales de manera indirecta, no se incorpora aún un indicador explícito de apropiación comunitaria o valor simbólico, lo que limita la representación sistemática de los componentes inmateriales del geopatrimonio. Se propone, por tanto, integrar un criterio adicional y complementar la evaluación con fichas etnográficas breves que documenten prácticas, significados y narrativas



**Figura 8** Pueblo de Miraflores con vista de formaciones plegadas al fondo (Autor: Rafael Schmidt) y camino de Miraflores a Huaquis realizado por las comunidades, con vista de andenería tras la ladera (Autor: Luis Yucra).

locales asociadas a cada sitio. En segundo lugar, la validación interdisciplinaria, realizada con un panel de cinco especialistas, deberá ampliarse en futuras aplicaciones para incluir de manera formal docentes, guías locales y actores comunitarios, lo que permitirá fortalecer la pertinencia territorial y la legitimidad social de los resultados. Finalmente, aunque la variabilidad entre evaluadores se mantuvo dentro de rangos aceptables y la clasificación funcional resultó estable, la fiabilidad inter evaluadora podrá reforzarse mediante el cálculo del coeficiente Kappa o del porcentaje de concordancia en estudios posteriores. Esto contribuirá a consolidar la reproducibilidad, transparencia y transferibilidad del enfoque, especialmente en contextos educativos donde se busca que el método sea utilizado por equipos docentes o municipios locales con recursos limitados.

**5.2. DIMENSIONES EDUCATIVAS, GEOÉTICAS Y COMUNITARIAS DEL GEOPATRIMONIO EN EL CONTEXTO LATINOAMERICANO**

El análisis interdisciplinario evidenció que los geositorios con mayor interacción entre elementos naturales y culturales—como Miraflores–Huaquis y el Nevado Coropuna— constituyen escenarios privilegiados para la enseñanza experiencial y la educación ambiental. En Miraflores–Huaquis, los docentes y guías locales vinculan la geología con prácticas agrícolas y narrativas culturales, ampliando la comprensión del paisaje desde una dimensión simbólica. En el caso del Coropuna, el glaciar es considerado Apu, deidad asociada al agua y la fertilidad (Ziólkowski, 2008), lo que evidencia la coexistencia entre procesos glaciovolcánicos, espiritualidad y ética ambiental. Estas observaciones empíricas confirman que el valor educativo del geopatrimonio

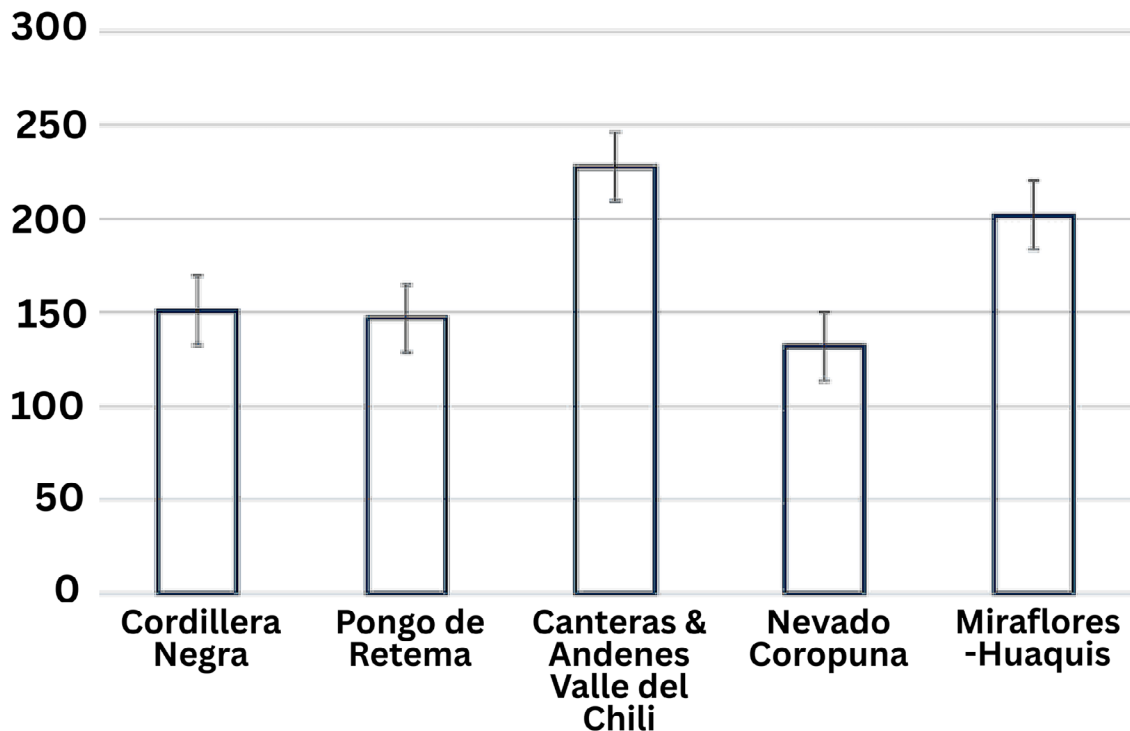


Figura 9 Análisis de sensibilidad ( $\pm 10\%$ ) de los puntajes funcionales promedio por geositorio. Las barras de error representan el intervalo  $[x - 10\%, x + 10\%]$  en torno al puntaje total promedio obtenido para cada sitio ( $n = 5$  evaluadores).

