

## Geomorfositos de interés geoturístico del volcán monogenético Tajogaite, erupción de 2021 (La Palma, Islas Canarias, España)

Javier Dóniz-Páez<sup>1</sup>, Rafael Becerra-Ramírez<sup>2</sup>, Karoly Németh<sup>3</sup>, Rafael U. Gosálvez<sup>2</sup> y Estela Escobar Lahoz<sup>2</sup>

### Abstract

The Canary Islands (Spain) are an oceanic, subtropical, and active volcanic area located in the African Plate. In the past 500 years, sixteen historical eruptions were documented. The latest eruption formed the Tajogaite monogenetic volcano in La Palma between 19 September and 13 December in 2021. Besides its notable negative impacts on the local communities, the eruption generated an important and diverse volcanic geoheritage with a significant potential for geotourism. The main aim of this work is to select the different and most important volcanic geomorphosites of interest for geotourism development of the Tajogaite volcano and provide a comprehensive catalogue of other volcanic heritage linked to earlier volcanism. The methodology used is based on fieldworks and videos and photos captured from drone surveys during and after the eruption to provide evidence-based data for geoheritage evaluation. The main volcanic geoforms recognized are associated with the formation of volcanic edifices and important lava fields; erosion and accumulation forms have also been identified. As a result, the eruption affected both urban and rural areas and it also generated a significant heritage associated with the effects of tephra and lava accumulation on housing, infrastructure, and crops. Sixteen geomorphosites have been selected and studied. Six sites represent geoheritage of the eruption itself while the remaining ten are related to the surrounding natural and rural pre-eruption landscapes. From these, authorities and companies can generate an on-site and/or virtual geotineraries.

**Key words:** Geotourism, Geomorphosites, Tajogaite monogenetic volcano, Spain.

### Resumen

Las Islas Canarias (España) son un conjunto de islas volcánicas oceánicas localizadas en la placa africana y en la latitud subtropical. En los últimos 500 años han ocurrido dieciséis erupciones históricas y la última, la del volcán monogenético Tajogaite, tuvo lugar en La Palma en 2021 (19 de septiembre-13 de diciembre) y, además de sus profundos impactos negativos en la comunidad, generó un importante y diverso geopatrimonio volcánico con un enorme potencial para el geoturismo. El objetivo principal de este trabajo es identificar, seleccionar, caracterizar y valorar geomorfositos de elevado interés geoturístico que sean representativos del patrimonio natural y cultural tanto del paisaje previo afectado por la erupción, como del generado durante la misma y que puedan ser visitados *in situ* o de manera virtual. La metodología empleada se basa en trabajos de campo y vídeos y fotos de vuelos de dron registrados durante y después de la erupción y la evaluación de su geopatrimonio. Las principales geoformas están asociadas con los edificios volcánicos y los importantes campos de lava. También se han identificado formas de erosión y acumulación. Igualmente, la caída de piroclastos y la emisión de coladas de lava afectaron a zonas urbanas y rurales generando un importante patrimonio asociado a los efectos sobre viviendas, infraestructuras y cultivos. Se han seleccionado y estudiado dieciséis geomorfositos de los cuales seis se generaron durante la erupción y el resto están relacionados con los paisajes naturales y rurales previos a la misma. A partir de los geomorfositos las autoridades y empresas pueden diseñar geotinerarios, reales y/o virtuales.

**Palabras clave:** Geoturismo, Geomorfositos, Volcán monogenético de Tajogaite, España.

Received: August 1, 2023; Accepted: September 28, 2023; Published on-line: January 1, 2024.

Editorial responsibility: Dra. Marie-Noëlle Guilbaud

\* Corresponding author: Dóniz-Páez [jdoniz@ull.edu.es](mailto:jdoniz@ull.edu.es)

<sup>1</sup> GeoTurVol-Departamento de Geografía e Historia, Universidad de La Laguna, San Cristóbal de La Laguna, España. Instituto Volcanológico de Canarias (INVOLCAN), San Cristobal de La Laguna, España.

<sup>2</sup> GEOVOL-Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio, Facultad de Letras, Universidad de Castilla-La Mancha. España. Instituto Volcanológico de Canarias (INVOLCAN), San Cristobal de La Laguna, España.

<sup>3</sup> School of Agriculture and Environment, Massey University, New Zealand. Lithosphere Physics Research Group, Institute of Earth Physics and Space Science, Sopron, Hungary. The Geoconservation Trust Aotearoa Pacific, Opōtiki Nueva Zelanda.

<https://doi.org/10.22201/igeof.2954436xe.2024.63.1.1731>

## Introducción

Una erupción volcánica constituye, sin duda alguna, un espectáculo natural de enorme atractivo para visitantes y turistas (Erfurt-Cooper, 2014). Tal es así, que dentro de la variedad de recursos con potencial turístico que podemos encontrar en los paisajes volcánicos (Baadi y Németh, 2023), las erupciones constituyen uno de los principales (Sigurdsson y Lopes, 2000). En este sentido, la erupción monogenética del Tajogaite en la isla de La Palma, pese a los enormes daños directos e indirectos que ha tenido y continúa teniendo sobre la población y sus bienes, se convirtió desde el primer momento en un atractivo para visitantes y turistas (Dóniz-Páez *et al.*, 2023; Hernández *et al.*, 2023; Rey *et al.*, 2023) (Figura 1).

Ahora bien, el potencial geoturístico vinculado con las erupciones y sus paisajes debe ser bien planificado para minimizar el riesgo que implica una erupción y para garantizar la conservación de su patrimonio natural y cultural y que una mala gestión derivada, por ejemplo, de una afluencia masiva de visitantes no

provoque la destrucción irreversible o la desaparición de los valores de estos atractivos volcánicos con potencial turístico. Aunque también es cierto que por definición el geoturismo es una actividad sostenible (Dowling y Newsome, 2006; Boley *et al.*, 2011) y los practicantes de éste deben ser respetuosos con el entorno al que acuden en su tiempo de ocio.

El geoturismo es una modalidad de turismo relativamente nueva que engloba diferentes acepciones (geológica y geográfica) y tipos de actividades que no deben ser excluyentes (Dowling y Newsome, 2018) y que se centran en los geositios, geomorfositos o lugares de interés geoturístico de un área concreta. En este sentido, el geoturismo incluye aspectos abióticos (geología, geomorfología, clima), bióticos (fauna y flora) y culturales (estilos de vida, tradiciones y costumbres de la población) (Dowling, 2013; Ólafsdóttir y Tverijonaite, 2018) que conforman el patrimonio del lugar en donde se pretende implementar el geoturismo. Las actividades que se pueden desarrollar dentro del mismo son variadas y el hilo conductor debe ser el geopatrimonio. Éstas están relacionadas con el senderismo, la visita a cuevas, los de-



**Figura 1.** Interés turístico del volcán: (A) columna eruptiva del volcán Tajogaite. (B y C) visitantes observando la erupción del volcán Tajogaite (septiembre-diciembre, 2021). (D) periodistas fotografiando la erupción por la noche. Fuente: los autores.

portes de aventura y riesgo (escalada, *rafting*, etc.), los fósiles, la observación de fauna y flora o experimentar los sabores y las costumbres locales (Štrba *et al.*, 2015; Schlüter y Schumann, 2018; Becerra-Ramírez *et al.*, 2020). Todas estas actividades contribuyen a mejorar de forma sostenible el nivel de bienestar de la población local de la región, al mismo tiempo que se transfiere al visitante la importancia del geopatrimonio y la necesidad de geoconservarlo (Hose 2008; Coratza y Regolini-Bissig, 2009; Bosak *et al.*, 2010; Dowling y Newsome, 2010; Farsani *et al.*, 2012). Pero igualmente, es muy importante concienciar a la población local sobre la protección de estas zonas (Akbulut, 2011; Ferrer *et al.*, 2023), máxime cuando los espacios naturales de interés para el geoturismo se han convertido, cada vez más, en lugares alternativos para el ocio y en válvula de escape de personas que están expuestas a las multitudes y al estrés de la vida urbana (Reynard y Brilha, 2017). Aunque también es cierto que la práctica del geoturismo en entornos urbanos está adquiriendo mucha importancia (Hernández *et al.*, 2022) y en este caso no requiere desplazamientos fuera de las ciudades puesto que la práctica geoturística se desarrolla en el interior e inmediaciones de las urbes.

Por lo tanto, el objetivo de este trabajo, a partir de los resultados preliminares presentados por Dóniz-Páez *et al.*, (2022), en los que se señalaba la importancia del patrimonio volcánico de esta erupción para el desarrollo del geoturismo, es identificar, seleccionar, caracterizar y valorar geomorfositos de elevado interés geoturístico que sean representativos del patrimonio natural y cultural tanto asociado al paisaje previo afectado por la erupción monogenética del Tajogaite, como al generado durante la misma y que puedan ser visitados *in situ* o de manera virtual, acorde con el principio del turismo accesible que promueve la Organización Mundial del Turismo (2020).

## Área de estudio

Canarias lo conforman ocho islas habitadas y varios islotes que suman 7.447 km<sup>2</sup> que están localizados a tan solo 100 km del desierto del Sahara, frente a la costa oeste de África (Figura 2). La actividad económica principal en el Archipiélago es el turismo, recibiendo más de 15 millones de visitantes al año (Istac, 2022). Se trata de islas oceánicas de latitud subtropical, ubicadas en el interior de la placa litosférica africana, de génesis eruptiva, con volcanismo activo y con un variado geopatrimonio de naturaleza volcánica y no volcánica (Dóniz-Páez *et al.*, 2020). Desde que las islas Canarias fueron incorporadas a la corona española, hace cinco siglos, se ha documentado dieciséis erupciones históricas en cuatro de las islas: Lanzarote (1730-1736 y 1824), Tenerife (1492, 1704-1705, 1706, 1798 and 1909), El Hierro (2011-2012)

y La Palma (1430-1440, 1585, 1646, 1677-1678, 1712, 1949, 1971 y 2021).

