

# Propuesta de geositos alrededor del volcán Huaynaputina, para el desarrollo del geoturismo en la región Moquegua

Carla Arias<sup>1</sup>, Jersy Mariño<sup>1</sup>, Kevin Cueva<sup>1</sup>

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico-INGEMMET, Observatorio Vulcanológico del INGEMMET(carla.ariasalazar05@gmail.com)

**Palabras clave:** Geopatrimonio, geoturismo, Huaynaputina.

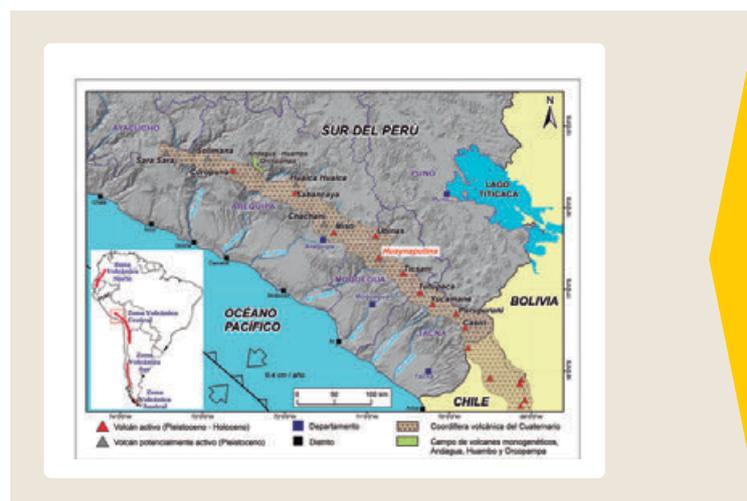
## RESUMEN

El volcán Huaynaputina, registró la erupción más grande en época histórica en Sudamérica con un Índice de Explosividad Volcánica (IEV) 6, en el año 1600 d.C., y es considerada una de las mayores en el mundo en los últimos 2 mil años. Esta erupción ocurrió en la época de transición entre el Imperio Inca y el Virreinato. Tuvo un impacto en el clima global, con el descenso de la temperatura en el hemisferio norte -1.13 °C el año 1601, originando severas heladas y hambrunas en Rusia y China (Stoffel et al. 2015; Fei et al. 2015). Localmente, la erupción modificó la geografía de su entorno y sepultó al menos 15 pueblos Incas (Thouret et al., 1999), donde murieron más de 1500 personas (Navarro, 1994; Ticona, 2005). El volcán Huaynaputina y alrededores destaca por su geodiversidad litológica, reflejado en secuencias de flujos de lava, domos, caídas de tefra, flujos piroclásticos y depósitos de avalancha de escombros. Estos depósitos tienen un alto valor científico, educativo y turístico (Mariño et al. 2021). Por ello se realizó la valoración de geositos con una metodología adaptada (Brilha 2005, 2016; Pereira 2007b, Cendrero 1996). Se clasificaron los geositos según su interés local - regional o nacional - internacional, valor científico, uso potencial educativo - turístico y riesgo de degradación (Arias, 2021). Se identificaron 21 geositos, agrupados como: 8 geositos volcánicos (depósitos y estructuras volcánicas); 7 arqueológico volcánicos (pueblos sepultados por la erupción); 3 geomorfositos (terrazas, zona de represamiento del río Tambo, lahares) y 3 fuentes termales (actividad hidrotermal). La valoración de geositos y el impulso del geoturismo es una herramienta, que contribuirá con la educación sobre los peligros y beneficios de la actividad volcánica, el desarrollo socioeconómico de su población local y generación de comunidades resilientes ante los peligros volcánicos.

## UBICACIÓN

El volcán Huaynaputina es un estratovolcán activo que forma parte de la Zona Volcánica de los Andes Centrales (ZVC). Está localizado en la provincia de General Sánchez Cerro, en los distritos de

Quinistaquillas y Matalaque, al norte de la región de Moquegua en el sur peruano.



► Fig. 1 Mapa de ubicación del volcán Huaynaputina (Arias, 2021).