se amplía cuando incorpora la dimensión cultural inmaterial y los valores geoéticos, integrando ciencia, identidad y responsabilidad (Farsani et al., 2017; Brocx y Semeniuk, 2019; Cárdenas-Manzaneda et al., 2022)

Desde una perspectiva pedagógica, los resultados confirman que los geositos funcionan como laboratorios naturales para el aprendizaje activo y situado. En consonancia con Bobrowsky et al. (2017) y García et al. (2022), la observación directa de los procesos geológicos en campo favorece la comprensión conceptual, el pensamiento crítico y la construcción de ciudadanía ambiental. A partir de estos hallazgos se propone un marco educativo escalonado (ver Anexo 3) que articula niveles de enseñanza, estrategias y resultados esperados. Este marco se sustenta en los lineamientos del IUGS-COGE (Clark et al., 2024) y en los estudios de Villacorta et al. (2023, 2024) sobre geoética y educación geocientífica en ALAC, reforzando la idea de que la geoeducación es un instrumento de transformación social y territorial.

### **5.2.1. ENFOQUE GEOÉTICO: JUSTICIA TERRITORIAL, DIÁLOGO INTERCULTURAL Y ÉTICA AMBIENTAL**

El enfoque geoético adoptado en esta investigación se basa en “La Promesa Geoética” (Matteucci et al., 2014), que promueve la responsabilidad profesional, la equidad intergeneracional y el respeto por la Tierra como sistema vivo. La geoética se incorporó aquí no solo como reflexión teórica, sino como eje operativo del modelo aplicado: cada geosito fue interpretado no únicamente por su valor geológico, sino también por su capacidad para fomentar valores de justicia territorial y sostenibilidad. Este enfoque es especialmente relevante en el contexto latinoamericano, donde las desigualdades territoriales, la minería extractiva y la débil institucionalización de la geoconservación limitan la creación formal de geoparques y la implementación de políticas de patrimonio geológico (Reynard y Giusti, 2018;

Villacorta et al., 2024). Frente a esta realidad, la propuesta aquí desarrollada no busca la creación de nuevos geoparques, sino proporcionar una herramienta práctica y replicable que permita a docentes, investigadores y comunidades seleccionar, valorar y utilizar geositos como laboratorios naturales de aprendizaje, sin depender de procesos administrativos complejos.

La geoética se convierte así en un principio orientador de la práctica educativa, integrando las dimensiones científica, cultural y ciudadana. Incorporar la ética del territorio en la educación geocientífica implica formar ciudadanos capaces de comprender y gestionar su entorno con justicia y solidaridad intergeneracional (Villacorta et al., 2023). En este sentido, el modelo aplicado en Perú constituye un ejemplo piloto que puede ser replicado en otros países de ALAC, adaptándose a diferentes marcos educativos y realidades socioculturales, pero manteniendo una misma base ética y metodológica.

### **5.2.2. APROPIACIÓN COMUNITARIA Y DIÁLOGO INTERCULTURAL**

Durante la validación de campo, se realizaron observaciones participativas y entrevistas con actores locales, docentes, guías y autoridades comunales, para incorporar percepciones sobre el valor educativo, simbólico y práctico de los sitios. Este proceso permitió identificar cómo el conocimiento geocultural local puede complementar la lectura científica del paisaje, generando un diálogo intercultural que fortalece la comprensión del territorio. En contextos andinos, los topónimos quechuas y aimaras asociados a formaciones geológicas reflejan una interpretación empírica de los procesos de la Tierra, constituyendo registros etnogeocientíficos de alto valor didáctico. Reconocer estas expresiones de saber local implica entender que las comunidades no son receptoras pasivas del conocimiento, sino coautoras en la construcción del significado del territorio. De esta manera, la apropiación comunitaria se concibe como un proceso

educativo recíproco, donde la ciencia aprende del contexto cultural tanto como el contexto se beneficia de la ciencia. Esta lectura intercultural se alinea con los principios de la UNESCO (2021) sobre la educación transformadora y con las recomendaciones de la IUGS–COGE para países en desarrollo (Clark et al., 2024). En este marco, los geositos actúan como espacios de encuentro donde convergen los tres pilares del modelo 8G —geoeducación, geoética y geocomunidad— y donde la práctica educativa se convierte en una forma de justicia territorial y sostenibilidad.

### 5.3. HACIA UN MODELO LATINOAMERICANO DE GEOEDUCACIÓN

El contexto socioambiental de América Latina y el Caribe presenta desafíos singulares: diversidad geológica y cultural, presiones extractivas, desigualdad territorial y falta de estructuras institucionales consolidadas para la geoconservación. Estas condiciones dificultan la creación formal de geoparques y, al mismo tiempo, evidencian la urgencia de construir un modelo propio de geoeducación, coherente con las realidades locales.

El modelo propuesto en este estudio, basado en la simplicidad operativa, la interdisciplinariedad y la validación social, ofrece una alternativa viable para los países de ALAC. Se trata de una herramienta metodológica que prioriza la educación, la participación y la ética ambiental. Su objetivo no es replicar modelos europeos de gestión, sino consolidar una práctica educativa contextualizada y participativa, que promueva la apropiación del territorio desde una mirada integradora. En este sentido, la geoeducación se entiende como un espacio de justicia territorial y diálogo intercultural, donde el conocimiento científico se articula con los saberes locales para formar ciudadanos conscientes, comprometidos y capaces de proteger el patrimonio geológico como parte de su identidad colectiva (Suárez-Calderón y Huamán-Huillca, 2024; Orozco-López, 2020). Este enfoque refuerza la coherencia del método

propuesto con los ODS 4, 11 y 15, y demuestra que la educación basada en el geopatrimonio puede contribuir a construir comunidades más resilientes y sostenibles sin depender necesariamente del estatus de geoparque.