El volcán monogenético Tajogaite (VMT) es la última erupción registrada en Canarias. Se localiza en el flanco oeste de la dorsal de Cumbre Vieja en la isla de La Palma (Canarias, España), a una altitud que varía entre los 840 y los 1100 m.s.n.m. (Figura 2). La erupción se inició el domingo 19 de septiembre de 2021 y finalizó oficialmente el 13 de diciembre del mismo año. El paroxismo estuvo precedido por una crisis volcánica asociada a una intensa sismicidad, a la emisión de gases y a la deformación del terreno (Romero *et al.*, 2021) y, en tan solo una semana, culminó con el inicio de la erupción. La apertura de la fisura eruptiva que dio lugar al VMT se desarrolló a lo largo de 1 km de longitud siguiendo una dirección NNW-SSW (Martí *et al.*, 2022) y a lo largo de la misma se abrieron diferentes cráteres que emitían gases, piroclastos y lavas. Durante el proceso eruptivo se emitieron unos  $36.5 \pm 0.3 \text{ Mm}^3$  de material, correspondiente a unos  $54.7 \pm 23.9 \times 10^{10} \text{ kg}$ , se cubrió una superficie de 0.6 km<sup>2</sup> (Bonadonna *et al.*, 2022; Ferrer *et al.*, 2023a) y se construyó un edificio volcánico de unos 200 metros de altura (Alonso *et al.*, 2023) y 800 metros de diámetro. La dinámica eruptiva del VMT varió desde los estilos hawaianos, con la formación de fuentes de lava con alturas de más de un centenar de metros, hasta los estrombolianos y estrombolianos violentos (Taddeucci *et al.*, 2023), con columnas eruptivas que alcanzaron los 8.5 km de altura y en las que se podían reconocer fases explosivas hidromagmáticas (Cívico *et al.*, 2022). El contacto agua-magma en las erupciones históricas de Canarias y de La Palma es relativamente frecuente (Romero, 1991).

Las principales geoformas volcánicas del VMT están asociadas a los materiales de proyección aérea (conos de escorias, hornitos y superficies de piroclastos) y a los campos de lavas (pāhoehoe, ‘A‘ā, en bloques y en bolas, deltas lávicos, cascadas de lavas, canales lávicos, tubos volcánicos, jameos -hundimiento del techo del tubo volcánico-, fisuras efusivas, túmulos, lavas de resalida, *shatter rings*, *scutulums* etc.). Sin embargo, las formas y procesos de erosión y acumulación también están presentes con la formación de pequeños barrancos, acantilados, taludes, flujos de detritos, dunas y playas (Ferrer *et al.*, 2022; 2023b; Alonso *et al.*, 2023).

## Metodología

El método para la identificación, inventario, selección y evaluación de los geomorfositos de interés geoturístico (GIGs) del volcán Tajogaite se basa en investigaciones previas (Reynard *et al.*, 2007; Moufti *et al.*, 2013; Reynard *et al.*, 2016; Bouzakraoui *et al.*, 2017; Pérez-Umaña *et al.*, 2019; 2020; Zangmo-Tefogoum

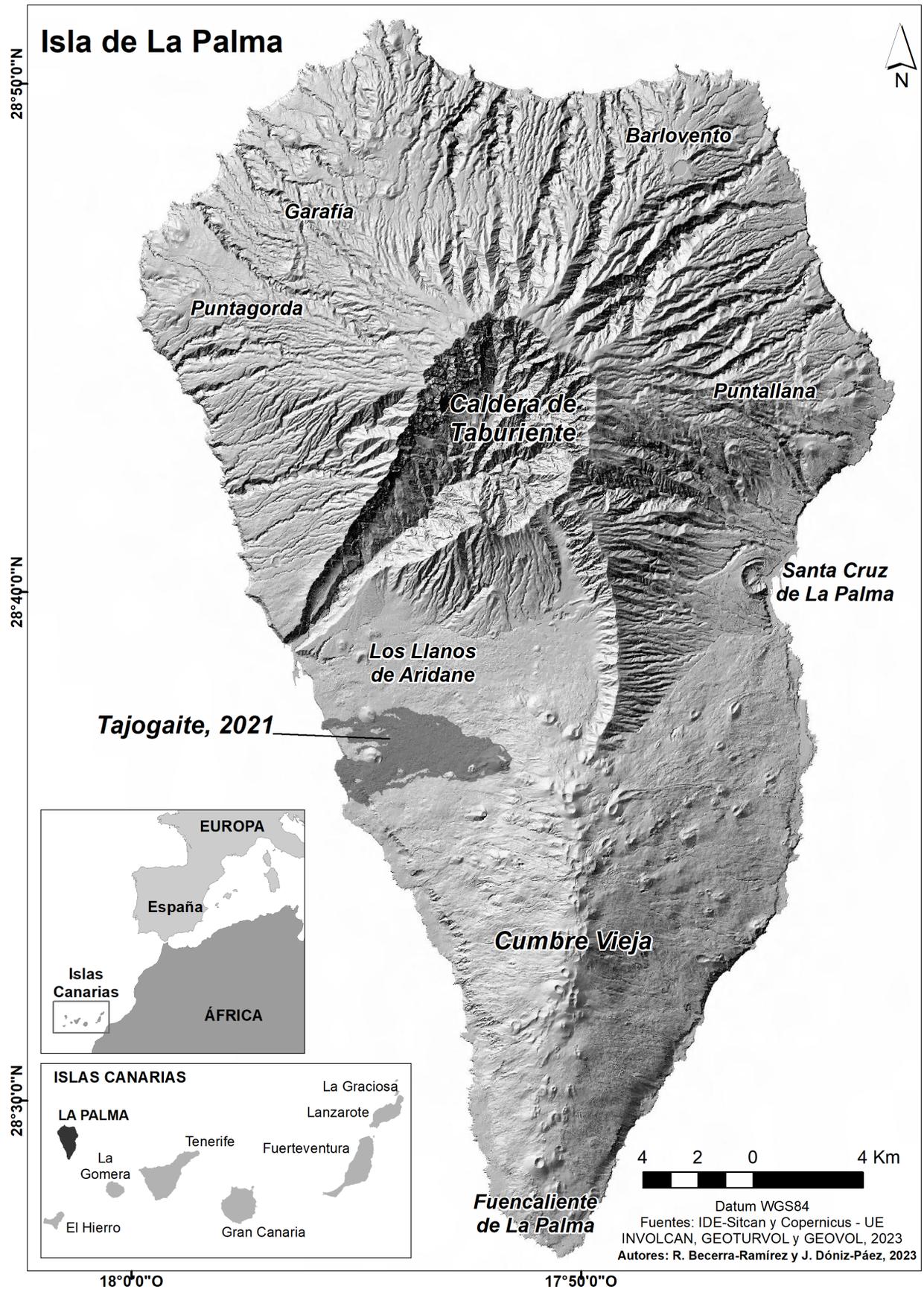


Figura 2. Localización del área de estudio. Fuente: IDE-Sitcan y Copernicus-UE. Elaboración propia.

et al., 2020, Dóniz-Páez y Becerra-Ramírez, 2020; Quesada-Román y Pérez-Umaña, 2020). Este trabajo se desarrolló en tres fases: 1-identificación, inventario y selección de los GIGs; 2-caracterización de los GIGs; y 3-evaluación cuantitativa de sus valores intrínsecos (científicos y adicionales o añadidos) y cualitativa de los de uso y gestión.

Para la identificación de los GIGs se realizó una revisión de la literatura científica y se utilizó cartografía temática a diferentes escalas, modelos digitales del terreno, fotografías aéreas y, sobre todo, los vuelos de dron (DJI Mavic 2 Pro con cámara Hasselblad) y trabajo de campo durante y con posterioridad a la erupción en los años 2021, 2022 y 2023.

Para la caracterización de los GIGs se incluyeron dos tipos de datos. Por un lado, datos numéricos generales (coordenadas, elevación, etc.) que permiten ubicar los GIGs en un mapa de síntesis. Y, por otro, información cualitativa sobre la caracterización de estos (geología, geomorfología, geografía, ecología, historia, usos, estética, etc.) que sigue siendo escasa dado el carácter reciente de las geofomas y que casi toda se ha obtenido y generado a partir de los vuelos de dron y el trabajo de campo. Toda la documentación recopilada es clave para la evaluación de cada uno de los GIGs durante su valoración y cuyos datos se recogieron en una ficha que ya se ha utilizado previamente en otros trabajos (Dóniz-Páez y Becerra-Ramírez, 2020) y que,

además de muy útil, facilita el tratamiento de la información.