## METODOLOGÍA

La valoración de lugares de interés geológico nos permite conocer las características geológicas relevantes, su valor científico, educativo y turístico. También su grado de preservación y la vulnerabilidad, frente a amenazas naturales o antrópicas, para la implementación de estrategias de geoconservación y aprovechamiento sostenible. Por ello realizó la recopilación y adaptación (Arias, 2021; Mariño et al. 2021) de las metodologías propuestas por Cendrero (1996), Carcavilla et al. (2007), Pereira et al. (2007b), Brilha (2005, 2016), ASGMI (2018) y Zabala et al. (2016), para aplicarlas en nuestra área de estudio.

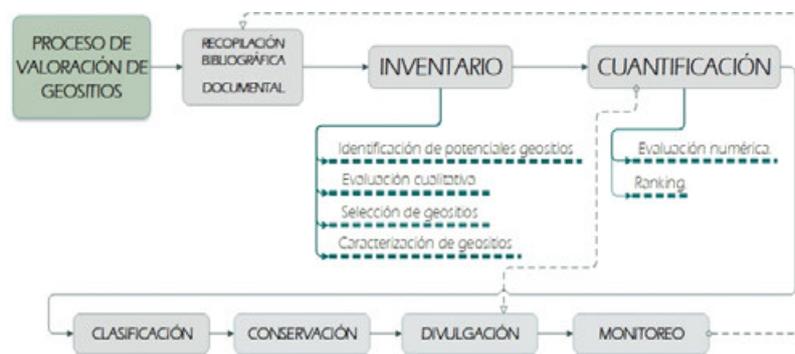
La metodología adaptada a partir de los autores ya mencionados consta de 2 etapas principales: inventario, cuantificación, y 4 etapas post ejecución de los geositios: clasificación, conservación, divulgación y monitoreo (Brilha, 2005).

Primero se hizo una recopilación de toda la información relacionada al área de estudio, como publicaciones nacionales e internacionales de artículos, boletines de INGEMMET, crónicas, libros y tesis, para orientar y fundamentar la investigación.

Además, se consideró la información tomada en campo respecto a los estudios de geofísica y cartografía geológica en el área como base importante para la identificación de lugares de interés geológico in situ (Arias, 2021; Mariño et al. 2021), durante las salidas de campo en INGEMMET.

### Inventario

El inventario es el primer paso a que un "Potencial Geositio" quede como "Geositio", cuenta con 4 sub-



► Fig. 2 Diagrama del proceso de valoración de geositios (modificado de Brilha, 2005).

etapas: identificación, evaluación cualitativa, selección y caracterización de geositios (Pereira 2007b). La identificación de sitios de interés geológico (SIG), se da en aquellos lugares que destaquen en representatividad, integridad, rareza y conocimiento científico (Brilha, 2005).

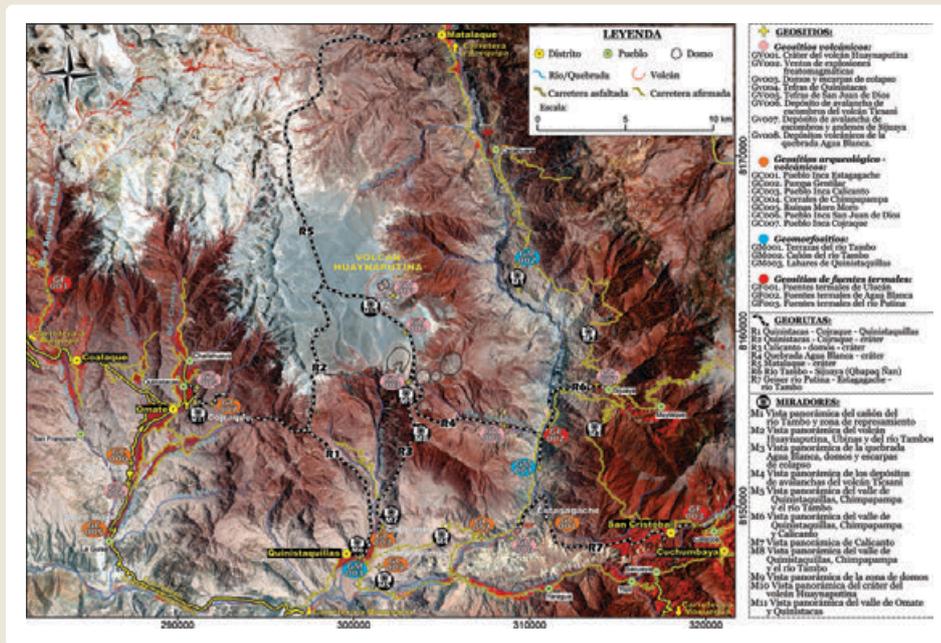
Seguido de una evaluación cualitativa (Martínez, 2010; Cendrero, 1996), según su valor intrínseco, potencial de uso, y necesidad de protección. Para la selección de geositios se da según su valor intrínseco, aquellos con un puntaje mayor o igual al 50%. Finalmente, la caracterización, es decir una descripción más detallada de cada geositio con información del valor intrínseco, incluyendo el interés científico (geológico, ecológico, conocimiento científico), educativo (didáctico, instructivo, informativo e histórico) y turístico (arquitectónico-cultural, estético, rareza, recreativo, paisajístico y nivel de influencia). Así mismo, el potencial de uso evaluando la accesibilidad, tipo y estado de vía, población más próxima, visibilidad, valor de uso