## 6. Conclusiones

La aplicación de un enfoque funcional e interdisciplinario a la valoración educativa de geositos en Perú permitió evidenciar la pertinencia de metodologías cuantitativas y cualitativas para evaluar su potencial pedagógico y social. Los cinco sitios analizados, Cordillera Negra, Pongo de Rentema, Canteras y Andenes de Arequipa, Nevado Coropuna y Georuta Miraflores–Huaquis, mostraron valores funcionales medios y altos, confirmando que la diversidad geológica y cultural del país ofrece escenarios idóneos para la enseñanza de las geociencias y la educación ambiental. La combinación de la evaluación multicriterio con la validación interdisciplinaria y la lectura integral del modelo 8G permitió integrar las dimensiones científica, educativa, estética y comunitaria del geopatrimonio, demostrando que los geositos no solo son registros geológicos, sino también espacios de aprendizaje y construcción de ciudadanía territorial.

Estos resultados corroboran que la incorporación del valor educativo en la gestión del patrimonio geológico constituye un instrumento eficaz para articular la investigación científica con la práctica docente y la participación social. Asimismo, el modelo propuesto resulta adaptable a otros contextos latinoamericanos con estructuras institucionales similares, donde puede contribuir a fortalecer la geoeducación, el geoturismo responsable y la geoconservación participativa.

En un contexto global marcado por la necesidad de sostenibilidad y resiliencia territorial, los geositos adquieren un papel estratégico como laboratorios naturales para la comprensión de los procesos de la Tierra y para la formación de una conciencia ambiental crítica. Promover su uso educativo implica

reconocerlos como parte esencial del patrimonio común que sustenta la memoria geológica y cultural de las sociedades.

## Contribuciones de los autores

SPVC: conceptualización, diseño metodológico, análisis formal, interpretación de resultados y redacción del manuscrito (versión original y revisión). NP: validación conceptual, supervisión del trabajo de campo, aportes técnicos y revisión crítica del manuscrito. CC: análisis de resultados y revisión crítica del contenido. ASM: revisión metodológica, análisis de resultados y revisión crítica del contenido. RRM: apoyo en la elaboración de figuras y revisión formal del documento.

## Financiamiento

Esta investigación no contó con financiamiento específico directo. No obstante, los trabajos de campo desarrollados en Miraflores (Yauyos) recibieron apoyo institucional del Instituto de Montaña, en el marco del proyecto “Conservación, puesta en valor y gestión sostenible del Paisaje Cultural Yanacancha – Huaquis”, desarrollado en alianza con World Monuments Fund y en articulación con el Programa de Ciencia Comunitaria de la AGU (Thriving Earth Exchange).

## Agradecimientos

Los autores desean expresar su agradecimiento a todas las personas e instituciones que hicieron posible la realización de este estudio. En el ámbito metodológico y conceptual, valoramos los valiosos comentarios de Jacinta García-Talegón, Margaret Brocx, Marcos Nascimento y Antoni Camprubí, cuya detallada revisión del manuscrito contribuyó significativamente a su calidad. De igual forma, agradecemos a Julio Cárdenas, Pedro Isique y

Claudia Sánchez, miembros del IAEG Perú, por sus aportes iniciales al diseño de este proyecto. Un reconocimiento especial se dirige a quienes facilitaron la documentación y el trabajo de campo: Rafael Schmidt, Luis Yucra y Pedro Isique (PIASA Consultores) por la cesión de fotografías inéditas; las comunidades campesinas de Miraflores y a la comunidad de maestros canteros de Añashuayco, así como a los funcionarios del SERNANP (incluyendo al equipo de la RPNYC) y los colegas del Instituto de Montaña, por las facilidades logísticas y el acceso a información. Finalmente, expresamos nuestra gratitud al Dr. Miguel Ángel Cruz Pérez y a los revisores anónimos de la revista Enseñanza y Comunicación de las Geociencias, cuyas observaciones finales enriquecieron este trabajo. Declaramos adicionalmente que se empleó inteligencia artificial generativa para mejorar la claridad y legibilidad del texto, la cual hemos verificado y validado.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de interés.

## Editor a cargo

Antoni Camprubí.

## Referencias

- Allen, C. J. (1988). *The hold life has: coca and cultural identity in an Andean community*. Smithsonian Institution Press.
- Arouca Geopark. (2011). *Declaración de Arouca*. Congreso Internacional de Geoturismo “Geotourism in Action – Arouca 2011”. <https://aroucageopark.pt/wp-content/uploads/2024/11/Declaracion-de-Arouca.pdf>
- Arrad, T. Y., Errami, E., Ennih, N., Ouajhain, B. y Bouaouda, M. S. (2020). From geoheritage