La evaluación de los GIGs seleccionados sigue metodologías previas desarrolladas en espacios tanto volcánicos como no eruptivos. La base del método de valoración son las investigaciones de Reynard *et al.*, (2007, 2016), pero se incorporan las especificidades para los espacios volcánicos del mismo modo que se ha hecho en otras investigaciones (Dóniz-Páez *et al.*, 2011, Becerra-Ramírez, 2013; Pérez-Umaña *et al.*, 2019; 2020; Dóniz-Páez y Becerra-Ramírez, 2020; Quesada *et al.*, 2020; Zangmo-Tefogoum *et al.*, 2020). Para llevar a cabo la evaluación es necesario separar los valores en dos grupos (Reynard *et al.*, 2016). Los valores intrínsecos son los inherentes y específicos de cada lugar, se valoran en una escala cuantitativa que varía de 0 a 1 en intervalos de 0.25, y se dividen a su vez, en valores científicos (Vc) (que incluye valores como la integridad, representatividad, rareza e interés paleogeográfico) (Tabla 1) y valores añadidos (Va) que incluyen ecológicos, estéticos, culturales y económicos (Tabla 2). Y los valores de uso y gestión (Vug), sólo se consideran como un valor cualitativo del GIG, por tanto, la información es recopilada y almacenada en una base de datos que puede ser utilizada para la clasificación, comparación y posteriormente para gestión de éste, cuando se implementen los diferentes usos en cada geomorfosito. Para una explicación más detallada de la metodología aplicada en espacios volcánicos se

**Tabla 1.** Criterios utilizados para la obtención de los valores científicos. Adaptado de Reynard *et al.*, 2007, 2016.

<b>Criterio</b>	<b>Valor</b>
<p><b>Integridad (I)</b> Estado de conservación del sitio. La mala conservación puede deberse a factores naturales (por ejemplo, erosión) o factores humanos.</p>	<p>0 = Destruído 0.25 = Prácticamente destruido 0.5 = Parcialmente destruido 0.75 = Ligeramente dañado 1 = Intacto</p>
<p><b>Representatividad (R)</b> Se usa con respecto a un espacio de referencia (por ejemplo, comarca, región, isla, país). Todos los sitios seleccionados deben cubrir los procesos principales, activos o relictos, en el área de estudio</p>	<p>0 = Nulo 0.25 = Débiles 0.5 = Moderado 0.75 = Alto 1 = Muy alto</p>
<p><b>Rareza (Rz)</b> Se refiere a la rareza del sitio con respecto a un espacio de referencia (por ejemplo, comarca, región, isla, país). El criterio sirve para identificar accidentes geográficos excepcionales en un área.</p>	<p>0 = &gt; 7 0.25 = 5-7 0.5 = 3-4 0.75 = 1-2 1 = único</p>
<p><b>Interés paleogeográfico (Ip)</b> Importancia del sitio para la historia de la Tierra o el clima (por ejemplo, evolución del paisaje volcánico).</p>	<p>0 = Nulo 0.25 = Débiles 0.5 = Moderado 0.75 = Alto 1 = Muy alto</p>
<b>Promedio</b>	<b>(I+R+Rz+Ip)/4</b>

**Tabla 2.** Criterios utilizados para los valores adicionales o añadidos. Adaptado de Reynard *et al.*, 2007; 2016 y Bouzekraoui *et al.*, 2017.

<b>Valores ecológicos (Ec)</b>	
<b>Criterio</b>	<b>Valor cuantitativo</b>
Influencia ecológica	0 Sin relación con las características biológicas.
	0.25 Presencia de flora y fauna interesante
	0.50 Uno de los mejores lugares para observar fauna y/o flora interesantes.
	0.75 Las características geomorfológicas son importantes para los ecosistemas.
	1 Las características geomorfológicas son cruciales para los ecosistemas.
Protección del sitio	0 No protegido.
	0.25 Protección a escala local
	0.50 Protección a escala regional.
	0.75 Protección nacional.
	1 Protección internacional.
<b>Valores estéticos (Es)</b>	
<b>Criterio</b>	<b>Valor cuantitativo</b>
Puntos desde donde se ven	0 El sitio solo es visible <i>in situ</i> o no es fácilmente accesible
	0.25 El sitio no es fácilmente accesible, pero ofrece 1 o 2 lugares desde donde se ve.
	0.50 El sitio ofrece algunos puntos de vista (3-5) debido a la presencia de obstáculos visuales.
	0.75 El sitio tiene muchos puntos de vista (> 5).
	1 El sitio tiene muchos puntos de vista y es visible desde grandes distancias.
Contrastes verticales desarrollo y estructuración espacial	0 El sitio es monótono: topografía llana y monocolor.
	0.25 El sitio muestra cierto desarrollo vertical y se reconocen hasta tres colores.
	0.50 El sitio es abrupto y se reconocen hasta 5 colores.
	0.75 El sitio muestra una topografía contrastada y se reconocen hasta 7 colores.
	1 El sitio muestra una topografía contrastada y abrupta y se reconocen más de 7 colores.
<b>Valor cultural (C)</b>	
<b>Criterio</b>	<b>Valor cuantitativo</b>
Importancia religiosa y simbólica	0 El sitio no presenta ninguna importancia religiosa
	0.25 El sitio presenta una importancia religiosa local.
	0.50 El sitio presenta una importancia religiosa provincial o regional
	0.75 El sitio presenta una importancia religiosa nacional
	1 El sitio presenta importancia religiosa internacional.
Importancia histórica	0 El sitio no presenta ninguna importancia histórica.
	0.25 El sitio presenta una importancia histórica local.
	0.50 El sitio presenta una importancia histórica provincial o regional
	0.75 El sitio presenta una importancia histórica nacional
	1 El sitio presenta una importancia histórica internacional
Importancia artística y literaria	0 Ninguna importancia artística.
	0.25 Importancia artística local.
	0.50 Importancia artística regional.
	0.75 Importancia artística nacional.
	1 Importancia artística internacional.

Importancia geohistórica	0	El sitio no está en el origen de ningún descubrimiento a través de la historia de las Ciencias de la Tierra.
	0.25	El sitio, debido al desarrollo científico o la demostración de un proceso, es conocido localmente.
	0.50	El sitio, debido al desarrollo científico o la demostración de un proceso, es conocido en el ámbito regional y / o provincial.
	0.75	El sitio, debido al desarrollo científico o la demostración de un proceso, es conocido a nivel nacional.
	1	El sitio, debido al desarrollo científico o la demostración de un proceso, es conocido internacionalmente
Valores económicos (E)		
<b>Criterio</b>	<b>Valor cuantitativo</b>	
Productos económicos	0	El sitio no genera ningún ingreso.
	0.25	El sitio es conocido, pero es la causa de beneficios indirectos (turismo)
	0.50	El sitio es una fuente de ingresos, pero está amenazado por la actividad humana que puede agotarlo.
	0.75	El sitio es administrado por una empresa, no causa ningún impacto.
	1	El sitio permite la gestión directa de una empresa autónoma que no causa ningún impacto negativo.
Promedio	$(E_c + E_s + C + E) / 4$	

puede consultar los trabajos de Dóniz-Páez y Becerra-Ramírez (2020) y Pérez-Umaña *et al.*, (2020).

Para llevar a cabo la cuantificación de los diversos valores intrínsecos se debe elegir una unidad territorial de referencia, que en este estudio es la isla de La Palma, debido a que por su propia definición constituye una unidad espacial, territorial y geográfica muy bien delimitada. Con el fin de establecer comparaciones y definir un nivel jerárquico para cada GIG se establece la siguiente clasificación: valores bajos si las puntuaciones son  $< 0.4$ ; medios si son  $\geq 0.4$  y  $< 0.6$ ; y altos si son  $\geq 0.6$  (Bouzekraoui *et al.*, 2017).