actual y obstáculos para su aprovechamiento. Y la necesidad de protección del geositio, frente a amenazas naturales o antrópicas, considerando el nivel de deterioro, la vulnerabilidad, medidas de protección y su situación administrativa, concluyendo con una breve descripción y un panel fotográfico representativo del lugar.

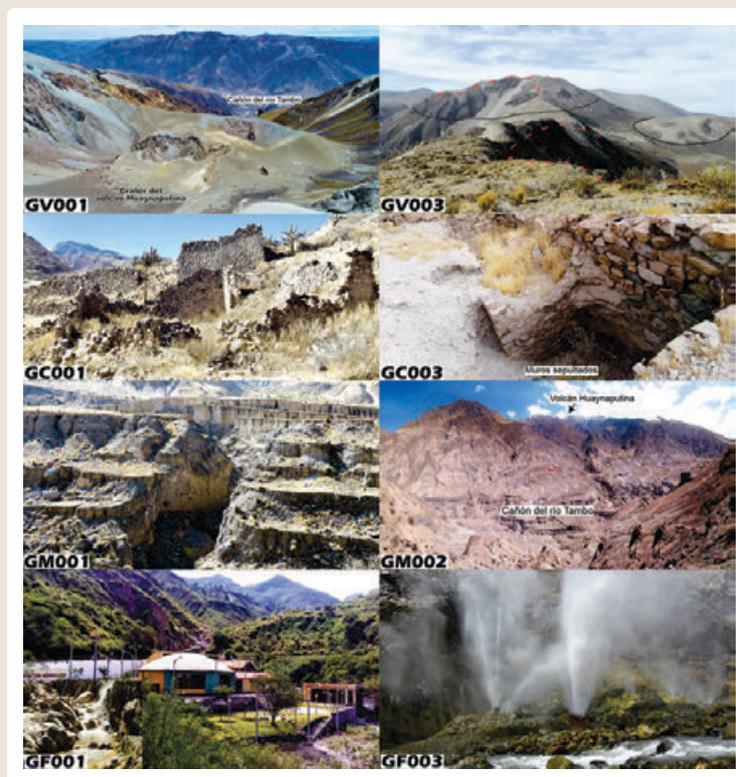
### Cuantificación

Para este proceso se utilizó la metodología de Brilha (2005) que permite clasificar los geositios según el tipo de interés actual, local a regional o nacional a internacional.

Por otro lado, para jerarquizar a los geositios según su valor científico, uso potencial educativo, uso potencial turístico y el riesgo de degradación se utilizó la metodología de Brilha (2016). Cada uno se evaluó independientemente, pues el valor del geositio no está directamente relacionado con su potencial de uso o vulnerabilidad.



► Fig. 3 Mapa de geosítios, georutas y miradores del volcán Huaynaputina (Arias, 2021; Mariño et al. 2021).



► Fig. 4 Fotografías de algunos de los geosítios: GV001 Cráter del volcán Huaynaputina, GV003 Domos y escarpas de colapso, GC001 Pueblo Inca Estagagache, GC003 Pueblo Inca Calicanto, GM001 Terrazas del río Tambo, GM002 Cañón del río Tambo, GF001 Fuentes termales de Ulucán, GF003 Fuentes termales del río Putina (Arias, 2021; Mariño et al. 2021).

## Clasificación, conservación, divulgación y monitoreo

Es necesario proveer al patrimonio geológico, a través de los geositos, de una base legal para su protección e incentivar medidas de conservación según el nivel de riesgo de cada sitio de interés geológico. Es fundamental difundir toda la información con la que se cuente y de los peligros relacionados para concientizar a la población frente a ello. Finalmente realizar un seguimiento constante a los geositos, con visitas periódicas y mantenimiento.