- inventory to geoeeducation and geotourism implications: Insight from Jbel Amsittene (Essaouira province, Morocco). *Journal of African Earth Sciences*, 161, 103656. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2019.103656>
- Asociación de Servicios de Geología y Minería Iberoamericanos (ASGMI). (2018). *Bases para el desarrollo común del patrimonio geológico en los servicios geológicos de Iberoamérica*. Asociación de Servicios de Geología y Minería Iberoamericanos.
- Bobrowsky, P., Cronin, V. S., Di Capua, G., Kieffer, S. W. y Peppoloni, S. (2017). The emerging field of Geoethics. En L. C. Gundersen (Ed.), *Scientific Integrity and Ethics in the Geosciences*, (pp. 175–212) Advancing Earth and Space Sciences. <https://doi.org/10.1002/9781119067825.ch11>
- Borba, A. W. (2011). Geodiversidade e geopatrimônio como bases para estratégias de geoconservação: conceitos, abordagens, métodos de avaliação e aplicabilidade no contexto do Estado do Rio Grande do Sul. *Pesquisas Em Geociências*, 38(1), 3–13. <https://doi.org/10.22456/1807-9806.23832>
- Brilha, J. (2016). Inventory and quantitative assessment of geosites and geodiversity sites: a review. *Geoheritage*, 8(2), 119–134. <https://doi.org/10.1007/s12371-014-0139-3>
- Brocx, M. y Semeniuk, V. (2016). Determining Geoheritage values. En M. J. Kennish (Eds.), *Encyclopedia of Estuaries. Encyclopedia of Earth Sciences Series*. Springer, Dordrecht. [https://doi.org/10.1007/978-94-017-8801-4\\_311](https://doi.org/10.1007/978-94-017-8801-4_311)
- Brocx, M. y Semeniuk, V. (2019). The ‘8Gs’-A blueprint for Geoheritage, Geoconservation, Geo-education and Geotourism. *Australian Journal of Earth Sciences*, 66(6), 803–821. <https://doi.org/10.1080/08120099.2019.1576767>
- Bustamante, R., Vazquez, P. y Prendes, N. (2021). Properties of the Ignimbrites in the architecture of the historical center of Arequipa, Peru. *Applied Sciences*, 11(22), 10571. <https://doi.org/10.3390/app112210571>
- Canet, C., Sánchez-Aguirre, D., García-Sánchez, L. y Castañeda-Bastida, E. (2024). Geological heritage in UNESCO’s World Heritage List: A critical review. *International Journal of Geoheritage and Parks*, 12(4), 531–543. <https://doi.org/10.1016/j.ijgeop.2024.09.001>
- Carcavilla, L., Díaz-Martínez, E., Erikstad, L. y García-Cortés, Á. (2013). Valoración del patrimonio geológico en Europa. *Boletim Paranaense de Geociências*, 70, 28–40. <https://doi.org/10.5380/geo.v70i0.31501>
- Cárdenas-Manzaneda, J., Villacorta-Chambi, S. P. y Toledo-Gutiérrez, C. (2022). Geoethics and the promotion of geoheritage in Peru. En S. P. Villacorta Chambi (Ed.), *Geoethics in Peru* (pp. 73–85). SpringerBriefs in Geoethics. Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-86731-7\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-030-86731-7_6)
- Carrión-Mero, P., Dueñas-Tovar, J., Jaya-Montalvo, M. F., Berrezueta, E. y Jiménez-Orellana, N. (2022). Geodiversity Assessment to Regional Scale. A Case Study. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4014063>
- Carvalho, I. S. y Leonardi, G. (2022). The invisibles of science and the Paleontological Heritage: The Brazilian Study Case. *Geoheritage*, 14, 107. <https://doi.org/10.1007/s12371-022-00737-1>
- Carvalho, I. de S., Raminelli, R., Henriques, M. H. P., Soares, R. C., de Andrade, J. A. F. G. y de Freitas, F. I. (2021). The Araripe Geopark (NE Brazil): Discovering the Earth’s Past as a Driver of Economic and Social Transformation. *Geoheritage*, 13(3). <https://doi.org/10.1007/s12371-021-00586-4>
- Chacaltana, C. y Tejada-Medina, L. (2025). *Historia de la paleontología en el Perú en su marco institucional* [resumen]. En III Simposio– I Congreso Internacional de Paleontología del Perú. Libro de resúmenes. Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET).
- Clark, I., Villacorta, S.P., Miller, S. y Occhipinti, S. (2024). The history and current status