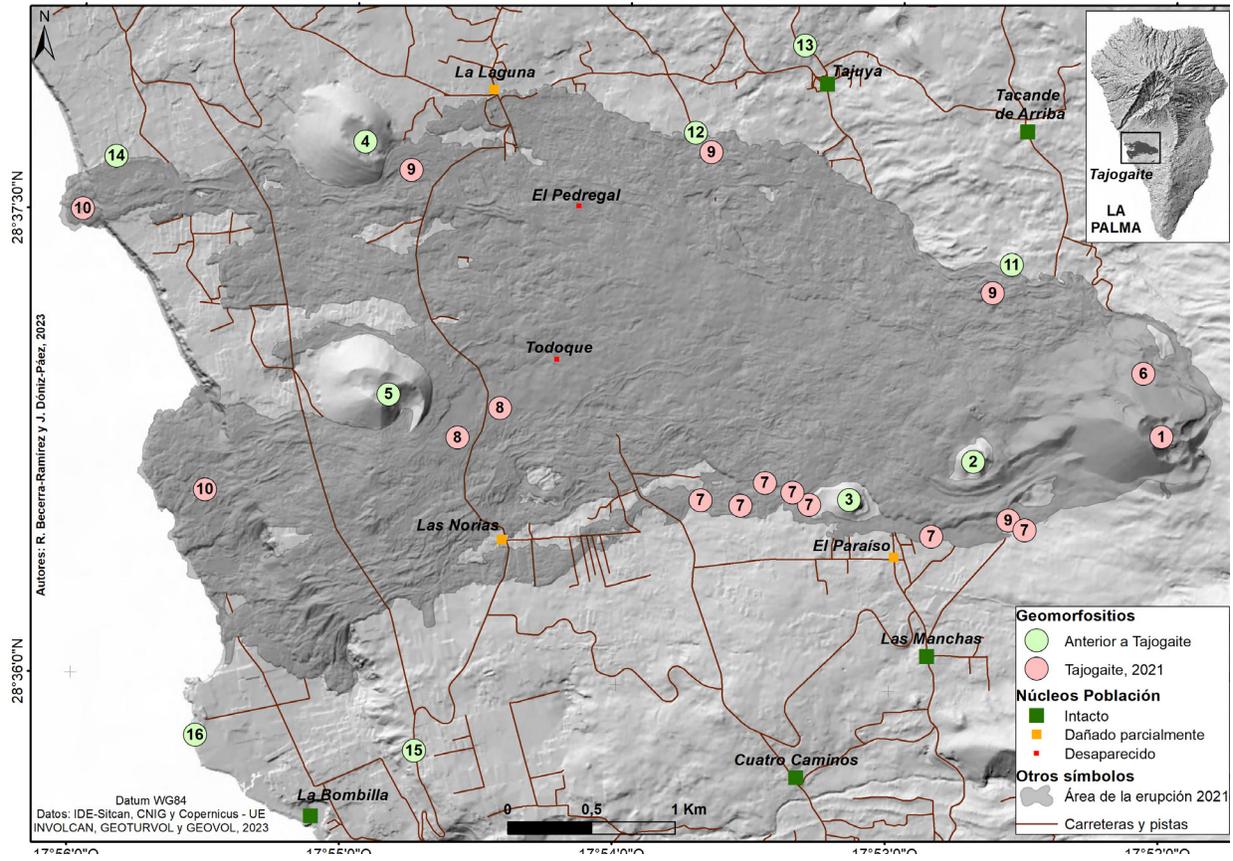
## Resultados

### Identificación, inventario, selección y caracterización de los geomorfositos

Se han estudiado dieciséis geomorfositos asociados directa e indirectamente con el volcán Tajogaite. De éstos, seis lugares se construyeron durante la erupción (cono del volcán Tajogaite, hornitos, fisuras eruptivas, lavas pãohoe, lavas 'A'ã y delta lávico) y diez corresponden al patrimonio natural y rural previo a la erupción (Montaña Rajada, Montaña Cogote, Montaña Todoque, Montaña La Laguna, Miradores de Tacande, Campitos, Tajuya, San Isidro, La Hoya y La Bombilla) (Figura 3).

Todos los geomorfositos seleccionados son representativos del patrimonio volcánico generado durante la erupción, del que existía previamente a la misma y del resultado de la combinación de ambos (Tabla 3). En este sentido, dentro de los lugares podemos encontrar edificios volcánicos de diferentes edades y con morfologías variadas de tipo anular, abiertos en herradura, múltiples (Figura 4A) o montañas de lapilli; varios hornitos (Figura 4B) formados por el apilamiento de depósitos de *spatter* con y sin raíz y fisuras eruptivas (Figura 4C) con acumulación de *spatter* formando pequeños centros de emisión de menos de un metro de altura y desde los que se emitieron lavas clastogénicas de escaso recorrido. Igualmente se pueden reconocer campos lávicos con morfologías superficiales muy diversas de tipo pãohoe (Figura 4D), 'A'ã (Figura 4E), en bloques, en bolas, etc., en las que se pueden identificar puntos de redistribución lávica, pequeñas charcas de lava desbordadas, tubos volcánicos, jameos, canales lávicos, leves, cascadas de lavas, deltas lávicos (Figura 4F), *shatter rings*, grietas de resalida-*slaps*, estrías de rozamiento, etc.

Aparte de las geoformas volcánicas directas, en los geomorfositos estudiados se reconocen formas de erosión tanto en las superficies previas a la erupción como en los materiales de la erupción de 2021, entre los que destacan los pequeños cárcavas de erosión y flujos de detritos en los campos de piroclastos (Figura 4G) y los acantilados en las lavas que alcanzaron el mar y geoformas de acumulación como la formación de playas de arenas y cantos en el delta lávico (Figura 4H) y dunas (Figura 4I) y campos de *ripples* sobre las superficies de piroclastos (lapilli, cenizas...).



**Figura 3.** Mapa de localización de los geomorfositos del VMT en el que se muestra aquellos generados durante la erupción y los que corresponden al patrimonio previo a la misma. La numeración de los geomorfositos corresponde a la tabla 3. Elaboración propia.

Además de todo este patrimonio volcánico natural, asociado a las superficies previas al volcán Tajogaite y no cubiertas por sus materiales, existe un rico y variado patrimonio cultural principalmente asociado con el paisaje rural de la isla. Entre los elementos más característicos están las viviendas tradicionales realizadas en roca volcánica (Figura 5A), los caminos reales empedrados (Figura 5B), los muros de piedra seca (Figura 5C), las parcelas de cultivos (Figura 5D), los amontonamientos de piedras con forma piramidal cuyo fin es despedregar el suelo o los yacimientos arqueológicos. También existe un variado y rico patrimonio fruto de la interacción entre el volcán y la ocupación humana previo a la erupción, al desarrollarse ésta en entornos rurales y periurbanos y que son visibles a través de los campos de cultivos afectados (Figura 5E y F), las viviendas “enterradas” (Figura 5G), los moldes de puertas (Figura 5H), los muros de los jardines (Figura 5I), etc. (Figura 5). A todo ello, hay que añadir el patrimonio intangible asociado a la erupción en relación con los efectos sobre la población y la percepción que ésta tuvo y tiene del evento eruptivo, y que se ha manifestado a través de diversas formas como las experiencias religiosas, literarias (rogativas,

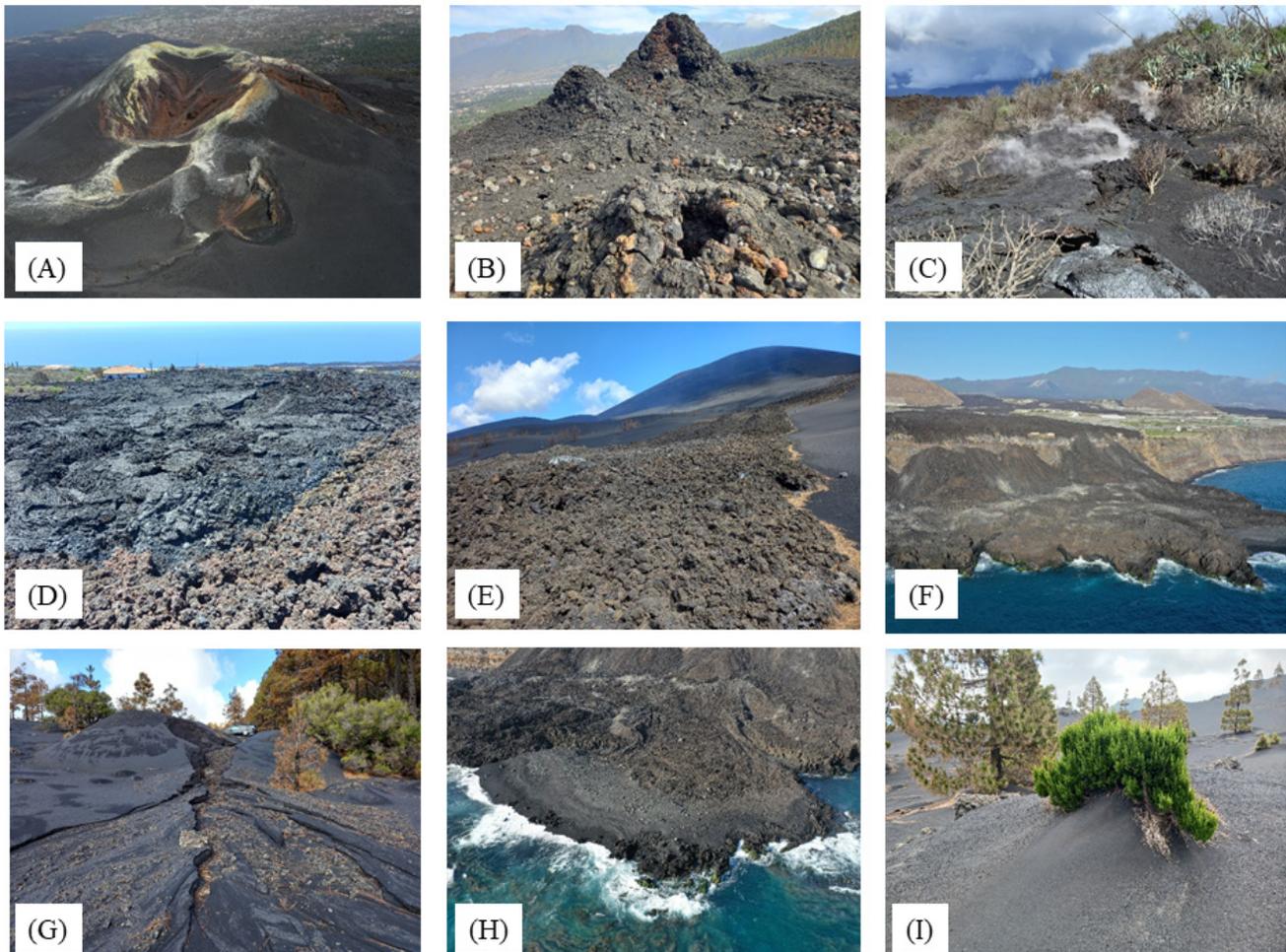
procesiones, poner flores a la Virgen de Fátima...), etc., similares a las que han tenido lugar en las dos últimas erupciones de la isla en 1949 y 1971 con, por ejemplo, la creación de multitud de décimas que hacen referencia a diversos aspectos relacionados con los eventos eruptivos (Pérez-Cruz, 2019).