### Resultados

Se identificaron 21 potenciales geositos, en cada uno de ellos se tomaron datos generales de cada lugar, así como una descripción de las características geológicas y geomorfológicas más resaltantes para una posterior evaluación cualitativa, selección y caracterización de los geositos. De esta manera se seleccionaron los 21 geositos, que fueron agrupados en cuatro categorías: geositos volcánicos (8), arqueológico-volcánicos (7), geomorfositos (3) y de fuentes termales (3):

**Geositos volcánicos:** GV001 - GV008, que corresponden a depósitos y estructuras volcánicas, tales como el Cráter del volcán Huaynaputina, domos y escarpas de colapso, depósitos volcánicos de Agua Blanca; depósito de avalancha de escombros y andenes de Sijuaya, depósito de avalanchas del

Ticsani, tefras de Quinistacas y las tefras de San Juan de Dios.

**Geositos arqueológico-volcánicos:** GC001 - GC007, que corresponden a los pueblos e infraestructuras destruidas y sepultadas por la erupción. Como el pueblo Inca Estagagache; Pampa Gentilar; pueblo Inca Calicanto; corrales de Chimpapampa; ruinas Moro Moro; pueblo Inca San Juan de Dios y el pueblo Inca Cojraque.

**Geomorfositos:** GM001 - GM003, asociado a los cambios geomorfológicos en el río Tambo, originado por el represamiento del río con el material emitido en la erupción y que hoy pueden observarse en ambas márgenes, siendo las terrazas del río Tambo, el cañón del río Tambo y los lahares de Quinistaquillas.

**Geositos en fuentes termales:** GF001 - GF003, que corresponden a las fuentes termales de Ulucán, Agua Blanca y géiser del río Putina, que son frecuentemente visitados y utilizados por los pobladores de la zona.

Después del inventario, cada geosito se sometió a un proceso de cuantificación de su valor y/o relevancia con el fin de establecer una jerarquización de todos los geositos. Es así que de los 21 geositos en el volcán Huaynaputina, 12 actualmente presentan un interés nacional a internacional (Arias, 2021); y según su valor científico, uso potencial educativo - turístico y riesgo de degradación, se obtuvo un ranking individual, con distintos resultados según la particularidad de cada geosito (Arias, 2021).

## CONCLUSIONES

- ▶ La erupción del volcán Huaynaputina modificó la geografía de su entorno con gruesos depósitos de material piroclástico. Estudios multidisciplinarios permitieron identificar las estructuras y conocer mejor las características de 6 pueblos Incas sepultados por la erupción.
- ▶ Se realizó la valoración de lugares de interés geológico, de esta manera se proponen 21 geositos, clasificados como geositos volcánicos, arqueológico volcánicos, geomorfositos y de fuentes termales.
- ▶ Se proponen 11 miradores en sitios estratégicos para que los visitantes puedan entender los procesos geológicos - volcánicos y apreciar su belleza paisajística. Además de 7 georutas como un acceso a los geositos donde varios forman parte de la red de caminos Incas, Qhapaq Ñan.
- ▶ Con el estudio y propuesta de geositos se impulsará el desarrollo del geoturismo como recurso natural sostenible y con un beneficio socioeconómico directo a las poblaciones aledañas. Asimismo, incentivar medidas de protección y conservación de estos sitios de interés, pues parte del patrimonio cultural se ha deteriorado y es vulnerable a daños meteorológicos y antrópicos.

## AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento especial a los integrantes del proyecto GA 17E "Geología y mapas de peligros del volcán Huaynaputina" del INGEMMET, en el cual se desarrolló este trabajo, teniendo como resultado del esfuerzo de todos los integrantes, los siguientes productos: un artículo científico en una revista internacional, un informe técnico, una tesis de pregrado, una guía geoturística y distintas presentaciones orales y en formato poster en eventos y congresos nacionales e internacionales. En el cual se resalta la importancia del patrimonio geológico alrededores del volcán Huaynaputina, el joven mozo.