- of IUGS-COGE: two decades of progress in Global Geoscience Education. *Episodes Journal of International Geoscience*, 47(4), 699–708. <https://doi.org/10.18814/epiugs/2024/02404s05>
- Crofts, R., Gordon, J. E., Brilha, J., Gray, M., Gunn, J., Larwood, J., Santucci, V., Tormey, D. y Worboys, G. L. (2020). *Guidelines for geoconservation in protected and conserved areas*. IUCN World Commission on Protected Areas (WCPA). <https://doi.org/10.2305/iucn.ch.2020.pag.31.en>
- Dede, V. y Zorlu, K. (2023). Geoheritage Assessment with Entropy-Based WASPAS Approach: An Analysis on Karçal Mountains (Turkey). *Geoheritage*, 15(5), 1–13. <https://doi.org/10.1007/s12371-022-00777-7>
- Diniz, M. T. M. y de Araújo, I. G. D. (2022). Proposal of a Quantitative Assessment Method for Viewpoint Geosites. *Resources*, 11, 115. <https://doi.org/10.3390/resources11120115>
- España. (2007). *Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad*. Boletín Oficial del Estado, 299, 51506–51543. <https://www.boe.es/buscar/pdf/2007/BOE-A-2007-21490-consolidado.pdf>
- Farsani, N. T., Mortazavi, M., Bahrami, A., Kalantary, R. y Bizhaem, F. K. (2017). Traditional Crafts: a Tool for Geo-education in Geotourism. *Geoheritage*, 9(4), 577–584. <https://doi.org/10.1007/s12371-016-0211-2>
- Fernández-Álvarez, R. (2020). Geoparks and education: UNESCO Global Geopark Villuercas-Ibores-Jara as a case study in Spain. *Geosciences*, 10(1), 27. <https://doi.org/10.3390/geosciences10010027>
- Gałaś, A., Haghghat-Khah, R. E., Cuber, P., Benavente, M., Gorfinkiel, D. y Gałaś, S. (2022). The impact of COVID-19 pandemic on halting sustainable development in the Colca y Volcanes de Andagua UNESCO Global Geopark in Peru—Prospects and future. *Sustainability*, 14(7), 4043. <https://doi.org/10.3390/su14074043>
- García, M. D., Nascimento, M., Mansur, K. L., y Pereira, R. F. (2022). Geoconservation strategies framework in Brazil: Current status from the analysis of representative case studies. *Environmental Science & Policy*, 128, 194–207. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2021.11.006>
- García-Cortés, Á., Vegas-Salamanca, J., Carcavilla-Urquí, L. y Díaz-Martínez, E. (2019). *Bases conceptuales y metodología del Inventario Español de Lugares de Interés Geológico (IELIG)*. Instituto Geológico y Minero de España.
- González-Mantilla, P. G., y León, C. J. (2020). Tourism management in South American geological areas: Comparing two cases from Peru and Brazil. *Geoheritage*, 12(2). <https://doi.org/10.1007/s12371-020-00455-6>
- Gómez-Pérez, M. y Martínez-Matiz, D. (2021). *Metodología de Valoración del Patrimonio Geológico y Paleontológico Mueble o Ex situ para el Registro en el Inventario Nacional Geológico y Paleontológico (INGEP)*. Servicio Geológico Colombiano.
- Gray, M. (2013). Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature. *Choice Reviews Online*, 51(11), 51-6193. <https://doi.org/10.5860/choice.51-6193>
- INGEMMET. (2023). *Inventario nacional de sitios de interés geológico*. GEOCATMIN. Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico del Perú.
- International Union of Geological Sciences (IUGS). (2022). *The first 100 IUGS Geological Heritage Sites*. International Union of Geological Sciences; Comisión de Geoconservación, UNESCO International Geoscience Programme. <https://iugs-geoheritage.org/publications-dl/IUGS-FIRST-100-SITES-WEB-BOOK.pdf>
- Jaillard, E., Hérail, G., Monfret, T., Díaz-Martínez, E., Baby, P., Lavenu, A. y Dumont, J. F. (2000). Tectonic evolution of the Andes of Ecuador, Peru, Bolivia and northern Chile. En U. G. Cordani, E. J. Milani, A. Thomaz Filho y D. A. Campos (Eds.), *Tectonic evolution of South America* (pp. 481–559). Sociedade Brasileira de Geologia.

- Kim, C., Ma, J., Kang, N., Jong, H., Paek, C. y Kim, P. (2023). Ranking Mountainous Geoheritages with the 3A Approach (Attraction, Accessibility, and Amenity). *Geoheritage*, 15, 12. <https://doi.org/10.1007/s12371-022-00781-x>
- King, C. y Hlawatsch, S. (2023). Earth Learning Ideas (ELI). En S. Hlawatsch y C. Reichel (Eds.), *Didaktik der Geowissenschaften* (pp. 155–172). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-66354-7\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-662-66354-7_7)
- Kubalíková, L. y Balková, M. (2023). Two-level assessment of threats to geodiversity and geoheritage: A case study from Hády quarries (Brno, Czech Republic). *Environmental Impact Assessment Review*, 99, 107024. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2022.107024>
- Kuhn, J., Bobrowski, N. y Platt, U. (2022). The Interface Between Magma and Earth's Atmosphere. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 23(12). <https://doi.org/10.1029/2022gc010671>
- Larrea-Burneo, A. A. (2020). *Cosmopolítica territorial de la Nación Wampís: Visiones de autonomía en la Amazonía peruana* [Tesis de maestría, Université du Québec à Montréal]. Repositorio Institucional UQAM. <https://archipel.uqam.ca/18114/>
- León de los Santos, N., Postigo, G., Castillo, S. y Quispe, J. (2021). Revalorización y sostenibilidad tecnológica de los andenes interandinos agroecológicos en la región Arequipa-Perú. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, 27(1), 357–367. <https://doi.org/10.31876/rcs.v27i1.35316>
- Lozano-Otero, G., Carcavilla-Urquí, L., Finney, S., Hilario, A., Vegas-Salamanca, J., Wyk de Vries, B. V. y Zhang, J. (2024). *The second IUGS Geological Heritage Sites*. International Union of Geological Sciences.
- Macera-Dall'Orso, P. (1976). *La imagen francesa del Perú (Siglos XVI-XIX)*. Instituto Nacional de Cultura.
- Mahmoodi, A., Hashemi, L., Javidi Moshtaghin, N. y Javidi Moshtaghin, N. (2025). Advancing the Delphi method: a binomial test approach for enhanced environmental consensus analysis. *Smart and Sustainable Built Environment*. <https://doi.org/10.1108/sasbe-12-2024-0562>
- Martínez-Graña, A., Valdés-Rodríguez, V. y Cruz, R. (2019). *Estudio geológico ambiental para la ordenación del Parque Nacional de Monfragüe: Aplicaciones geomorfológicas al paisaje y al patrimonio geológico*. Análisis cartográfico mediante SIG.
- Matteucci, R., Gosso, G., Peppoloni, S., Piacente, S. y Wasowski, J. (2014). The “geoethical promise”: A proposal. *Episodes Journal of International Geoscience*, 37(3), 190–191. <https://doi.org/10.18814/epiugs/2014/v37i3/004>
- Medina, L., Moreno, J. y León, L. (2022). *Efectos geológicos asociados al sismo Mw 7.5 del 28 de noviembre de 2021 en el departamento de Amazonas* (Informe técnico n.º A7227). Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET), Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/3622>
- Mikhailenko, A. V. y Ruban, D. A. (2023). Ancient Deep Sea Bottom in Modern Mountains: New Aspects of Geoheritage from Guzeripl in Southwestern Russia. *Heritage*, 6(3), 2767–2782. <https://doi.org/10.3390/heritage6030147>
- Mucivuna, V. C., Motta- Garcia, M. D. G. y Reynard, E. (2022). Comparing quantitative methods on the evaluation of scientific value in geosites: analysis from the Itatiaia National Park, Brazil. *Geomorphology*, 396, 107988. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2021.107988>
- Organización de las Naciones Unidas. (s.f.). *Objetivo 4: Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos*. Objetivos de Desarrollo Sostenible. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/education/>
- Organización de las Naciones Unidas. (s.f.). *Objetivo 11: Lograr que las ciudades y los*

- asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles. Objetivos de Desarrollo Sostenible. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/cities/>
- Organización de las Naciones Unidas. (s.f.). *Objetivo 15: Gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y detener la pérdida de biodiversidad*. Objetivos de Desarrollo Sostenible. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/biodiversity/>
- Orozco-López, E. (2020). Apropiación territorial y construcción de identidad colectiva frente al despojo de recursos. el caso del geoparque mundial mixteca alta, Oaxaca, México. *Empiria. Revista de Metodología de Ciencias Sociales*, 48, 67. <https://doi.org/10.5944/empiria.48.2020.28071>
- Perú. (1997). *Ley N.º 26839, Ley sobre la conservación y el aprovechamiento sostenible de la diversidad biológica*. Diario Oficial El Peruano.
- Pereira, L. S., de Carvalho, D. M. y da Cunha, L. S. (2019). Methodology for the semi-quantitative evaluation of geoheritage applied to coastal geotourism in João Pessoa (Paraíba, Northeast Brazil). *Geoheritage*, 11(4), 1941–1953. <https://doi.org/10.1007/s12371-019-00417-7>
- ProGEO. (1991). *Digne-les-Bains Declaration: International declaration on the rights of the memory of the Earth*. The European Association for the Conservation of the Geological Heritage. [http://progeo.ngo/downloads/DIGNE\\_DECLARATION.pdf](http://progeo.ngo/downloads/DIGNE_DECLARATION.pdf)
- Quesada-Román, A. y Pérez-Umaña, D. (2020). State of the Art of Geodiversity, Geoconservation, and Geotourism in Costa Rica. *Geosciences*, 10(6), 211. <https://doi.org/10.3390/geosciences10060211>
- Rangel, T. F., Edwards, N. R., Holden, P. B., Diniz-Filho, J. A. F., Gosling, W. D., Coelho, M. T. P., Cassemiro, F. A. S., Rahbek, C. y Colwell, R. K. (2018). Modeling the ecology and evolution of biodiversity: Biogeographical cradles, museums, and graves. *Science*, 361(6399). <https://doi.org/10.1126/science.aar5452>
- Reynard, E. y Giusti, C. (2018). The landscape and the cultural value of Geoheritage. Chapter 8. En E. Reynard y J. Brilha (Eds.), *Geoheritage assessment, protection, and management* (pp. 147–166). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809531-7.00008-3>
- Ríos, C. A., Amorocho, R., Villarreal, C. A., Mantilla, W., Velandia, F. A., Castellanos, O. M., Muñoz, S. I., Atuesta, D. A., Jerez, J. H., Acevedo, O., Vargas, M., Caballero, V. M., Goso, C. A. y Briggs, A. (2020). Chicamocha Canyon Geopark project: A novel strategy for the socio-economic development of Santander (Colombia) through geoeducation, geotourism and geoconservation. *International Journal of Geoheritage and Parks*, 8(2), 96–122. <https://doi.org/10.1016/j.ijgeop.2020.05.002>
- Ruban, D. A., Mikhailenko, A. V. y Yashalova, N. N. (2022). Valuable geoheritage resources: Potential versus exploitation. *Resources Policy*, 77, 102665. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2022.102665>
- Servicio Geológico Colombiano (SGC). (2017). *Instructivo Código IN-GEO-001: Metodología de Valoración de Patrimonio Geológico y Paleontológico Inmueble o In situ*. Servicio Geológico Colombiano (SGC).
- Silva, G. B., Neiva, R. M. S., Fonseca Filho, R. E. y Nascimento, M. A. L. (2021). Potentialities of geotourism to create a new tourism segmentation in Brazil. *Revista Turismo em Análise*, 32(1), 1–18. <https://www.researchgate.net/publication/359421460>
- Suarez-Calderón, J. K. y Huaman-Huillca, E. (2024). *Determinación, caracterización y cuantificación del patrimonio geológico para la creación de un geoparque en el Valle Sagrado de los Incas, región Cusco–2023* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]. Repositorio Institucional UNSAAC.
- Tessema, G. A., Poesen, J., Verstraeten, G., Van