### Evaluación cuantitativa de los geomorfositos del VMT

En las tablas 4 y 5 se recogen las valoraciones científicas y añadidas de los dieciséis geomorfositos estudiados del VMT. En general, el promedio de los valores de los lugares seleccionados muestra puntuaciones medias, pero la media de los valores científicos (0.39) está por encima de los añadidos (0.33), aunque al individualizarlos no siempre es así. En este sentido, la totalidad de los seis GIGs generados durante la erupción de 2021 muestran valores científicos medios por encima de los añadidos, mientras que, a excepción de Montaña Rajada que es la más afectada por la erupción del Tajogaite y en la que se reconocen diversas geoformas asociadas a los mantos de piroclastos y a los procesos

**Tabla 3.** Síntesis del patrimonio natural y cultural identificado en los geomorfositos del VMT. Elaboración propia.

Nº	Geomorfosito	Patrimonio natural	Patrimonio cultural
1	Cono Tajogaite	Cono volcánico, cráteres, lavas, cenizas, lapilli, bombas volcánicas, cráteres de impacto, gases, concreciones de azufre, taludes, <i>ripples</i> , flujos detríticos, bosques de pinos, aves.	Panorámica del Valle de Aridane
2	Montaña Rajada	Cono volcánico, lavas, lapilli, gases, <i>ripples</i> , pinos, fauna (aves y lagartos)	Casas, muros de piedra, cultivos
3	Montaña Cogote	Cono volcánico, lapilli, barrancos, taludes, matorrales xéricos, fauna (aves y lagartos)	Casas, cementerio, cultivos, muros de piedra, canteras
4	Montaña La Laguna	Cono volcánico, lava, lapilli, barrancos, matorral xérico, fauna (aves y lagartos)	Casas, caminos, cultivos en invernaderos, muros de piedra, canterías, sitios arqueológicos
5	Montaña Todoque	Conos volcánicos, lavas pāhoehoe, canales de lava, barrancos, matorrales xéricos, fauna (aves y lagartos)	Caminos, cultivos en invernaderos, sitios arqueológicos
6	Hornitos 2021	Hornitos, conos de escorias, lago de lava, lavas pāhoehoe, jameos, canales lávicos, tubos volcánicos, bolas de acreción, colapsos, lapilli, <i>ripples</i> , cráteres de impacto, taludes, pinos	Cultivos, muros de piedras enterradas
7	Fisuras 2021	Fisuras eruptivas, conos de escorias, hornitos, lavas pāhoehoe, canales lávicos, tubos volcánicos, jameos, gases, pinos, matorral xérico	Cultivos, muros de piedras enterradas
8	Lavas pāhoehoe 2021	Campos de lava, canales lávicos, tubos volcánicos, jameos, grietas de resalida, colapsos, islotes, conos volcánicos, aves	Carreteras, casa enterradas
9	Lavas 'A'ā 2021	Campos de lavas, lavas 'A'ā, en bloques y en bolas, canales lávicos, bolas de acreción, islotes, matorrales xéricos, pinares, aves	Casas, caminos, cultivos, granjas, muros de piedra enterrados, sitios arqueológicos
10	Delta lávico 2021	Delta lávico, taludes, canales de lava, playas, acantilados, aves marinas	Carreteras
11	Mirador Tacande	Panorámicas al campo de lava de 2021, canales lávicos, bolas de acreción, conos volcánicos, matorrales xéricos, pinos, fauna	Cultivos, caminos, casas tradicionales
12	Mirador Campitos	Coladas de lava, matorrales xéricos, fauna	Cultivos, muros de piedra, carreteras, casas
13	Iglesia Tajuya	Panorámica al volcán Tajogaite, Cumbre Vieja, conos volcánicos, coladas de lava, matorral xérico, pinares	Pueblo, iglesia, cultivos, caminos
14	Mirador San Isidro	Coladas de lava, conos volcánicos	Cultivos en invernaderos, ermita
15	Mirador Hoyas	Delta lávico, taludes, barrancos, matorral xérico, fauna	Cultivos en invernaderos, casas, carreteras
16	Faro Bombilla	Delta lávico, acantilados, barrancos, playas, matorral xérico, aves marinas	Faro, cultivos en invernaderos



**Figura 4.** Ejemplo del patrimonio volcánico natural asociado con los geomorfositos estudiados: (A) cono volcánico del Tajogaite, (B) hornitos, (C) fisura eruptiva con emisión de gases, (D) lavas pāhoehoe, (E) lavas 'A'ā, (F) delta lávico, (G) cárcava de erosión y flujos de detritos del Tajogaite, (H) acantilados y playas en el delta lávico, (I) dunas en lapilli de 2021.

de agrietamiento y desgasificación posteruptiva, la totalidad de los lugares estudiados previos a la erupción disponen de los valores añadidos medios por encima de los científicos. Al agrupar los valores intrínsecos de los geomorfositos según sean estos altos, medios o bajos, se aprecia que para los valores científicos el 18.7% son altos, el 18.7% medios y el 62.6% bajos; mientras que para los valores añadidos ninguno presenta valores altos, el 25% medios y el 75% bajos.

Con respecto a la posición que ocupan los geomorfositos en función del promedio de sus valores intrínsecos, se observa que sólo el cono volcánico de Tajogaite ocupa el primer lugar en ambas valoraciones, coincidiendo en este geomorfosito las puntuaciones más altas de los valores científicos (0.75) y añadidos (0.55). Esto evidencia la importancia natural del edificio volcánico generado durante la erupción de 2021, cuya integridad y representatividad de este tipo de erupciones en La Palma le

hace disponer de valoraciones científicas altas. Tajogaite se ha convertido en un referente estético, simbólico y económico en la isla, como antes lo fue y lo es Teneguía, dotándolo de valores añadidos importantes. Sin embargo, es llamativo como geomorfositos con valoraciones científicas altas como las fisuras eruptivas (0.75) y las lavas pāhoehoe de 2021 (0.63), luego no se posicionen de manera similar en el *ranking* de las valoraciones añadidas en relación con sus nulos y bajos valores ecológicos, económicos y culturales. Esto es lógico dado el poco tiempo que ha pasado desde que se formaron estos geomorfositos, por lo que no ha pasado el suficiente tiempo para que se puedan reconocer procesos de colonización vegetal y tampoco para que la actividad humana haya intervenido físicamente sobre ellos generando elementos patrimoniales.

Al relacionar los valores científicos con los añadidos (Figura 6), a pesar de poseer correlación baja o nula, el enfrentamiento



**Figura 5.** Ejemplo del patrimonio cultural asociado con los geomorfositos estudiados: (A) casa tradicional cubierta por cenizas y lapilli, (B) caminos empedrados, (C) paisaje rural de parcelas y viñedos, (D) muros de piedra seca canalizando las lavas de 2021, (E) lavas afectando al cultivo del plátano al aire libre y en invernaderos, (F) lavas afectando estanques de riego del cultivo del plátano, (G) casa enterrada por coladas de lava, (H) molde de una puerta de un jardín en las lavas de 2021, (I) restos de muros de jardines y puertas integradas en las lavas.

entre ambos grupos de valores permite identificar tres grandes grupos de geomorfositos. G1: corresponde a aquellos que disponen de valores científicos altos y valoraciones añadidas bajas o medias y que suman el 18.7% del total con tres lugares (cono del volcán Tajogaite, fisuras eruptivas 2021 y lavas pãhoehoe 2021). G2: es el que dispone de valoraciones científicas y añadidas medias, que agrupa a tres geomorfositos (hornitos 2021, lavas 'A'ã 2021 y delta lávico de 2021) que suponen el 18.7% del total. Y, por último, el grupo G3: constituido por diez geomorfositos que corresponde con los que cuentan con valores científicos y añadidos bajos y que constituyen el 60.6% de los lugares estudiados. Se puede observar que los seis geomorfositos generados durante la erupción de 2021 son los que se engloban en los dos primeros grupos, mientras que en el tercero están los lugares generados previamente al paroxismo eruptivo de 2021.

## Discusión

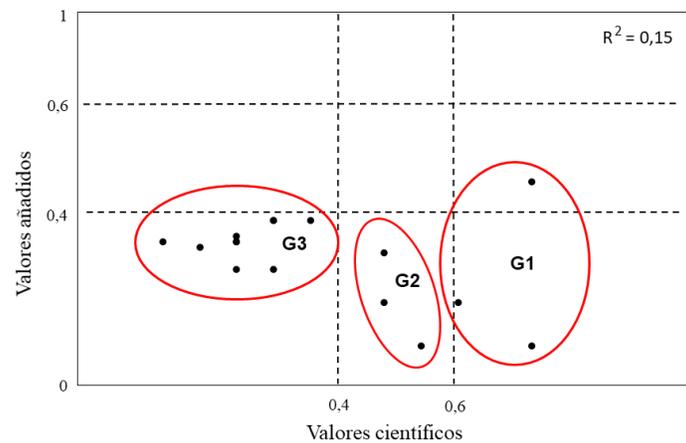
En la actualidad, estamos asistiendo a cambios significativos en el turismo que influyen tanto en la demanda como en la oferta turística y propio de esta fase son las innovaciones en productos turísticos con el objetivo de fortalecer los destinos (Štetić y Trišić, 2022). Así, los nuevos productos y experiencias turísticas están cada vez cobrando más importancia en sintonía con los principios de sostenibilidad, innovación y accesibilidad que propone la propia Organización Mundial del Turismo (OMT, 2020). Por lo tanto, las investigaciones encaminadas a poner en valor el patrimonio natural y cultural como recurso turístico y la creación de nuevos productos están siendo bienvenidas por parte de los gestores turísticos. Con ellas se consigue dar respuesta a esa demanda cada vez más informada y exigente en productos sostenibles alejados del turismo masivo tradicional, pero al