## REFERENCIAS

- ▶ Arias, C. (2021). Recursos geoturísticos generados a partir del impacto de la erupción del volcán Huaynaputina del año 1600 d.C. como patrimonio geológico [Tesis de ingeniero geólogo]. Universidad Nacional del Altiplano. Asociación de servicios de geología y minería de Iberoamérica - ASGMI. (2018). Bases para el desarrollo común del Patrimonio Geológico en los servicios geológicos de Iberoamérica. Salta, Argentina: Propuesta metodológica aprobada en la XXIV asamblea general de ASGMI.
- ▶ Brilha, J. (2005). Patrimonio Geológico e Geoconservação: A Conservação da Natureza na sua Vertente Geológica, Braga, Palimage Editores.
- ▶ Brilha, J. (2016). Inventory and Quantitative Assessment of Geosites and Geodiversity Sites: A Review. *Geoheritage*. pp.120-130.
- ▶ Carcavilla, L.; Lopez, J. & Duran, J. (2007). Patrimonio geológico y geodiversidad: investigación, conservación, gestión y relación con los espacios naturales protegidos. Madrid, Spain: Instituto Geológico y Minero de España, 360 p.
- ▶ Cendrero, A. (1996). El patrimonio geológico. Ideas para su protección, conservación y utilización. En *Patrimonio Geológico. Bases para su valoración, protección, conservación y utilización*. Madrid, 17 - 38 p.
- ▶ Fei, J.; Zhang, D. & Lee, H. (2016) 1600 AD Huaynaputina eruption (Perú), abrupt cooling, and epidemics in China and Korea. *Meteorological Impactson Land form Changes*. <https://doi.org/10.1155/2016/3217038>
- ▶ Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2021) - Patrimonio geológico asociado a la erupción del volcán Huaynaputina del año 1600 d.C. en el distrito de Quinistaquillas. Provincia General Sánchez Cerro, departamento Moquegua. Lima: INGEMMET, Informe Técnico A7184, 57 p. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/3306>.
- ▶ Mariño, J.; Cueva, K.; Thouret, J.-C.; Arias, C.; Finizola, A.; Delcher, E.; Fauchard, C.; Donnadieu, F.; Labazuy, P.; Japura, S.; Gusset, R.; Sanchez, P.; Ramos.; Macedo, L.; Lazarte, I.; Thouret, L.; Del Carpio, J.; Jaime, L. & Saintenoy, T. (2021). Multidisciplinary Study of the Impacts of the 1600 CE Huaynaputina Eruption and a Project for Geosites and Geo-touristic Attractions. *Geoheritage*. DOI: 10.1007/s12371-021-00577-5
- ▶ Martínez, P. (2010). Identificación, caracterización y cuantificación de geositios, para la creación del I geoparque en Chile, en torno al Parque Nacional Conguillío. Memoria, Universidad de Chile, Santiago, 34 - 154 p.

- ▶ Navarro, R. (1994) Antología del valle de Omate. Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa
- ▶ Pereira, P.; Pereira, D. & Alves, C. (2007). Avaliação do Património Geomorfológico: proposta de metodologia. Geomorphological heritage assessment: a methodology proposal. Publicações da Associação Portuguesa de Geomorfólogos. Volume V, APGeom, Lisboa, p. 235-247.
- ▶ Stoffel, M.; Khodri, M.; Corona, C.; Guillet, S.; Poulain, V.; Bekki, S.; Guiot, J.; Luckman, B.H.; Oppenheimer, C.; Lebas, N.; Beniston, M. & Masson-Delmotte, V. (2015) Estimates of volcanic-induced cooling in the Northern Hemisphere over the past 1,500 years. *Nature Geoscience*, 8:784–788. <https://doi.org/10.1038/ngeo2526>
- ▶ Thouret, J-C.; Davila, J. & Eissen, J.P. (1999) Largest explosive eruption in historical times in the Andes at Huaynaputina volcano 1600 CE, southern Peru. *Geology* 27(5):435–438. [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(1999\)027%3c0435:LEEIHT%3e2.3.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(1999)027%3c0435:LEEIHT%3e2.3.CO;2)
- ▶ Ticona, M. (2005). El último atardecer. Historia antigua y colombina de los pueblos de Sánchez Cerro. Mater Gratiae, 231 p
- ▶ Zavala, B.; Mariño, J. & Peña, F. (2016) Guía Geoturística del valle de los volcanes de Andahua, INGEMMET. Boletín, Serie I: Patrimonio y Geoturismo, 6, 424 p. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/377>