- Rompaey, A. y van der Borg, J. (2021). The Scenic Beauty of Geosites and its Relation to their Scientific Value and Geoscience Knowledge of Tourists: A Case Study from Southeastern Spain. *Land*, 10(5), 460. <https://doi.org/10.3390/land10050460>
- UNESCO. (2021). *UNESCO Global Geoparks: Celebrating Earth heritage, sustaining local communities*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. <https://en.unesco.org/global-geoparks>
- UNESCO. (2024). *The UNESCO Global Geoparks. Gestalten*.
- UNESCO. (2025). *Sites as partners for Education for Sustainable Development: An implementation guide*. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.
- Villacorta, S. P., Pinto, L. y Mansur, K. L. (2023). Importancia de la geoética en las carreras de ingeniería geológica y geociencias: La experiencia latinoamericana. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 75(2), A100423. <https://doi.org/10.18268/bsgm2023v75n2a100423>
- Villacorta, S., Pinto, L., Camprubí, A. y Cervantes, Y. (2024). Integrating geoethics in tertiary education: a strategy for sustainable development in Latin America and the Caribbean. *Episodes*, 47(4), 733–751. <https://doi.org/10.18814/epiiugs/2024/02404s02>
- Zavala, B. (2016). Perú. En J. L. Palacio Prieto (Coord.), *Patrimonio geológico y su conservación en América Latina: Situación y perspectivas nacionales*. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Zavala, B., Churata, D. y Valera, F. (2015). *Estudios geoturísticos, propuestas y gestión para la creación de geoparques nacionales desarrollados por INGEMMET* [trabajo]. Primer Simposio de Geoparques, Patrimonio Geológico y Geoturismo, Lima, Perú.
- Zafeiropoulos, G., Drinia, H., Antonarakou, A. y Zouros, N. (2021). From Geoheritage to Geoeducation, Geoethics and Geotourism: A Critical Evaluation of the Greek Region. *MDPI Geosciences*, 11(9), 381. <https://doi.org/10.3390/geosciences11090381>
- Ziólkowski, M. S. (2008). *Coropuna y Solimana: los oráculos de Condesuyos*. <https://doi.org/10.18800/9789972428463.004>

## Anexos

Anexo 1. Criterios y sistemas de puntuación para una evaluación funcional de los geositios (adaptado de Mikhailenko y Ruban, 2023).

Criterio	Clasificación	Puntajes
Público objetivo (tipo principal de visitantes)	Sólo científicos	10
	Sólo grupos estudiantiles guiados	15
	Científicos y grupos estudiantiles guiados	20
	Grupos estudiantiles guiados y turistas	35
	Científicos, grupos estudiantiles guiados y turistas	50
Accesibilidad (desde el poblado)	Escalando (complicado)	5
	En bus o auto	15
	Transporte público	25
	Escalando (fácil)	35
Diversidad de componentes del paisaje	Sólo elementos geológicos	10
	Elementos geológicos + otros naturales (hidrológicos, biológicos)	20
	Elementos geológicos + culturales (materiales o simbólicos)	25
	Elementos geológicos + naturales + culturales	35
Estética	Ninguna	0
	Sólo paisaje	15
	Sólo características geológicas	25
	Características geológicas y paisaje	35
Posición (relativa)	Fuera del poblado	10
	Periferia del poblado	20
	Centro del poblado	35
Visibilidad (relativa)	Limitado para la localidad	10
	Distante, fuera del poblado	25
	Distante desde el poblado	35
Uso (actividades)	Sólo observación general	10
	Observación general y examinación cerrada	25
	Exploración activa (por ejemplo, coleccionar fósiles o minerales) si está permitido y no daña el geopatrimonio	35
	La combinación con actividades no geológicas añade 15 puntos en este criterio	
Puntaje total	Relativamente bajo	<100
	Medio	100-200
	Relativamente alto	>200

Anexo 2. Interpretación interdisciplinaria de los geositos seleccionados con base en el modelo 8G y el esquema de Zafeiropoulos et al. (2021).

Geosito evaluado	Valor educativo y cultural	Ejes 8G	Evidencias culturales / materiales–inmateriales	Aplicación potencial a la educación en geociencias (ejemplos)
Cordillera Negra (Áncash)	Alto. Excelente escenario para prácticas de campo en tectónica, mineralogía y análisis del paisaje. Potencial sobresaliente para formación universitaria y técnica.	Geoeducación, Geoturismo, Geoconservación, Geodiversidad.	En la cosmovisión andina se asocia con la “montaña sin nieve”, símbolo de cambio climático y pérdida del agua. Las comunidades campesinas utilizan terrazas ancestrales y prácticas rituales ligadas al manejo del agua y la tierra (Allen, 1988).	Formación en geociencias y ciudadanía ambiental. Actividades de campo sobre erosión, agua y resiliencia. Elaboración de materiales didácticos sobre cambio climático y gestión sostenible.
Pongo de Rentema (Amazonas)	Medio. Valor de Interés paisajístico y geodinámico. Apto para el análisis e interpretación geológica, y educación ambiental.	Geoturismo, Geodiversidad y conformación paisajística.	Espacio de tránsito y comercio ancestral; el “pongo” aparece en relatos awajún y wampís como paso mítico y vital. Su geografía, integrada a narrativas de origen vinculadas al río Marañón, refleja una cosmovisión territorial donde los pongos son umbrales sagrados. Esta perspectiva, que concibe el territorio como una red de relaciones, es fundamental para la defensa de su autonomía (Larrea-Burneo, 2020).	Educación y sensibilización ambiental sobre procesos y causalidad en los aspectos geodinámicos locales. Diseño de guías geoetnográficas y narrativas sobre el agua y la cultura ribereña. Integración en proyectos de Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas centrados en hidrodinámica y cultura ribereña.
Canteras de Añashuayco y andenes del valle del Chili (Arequipa)	Alto. Sitio emblemático del patrimonio geológico y cultural. Incluido en la lista de los 100 primeros sitios de Patrimonio Geológico Mundial (IUGS, 2022). Vincula geología, arquitectura y manejo ancestral del territorio (adaptación agrícola al relieve). Apto para promover la conciencia patrimonial, universal y fuente de recursos industriales, así como las prácticas constructivas en	Geoturismo, comunidad, Geoética, Geoconservación	El sillar (ignimbrita) de Añashuayco, extraído desde época colonial, es base del patrimonio arquitectónico arequipeño y mantiene valor económico y simbólico. Su explotación artesanal persiste como herencia cultural y técnica. Los andenes del valle del Chili reflejan el conocimiento inca del manejo de suelos y agua, integrando ingeniería agrícola ancestral con el	Programas educativos sobre patrimonio construido y uso sostenible de materiales de origen volcánico, actividades mineras, turísticas y del patrimonio y arquitectura histórica. Posibilita talleres y salidas de campo sobre petrografía del sillar, procesos eruptivos, geomorfología y geodiversidad aplicada. Facilita actividades