**Tabla 4.** Evaluación de los valores científicos de los geomorfositos del VMT. Elaboración propia.

Valores científicos de los geomorfositos VMT							
Nº	Geomorfosito	Integridad	Representatividad	Rareza	Paleografía	Promedio	Valoración
1	Cono Tajogaite	1	1	0.75	0.75	0.75	Alto
2	Montaña Rajada	0.75	0.25	0.25	0	0.31	Bajo
3	Montaña Cogote	0.5	0.25	0.25	0	0.25	Bajo
4	M. La Laguna	0.5	0.25	0.25	0	0.25	Bajo
5	M. Todoque	0.5	0.25	0.25	0	0.25	Bajo
6	Hornitos 2021	1	0.75	0.25	0.25	0.56	Medio
7	Fisuras 2021	1	1	0.75	0.25	0.75	Alto
8	L. pāhoehoe 2021	0.75	1	0.5	0.25	0.63	Alto
9	Lavas 'A'a 2021	0.75	0.5	0.5	0.25	0.5	Medio
10	Delta lávico 2021	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	Medio
11	Mirador Tacande	0.25	0.75	0.25	0.25	0.38	Bajo
12	Mirad. Campitos	0.25	0.25	0.25	0	0.19	Bajo
13	Iglesia Tajuya	0	0.75	0.25	0	0.25	Bajo
14	Mirad. San Isidro	0	0.25	0.25	0	0.13	Bajo
15	Mirador Hoyas	0.25	0.5	0.25	0.25	0.31	Bajo
16	Faro Bombilla	0.25	0.5	0.25	0.25	0.31	Bajo
	Promedio	0.52	0.55	0.36	0.16	0.39	

**Tabla 5.** Evaluación de los valores adicionales o añadidos de los geomorfositos del VMT. Elaboración propia.

Valores adicionales o añadidos de los geomorfositos del VMT							
Nº	Geomorfosito	Ecológicos	Estéticos	Culturales	Económicos	Promedio	Valoración
1	Cono Tajogaite	0.25	1	0.19	0.75	0.55	Medio
2	Montaña Rajada	0.13	0.75	0.06	0.25	0.30	Bajo
3	Montaña Cogote	0.13	0.75	0.06	0.25	0.30	Bajo
4	M. La Laguna	0.38	0.75	0.13	0.25	0.38	Bajo
5	M. Todoque	0	0.75	0.13	0.25	0.38	Bajo
6	Hornitos 2021	0	0.25	0.06	0	0.08	Bajo
7	Fisuras 2021	0	0.25	0.06	0	0.08	Bajo
8	L. pāhoehoe 2021	0	0.5	0.06	0.25	0.20	Bajo
9	Lavas 'A'a 2021	0	0.5	0.06	0.25	0.20	Bajo
10	Delta lávico 2021	0.5	0.5	0.06	0.25	0.34	Bajo
11	Mirador Tacande	0.13	1	0.13	0.50	0.44	Medio
12	Mirador Campitos	0.13	1	0.06	0.25	0.36	Bajo
13	Iglesia Tajuya	0.13	1	0.19	0.25	0.39	Bajo
14	Mirador S. Isidro	0.13	1	0.13	0.25	0.38	Bajo
15	Mirador Hoyas	0.25	1	0.25	0.25	0.44	Medio
16	Faro Bombilla	0.25	1	0.25	0.25	0.44	Medio
	Promedio	0.17	0.75	0.12	0.27	0.33	



**Figura 6.** Correlación entre los valores científicos y añadidos de los geomorfositos del VMT. Elaboración propia.

mismo tiempo disminuye la presión en destinos y recursos con mucha afluencia y potencian otros que, a pesar de su elevado interés patrimonial, están infra-visitados.

Es cierto que existe una gran diversidad de nuevos productos y experiencias turísticas relacionadas tanto con recursos nuevos como con la dotación de otros usos a recursos tradicionales como el sol y playa. En este sentido, el geoturismo se presenta como una modalidad de turismo relativamente reciente enfocada en el patrimonio natural y cultural asociado con las formas y procesos del relieve (Pralong, 2006). Los principales destinos geoturísticos están vinculados con los geositios (Dowling y Newsome, 2018), los geomorfositos (Panniza, 2021) o los lugares de interés geoturístico (Kubalíková *et al.*, 2022) de los geoparques (Dóniz-Páez y Pérez, 2023), aunque no siempre es así (Becerra-Ramírez *et al.*, 2020). En el caso de Canarias existen dos geoparques volcánicos, pero hay espacios fuera de éstos que son muy visitados y donde el principal recurso está asociado con el relieve. Un ejemplo muy significativo puede ser el Parque Nacional del Teide en Tenerife que cuenta con varios geomorfositos volcánicos de elevado interés geoturístico (Carracedo *et al.*, 2019; Dóniz-Páez y Becerra-Ramírez, 2020; Martí *et al.*, 2022).

La erupción del volcán monogenético del Tajogaite, pese a los enormes daños que provocó y sigue provocando, se convirtió desde un primer momento un atractivo para científicos, curiosos, visitantes y turistas (Dóniz-Páez *et al.*, 2023; Rey *et al.*, 2023). En la actualidad, el paisaje generado por el volcán Tajogaite y sus efectos territoriales siguen atrayendo a miles de personas a la isla. Tal es así que, decenas de profesionales de turismo activo se están formando en geoturismo volcánico a través de cursos que organiza el Instituto Volcanológico de Canarias o la Universidad de La Laguna en diversos Ayuntamientos de la isla y numerosas

empresas están ya llevando a cabo geoitinerarios en geomorfositos en torno al volcán Tajogaite (Figura 7). En este sentido, se recomienda que los espacios con elevado interés geoturístico que proporcionan ingresos económicos sean protegidos (Dowling, 2013) ya que revierte positivamente sobre las comunidades locales.

Las principales ventajas desde el punto de vista geoturístico de una erupción monogenética frente a otro tipo de erupciones están relacionadas con dos aspectos fundamentales. Por un lado, con su menor peligro en relación con el tipo de dinámica eruptiva más habitual (hawaiana y estromboliana) en este tipo de erupciones. Y por otro, con la diversidad de geoformas que se pueden reconocer tal y como se puede observar en los geomorfositos estudiados en este trabajo.

Por lo tanto, con el objetivo de evitar el deterioro del patrimonio natural y cultural generado y/o afectado por la erupción (Ferrer *et al.*, 2023), en este trabajo se han identificado, seleccionado, caracterizado y evaluado diferentes geomorfositos de interés geoturístico asociados directa e indirectamente a la última erupción volcánica de la isla de La Palma, ocurrida entre septiembre y diciembre de 2021 y que son representativos de su patrimonio geográfico. A partir de estos dieciséis geomorfositos se puede llevar a cabo el diseño y la implementación de geoitinerarios atendiendo a diversas temáticas (geográfica, geológica, cronológica, geocultural, etc.) y similares a las realizadas en otros lugares tanto volcánicos (Dóniz-Páez y Becerra-Ramírez, 2020; Dóniz-Páez *et al.*, 2021; Pasquaré Mariotto *et al.*, 2021; 2022; Dóniz-Páez y Becerra-Ramírez, 2023; Vidal y Tassara, 2023) como no (Karadeniz *et al.*, 2022; Poblete *et al.*, 2022). En cualquier caso, el objetivo no es más que evidenciar la geodiversidad del patrimonio natural y cultural asociado con las formas y procesos del relieve de cara a su geoconservación.



**Figura 7.** Cursos de geoturismo para la formación de guías de empresas de turismo activo: cartelera, profesorado, alumnado y trabajos de campo. Fuente: Proyecto Volturmac (<https://volturmac.com/>).

Ahora bien, la aplicación de una metodología de evaluación de los valores científicos y añadidos a los dieciséis geomorfositos orienta sobre el uso que se pueda llevar sobre los mismos y dota de una herramienta objetiva a los gestores del territorio. En este sentido, valoraciones científicas muy elevadas implican que el uso turístico debe ser restringido, mientras que, si estas valoraciones son bajas, la intensidad del uso turístico puede ser más intensa, pero nunca contraria a la geoconservación que es uno de los pilares del geoturismo. Si esto se combina con los valores añadidos, se obtienen grupos de geomorfositos que en función de sus valoraciones da idea de cómo se puede gestionar cada uno de los lugares y qué actividades proponer para que su patrimonio geográfico no desaparezca. Por ello, los seis geomorfositos generados durante la erupción poseen valoraciones científicas más elevadas que los diez previos a ésta. Además, los seis primeros actualmente no son accesibles por cuestiones de seguridad relacionadas con la emisión de gases, las altas temperaturas, la fragilidad del sustrato, etc., pero también de preservación de su geopatrimonio, mientras que el resto sí.

Por lo tanto, acorde con las valoraciones obtenidas y con

la accesibilidad, se propone un conjunto de lugares de interés geoturístico a partir de los cuales las autoridades y a las empresas de turismo activo puedan diseñar un itinerario mixto presencial y/o virtual. En el primer caso, ya se visitan de manera presencial varios geomorfositos estudiados en este trabajo (Mirador de Tacande, Tajuya, La Laguna, etc.) y cuentan con servicio de información y/o guías oficiales (Figura 8). Mientras que para los geomorfositos que no son accesibles, existe suficiente información audiovisual (videos durante y después de la erupción, vuelos de dron, imágenes aéreas, etc.) para un potencial geoitinerario virtual similar a lo que se ha hecho en otros lugares (Aldighieri *et al.*, 2016; Pasquaré Mariotto *et al.*, 2021 y 2022) y que permitiría la visita virtual a espacios inaccesibles a todo tipo de visitantes. Con esta propuesta de geomorfositos de interés geoturístico creemos que se consigue dar respuesta a la gran demanda turística existente actualmente para visitar el volcán y a aquellos visitantes que por diversos motivos no pueden trasladarse a la isla para hacerla. En ambos casos, este tipo de trabajos contribuye a poner en valor y preservar la geodiversidad del rico y variado patrimonio natural y cultural del volcán monogenético



**Figura 8.** Carteles (A), guías del volcán (B) y visitantes en varios de los puntos habilitados para ello: (C) Mirador de Tacande, (D) sendero próximo al cono volcánico y (E) Carretera San Nicolás- Las Manchas. Fuente: los autores.

Tajogaite. Sin duda, a esto contribuirá la formación de guías interpretes a través de los múltiples cursos de geoturismo que se están llevando a cabo en la isla, pero también la generación de documentación multidisciplinar para los que deseen visitar los GIGs de manera auto guiada, dispongan de la información lo más verídica y fiable posible sobre el patrimonio geográfico asociado directa e indirectamente con el volcán.

Los potenciales geoitinerarios que se pueden implementar a partir de los geomorfositos propuestos tiene repercusiones ambientales, económicas, y sociales sobre la población local de la isla. En el primer caso, este tipo de investigaciones y propuestas están en sintonía con la geoconservación de patrimonio geográfico asociado con la erupción y sus efectos. Desde el punto de vista económico, contribuiría a la creación de empresas locales de turismo activo, a la reorientación de otras ya existentes, al alojamiento turístico, al empleo etc. Y, finalmente, desde el punto de vista social, ha creado conciencia de que viven en una isla volcánica activa y de los efectos negativos que ello tiene, pero también de las ventajas, fortalezas y oportunidades derivadas de convivir con los volcanes, por ejemplo, a través del turismo volcánico.

### Consideraciones finales

El turismo es una actividad muy dinámica que prácticamente involucra a la totalidad del planeta bien como espacios emisores, o bien como destinos que reciben miles o millones de turistas. Las Islas Canarias constituyen uno de los principales destinos turísticos de sol y playa subtropicales del planeta, recibiendo más de quince millones de visitantes anuales. Sin embargo, hasta los destinos maduros presentan ciertos síntomas de agotamiento de sus modelos clásicos en relación, entre otros aspectos, con cambios significativos en la demanda. Ésta es cada vez más informada y exigente y no se conforma con el turismo tradicional de sol y playa. En este sentido, desempeña un papel fundamental la emergencia de nuevos productos y experiencias turísticas como el geoturismo. Esta modalidad de turismo no es nueva, pero si se ha generalizado mucho a partir de la creación de la red europea y mundial de geoparques, aunque la práctica del geoturismo se desarrolla incluso fuera de estos espacios.

Fruto del carácter reciente de este tipo de turismo y de un concepto en plena definición, dentro del geoturismo podemos

reconocer una gran diversidad de productos y experiencias que no son excluyentes entre sí y que tienen como nexo común todo el patrimonio natural y cultural asociado con las formas y los procesos del relieve. En este sentido, la identificación, selección, caracterización y valoración de geositos, geomorfositos y lugares de interés geoturístico es la mejor manera para poder desarrollar e implementar este tipo de turismo. Éstos deben ser representativos de la geodiversidad del entorno, deben estar conservados y ser accesibles. En los paisajes volcánicos la diversidad de las geoformas en espacios a veces muy reducidos los convierte en ideales para la práctica del geoturismo.

Este es el caso del volcán monogenético del Tajogaite generado durante la erupción de 2021 en la isla de La Palma. La espectacularidad de la erupción lo convirtió en un atractivo para miles de visitantes durante la misma en la isla y la variedad de formas y procesos volcánicos y no volcánicos ha hecho que muchos turistas vayan a La Palma para disfrutar de ellas. En este sentido, en este trabajo lo que se hace es seleccionar dieciséis geomorfositos vinculados directamente con la erupción o con el patrimonio previo a la misma y afectado por ésta para que las autoridades y empresas diseñen un geoitinerario real y/o virtual por los lugares seleccionados acorde con las recomendaciones de la OMT de un turismo accesible para todos (OMT, 2020). Para ello se ha aplicado una metodología de valoración del geopatrimonio con el fin de definir el nivel de usos de cada uno de los geomorfositos acorde con la conservación de sus valores patrimoniales. En líneas generales, los seis geomorfositos asociados directamente con la erupción del Tajogaite más Montaña Rajada, presentan valoraciones científicas por encima de las añadidas, por lo que su uso turístico debe ser más restrictivo que en los nueve geomorfositos seleccionados previos a la erupción, cuyos valores añadidos están por encima de los científicos. De hecho, de los dieciséis lugares siete son en la actualidad inaccesibles y el resto se pueden visitar presencialmente. Esto definirá y condicionará el carácter real o virtual del geoitinerario que se diseñe por parte de las autoridades y las empresas.

## Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por la Administración General del Estado-Ministerio de Ciencia e Innovación, Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico del Gobierno de España y la Consejería de Transición Ecológica, Lucha Contra el Cambio Climático y Planificación Territorial del Gobierno de Canarias-GESPLAN (año 2022). Proyecto “VOLTURMAC-Fortalecimiento del volcán turismo en la Macaronesia (MAC2/4.6c/298)”, cofinanciado por el Programa de Cooperación INTERREG 20 V-A España-Portugal MAC (Madeira-Azores-Canarias) 2014-2020. Agradecemos los comentarios

y sugerencias de la editora y de los tres revisores anónimos que han contribuido a mejorar el trabajo.

## Referencias

- Akbulut, G. (2011). A Suggested Geopark Site: Gypsum Karst Topography between Sivas Zara. IN *Nat Environ Cult Medit Reg-II* (pp. 137-148). Cambridge Scholars Publishing-UK.
- Aldighieri, B., Testa, B. and Bertini, A. (2016). 3D Exploration of the San Lucano Valley: Virtual Geo-routes for Everyone Who Would Like to Understand the Landscape of the Dolomites. *Geoheritage*, 8, 77-90. <https://doi.org/10.1007/s12371-015-0164-x>
- Alonso, I., Santana-Sarmiento, F., Andrés-Araujo, F., Casamayor, M., Montoya-Montes, I., Brenes, A., Herrera, R. and Sánchez-García, M. (2023). Morphosedimentary characteristics and formation mechanisms of new beaches generated after the Tajogaite volcano eruption of 2021 (La Palma, Spain). *Marine Geology*, 462, <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2023.107099>.
- Baadi, K., and Németh, K. (2023). Volcanic Landscape of the Middle Atlas: A Representative Heritage of Moroccan Geological History. In: Baadi, K. (eds) *Geoheritage of the Middle Atlas (Morocco)*. *Geoheritage, Geoparks and Geotourism* (pp. 195-218). Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-27073-4\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-031-27073-4_13)
- Becerra-Ramírez, R. (2013). *Geomorfología y Geopatrimonio de los volcanes magmáticos de la Región Volcánica del Campo de Calatrava*. Tesis Doctoral inédita. Universidad de Castilla-La Mancha, 822 pp., Ciudad Real. <https://ruidera.uclm.es/xmlui/handle/10578/3606>.
- Becerra-Ramírez, R.; Gosálvez, R.U.; Escobar, E.; González, E.; Serrano-Patón, M. and Guevara, D. (2020). Characterization and Geotourist Resources of the Campo de Calatrava Volcanic Region (Ciudad Real, Castilla-La Mancha, Spain) to Develop a UNESCO Global Geopark Project. *Geosciences*, 10, 441. <https://doi.org/10.3390/geosciences10110441>
- Boley B., Nickerson N. & Bosak K (2011) Measuring geotourism: developing and testing the geotraveler tendency scale (GTS). *J Travel Res* 50(5), 567–578.
- Bonadonna, C., Pistolesi, M., Biass, S., Voloschina, M., Romero, J., Coppola, D., Folh, A., D’Auria, L., Martín-Lorenzo, A., Domínguez, L., Pastore, C., Reyes, M. Rodríguez, F. (2022). Physical Characterization of Long-Lasting Hybrid Eruptions: The 2021 Tajogaite Eruption of Cumbre Vieja (La Palma, Canary Islands). *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 127(11), e2022JB025302.
- Bosak K., Boley B. & Zare, K. (2010) Deconstructing the ‘Crown of the Continent’: power, politics and the process of creating National Geographic’s Geotourism Mapguides. *Tour Geogr.*, 12(3), 460-480.
- Bouzekraoui, H., Barakat, A., Touhami, F., Mouaddine, A. & El Youssi, M. (2017). Inventory and assessment of geomorphosites for geotourism development: A case study of Aït Bou Oulli valley (Central High-Atlas, Morocco). *Area*, 50, 331-343. <https://doi.org/10.1111/area.12380C>