Anexo 2. Interpretación interdisciplinaria de los geositos seleccionados con base en el modelo 8G y el esquema de Zafeiropoulos et al. (2021). Continuación

Geosito evaluado	Valor educativo y cultural	Ejes 8G	Evidencias culturales / materiales–inmateriales	Aplicación potencial a la educación en geociencias (ejemplos)
	administración de recursos naturales.		paisaje volcánico (Bustamante et al., 2020; Leon de los Santos <i>et al.</i> , 2021).	interdisciplinarias sobre ingeniería civil, historia de la arquitectura y sistemas agrícolas tradicionales, vinculando geociencia, cultura y sostenibilidad.
Nevado Coropuna	Medio. Patrimonio geológico y simbólico relevante. Idóneo para educación sobre vulcanismo, glaciares y cambio climático y ordenamiento territorial.	Geoeducación, Geoconservación, Geoturismo, Geoética	El Apu Coropuna es una deidad mayor en la cosmovisión andina, guardián del agua y de la fertilidad. Se realizan ofrendas rituales a la montaña (pagos a la tierra) como prácticas vivas que articulan identidad y territorio (Ziólkowski, 2008).	Material educativo sobre geomorfología y geoturismo vulcanología e hidrogeología. Actividades sobre glaciares, vulcanismo y espiritualidad andina. Desarrollo de materiales educativos interculturales que integren ciencia y cosmovisión local.
Miraflores–Huaquis (Yauyos)	Alto. Espacio didáctico y comunitario de valor cultural, geológico e histórico; ideal para la educación intercultural y territorial. Apto para enseñar arqueología, ordenación territorial, geología, relaciones comunitarias. Útil para contextos educacionales interculturales y comunitarios.	Geoeducación, Geointerpretación, Geocomunidad	El antiguo pueblo de Huaquis y sus andenes reflejan el manejo ancestral del relieve y la cosmovisión agrícola andina. La Comunidad Campesina de Miraflores y el Instituto de Montaña desarrollan desde hace años el proyecto “Conservación, puesta en valor y gestión sostenible del Paisaje Cultural Yanacancha–Huaquis”, con el apoyo de World Monuments Fund - Perú y la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas (RPNYC), perteneciente al Servicio de Áreas Naturales Protegidas (SERNANP).	Educación rural e intercultural sobre tectónica, adaptación agrícola y patrimonio. Senderos interpretativos para educación media y superior adaptadas a las necesidades locales. Integración en proyectos escolares sobre riesgo, ordenamiento territorial y desarrollo sostenible.

Anexo 3. Propuesta educativa escalonada para el uso didáctico de geositios en contextos latinoamericanos.

Nivel educativo	Objetivo formativo	Estrategias propuestas	Resultados esperados
Educación básica	Sensibilizar sobre la relación entre geología, paisaje y comunidad.	Observación de rocas y suelos, uso de narrativas culturales (nombres quechuas o aimaras de formaciones). Uso de geositios locales como aulas abiertas para salidas de campo locales y actividades de observación del paisaje.	Desarrollo de curiosidad científica y valores de respeto por el entorno natural y cultural. Sensibilización temprana hacia el entorno, la curiosidad científica y los valores geoéticos de respeto por la naturaleza.
Educación media	Integrar contenidos geocientíficos con problemáticas socioambientales.	Módulos interdisciplinarios Desarrollo de módulos interdisciplinarios (ejemplo: geografía, historia, ciudadanía, ciencias), incorporando debates sobre minería, agua, riesgos geológicos, conflictos socioambientales y patrimonio cultural. Se recomienda el uso de recursos digitales y estrategias participativas como <i>Earth Learning Ideas</i> (King y Hlawatsch, 2023).	Comprensión crítica del territorio y fortalecimiento de la responsabilidad ambiental.
Educación superior	Consolidar la formación ética y profesional	Implementación de cursos y prácticas de campo en geositios, centrados en el análisis de dilemas geoéticos, proyectos con comunidades locales, la gestión del patrimonio geológico y el análisis de casos reales (por ejemplo, minería y agua en Perú, peligros geológicos en Chile, conflictos extractivos en Argentina y Cuba).	Desarrollo de competencias técnicas y éticas para la gestión sostenible del geopatrimonio, la divulgación científica y la participación comunitaria.