- Carracedo, J., Troll, V. y Socorro, S. (2019). *Geositos del volcán Teide y Tenerife*. Teleférico del Teide.
- Civico, R., Ricci, T., Scarlato, P., Taddeucci, J., Andronico, D., Del Bello, E., D'Auria, L., Hernández, P. A., Pérez, N. M., Asensio-Ramos, M., Barrancos, J., Calvo, D., Martínez van Dorth, D., Padrón, E., Álvarez, A. & Doglioni, C. (2022). 2021 Cumbre Vieja volcano eruption (La Palma, Spain). *Open topography*, <https://doi.org/10.5069/G96971S8> (accessed on 6 October 2022).
- Coratza P, Regolini-Bissig G (2009) Methods for mapping geomorphosites. In Reynard, E., Coratza, P. and Regolini-Bissig, G. (eds) *Geomorphosites* (pp 89-103). Pfeil, München.
- Dóniz-Páez, J., Becerra-Ramírez, R. (2020). Geomorfositos de interés volcánico turístico en una montaña subtropical: el parque nacional del Teide (Canarias, España). *Pirineos*, 175, e061. <https://doi.org/10.3989/pirineos.2020.175011>
- Dóniz-Páez, J. and Becerra-Ramírez, R. (2023). Geomorphosites of El Hierro UNESCO Global Geopark (Canary Islands, Spain): Promotion of Georoutes for Volcanic Tourism. In Dóniz-Páez, J. & Pérez, N. (eds.). *El Hierro Island Global Geopark. Diversity of Volcanic Heritage for Geotourism* (pp. 87-93). Ed. Springer. ISBN 978-3-031-07289-5. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-07289-5>
- Dóniz-Páez, J., Becerra-Ramírez, R., González, E., Guillén, C., and Escobar, E. (2011). Geomorphosites and Geotourism in volcanic landscapes: The example of La Corona del Lajial Cinder cone (El Hierro, Canary Islands, Spain). *Geojournal of Tourism and Geosites*, IV (2), vol. 8, 185-197.
- Dóniz-Páez, J., Beltrán Yanes, E., Becerra-Ramírez, R., Pérez, N., Hernández, P. and Hernández, W. (2020). Diversity of volcanic geoheritage in the Canary Islands, Spain. *Geosciences*, 10, 390 <https://doi.org/10.3390/geosciences10100390>
- Dóniz Páez, J., Beltrán Yanes, E., Becerra Ramírez, R. y Esquivel Sigut, I. (2021). Propuesta de itinerario geoturístico en Puntallana (La Gomera, Canarias, España). Comunicación presentada al XXIV Coloquio de Historia Canario-Americana.
- Dóniz-Páez, J., Németh, K., Becerra-Ramírez, R., Hernández, W., Gosálvez, R. U., Escobar, E., and González, E. (2023). Tajogaite 2021 Eruption (La Palma, Canary Islands, Spain): An Exceptional Volcanic Heritage to Develop Geotourism. *Proceedings*, 87(1), 26; <https://doi.org/10.3390/IECG2022-13748>
- Dowling, R. (2013). Global geotourism: An emerging form of sustainable tourism. *Czech Journal of Tourism*, 2(2), 59-79. <https://doi.org/10.2478/cjot-2013-0004>
- Dowling, R. & Newsome, D. (2006). *Geotourism*. Elsevier, Butterworth-Heinemann, Oxford.
- Dowling, R. & Newsome, D. (2010). *Geotourism: the tourism of geology and landscape*. Goodfellow Publishers Limited, Wallingford.
- Dowling R. & Newsome, D. (2018). Geotourism: definition, characteristics and international perspectives. In Dowling, R. & Newsome, D. (Eds.). *Handbook of Geotourism* (pp. 1-22). Edward Elgar, Cheltenham.
- Erfurt-Cooper, P. (2014). *Volcanic Tourist Destinations*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg. Berlin.
- Ferrer-Valero, N., García-Romero, L., San Romualdo-Collado, A., Vegas, J., Dóniz-Páez, J., Mangas, J. (2022). A sudden beaches formation on the coastal lava-deltas of the 2021 volcanic eruption on La Palma. In *Proceedings of the VIII International Symposium on Marine Sciences*, Las Palmas de Gran Canaria, Canary Islands, Spain, 6–8 June 2022
- Ferrer-Valero, N. Vegas, J. Galindo I., Lozano, G. (2023a). A geoheritage valuation to prevent environmental degradation of a new volcanic landscape in the Canary Islands. *Land Degrad Dev.*, 34, 2494-2507 DOI: 10.1002/ldr.4623
- Ferrer-Valero, N., Marrero-Rodríguez, N., San Romualdo-Collado, A., Vegas, J. and García-Romero, L. (2023b). Early morphodynamics of the sudden formation of beaches during the 2021 volcanic eruption of La Palma. *Geomorphology*, 436, <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2023.108779>
- Farsani N.T., Coelho, C., Costo, C., Carvalho, C.N. (2012). *Geoparks & Geotourism (new approaches to sustainability for the 21st century)*. Brown Walker Press. USA.
- Hose, A. (2008). Towards a history of geotourism: definitions, antecedents and the future. *Geological Society*, 300(1), 37-6. <http://doi.org/10.1144/SP300.5>
- Instituto Canario de Estadística (2022). <http://www.gobiernodecanarias.org/istac/>
- Karadeniz, E., Er, S., Boyraz, Z. and Coşkun, S. (2022). Evaluation of Potential Geotourism of Levent Valley and Its Surroundings Using GIS Route Analysis. *Geoheritage*, 14, 77. <https://doi.org/10.1007/s12371-022-00710-y>
- Kubalíková, L., Bajer, A., Balková, M., Kirchner, K. & Machar, I. (2022). Geodiversity Action Plans as a Tool for Developing Sustainable Tourism and Environmental Education. *Sustainability*, 14, 6043. <https://doi.org/10.3390/su14106043>
- Martí, J., Becerril, L. & Rodríguez, A. (2022a). How long-term hazard assessment may help to anticipate volcanic eruptions: The case of La Palma eruption 2021 (Canary Islands). *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 431, 107669. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2022.107669>.
- Martí, J., Dorado-García, O. & López-Saavedra, M. (2022b). The Volcanic Geoheritage of El Teide National Park (Tenerife, Canary Islands, Spain). *Geoheritage*, 14, <https://doi.org/10.1007/s12371-022-00698-5>
- Moufti, M., Németh, K., El-Masry, N. and Qaddah, A. (2013). Geoheritage values of one of the largest maar craters in the Arabian Peninsula: the Al Wahbah Crater and other volcanoes (Harrat Kishb, Saudi Arabia). *Central European Journal Geosciences*, 5(2): 254-271. <http://doi.org/10.2478/s13533-012-0125-8>
- OMT (15 de enero de 2020). *La OMT en FITUR 2020: la sostenibilidad, la innovación y la accesibilidad toman el centro del escenario*. UNWTO. Recuperado el 21/09/2023 de: <https://www.unwto.org/es/omt-en-fitur-2020-sostenibilidad-innovacion-accesibilidad>
- Panizza M. (2001). Geomorphosites: concepts, methods, and example of geomorphological survey. *Chinese Science Bulletin*, 46: 4-6.
- Pasquaré Mariotto, F. & Bonali, F.L. (2021). Virtual geosites as in-

- novative tools for geoheritage popularization: A case study from Eastern Iceland. *Geosciences*, 11(4), 149. <https://doi.org/10.3390/geosciences11040149>
- Pasquaré Mariotto, F., Bonali, F. L., Tibaldi, A., De Beni, E., Corti, N., Russo, E., Fallati, L., Cantarero, M. & Neri, M. (2022). A New Way to Explore Volcanic Areas: QR-Code-Based Virtual Geotrail at Mt. Etna Volcano, Italy. *Land*, 11(3), 377. <https://doi.org/10.3390/land11030377>
- Pérez-Cruz, J. (2019). *Las décimas al Volcán de San Juan*. La Palma punto y aparte.
- Pérez-Umaña, D., Quesada, A., De Jesús-Rojas, J., Zamorano, J., Dóniz-Páez, J. and Becerra-Ramírez, R. (2019). Comparative Analysis of Geomorphosites in Volcanoes of Costa Rica, Mexico, and Spain. *Geoheritage*, 11(2), 545-559. <http://doi.org/10.1007/s12371-018-0313-0>
- Pérez-Umaña, D., Quesada, A., and Tefogoum G. (2020). Geomorphological heritage inventory of Irazú Volcano, Costa Rica. *International Journal of Geoheritage and Parks*, 8: 31-47. <http://doi.org/10.1016/j.ijgeop.2019.12.001>
- Poblete, M.; Beato-Bergua, S.; Marino, J. y Herrera, D. (2022). Geoturismo con realidad aumentada en la zona volcánica del Campo de Calatrava (Ciudad Real). *Ería*, 42, 73-106. <https://doi.org/10.17811/er.2022.2022.73-106>
- Pralong, J. (2006). Geotourism: A new form of tourism utilising natural landscapes and based on imagination and emotion. *Tourism Review*, 61(3), 20-25. <http://doi.org/10.1108/eb058476/full/html>
- Quesada-Román, A. & Pérez-Umaña, D. (2020). Tropical Paleoglacial Geoheritage Inventory for Geotourism Management of Chirripó National Park, Costa Rica. *Geoheritage*, 12, 58. <https://doi.org/10.1007/s12371-020-00485-0>
- Quesada-Román, A., Zangmo, G.T. and Pérez-Umaña, D. (2020). Geomorphosite Comparative Analysis in Costa Rica and Cameroon Volcanoes. *Geoheritage*, 12, 90. <https://doi.org/10.1007/s12371-020-00515-x>
- Taddeucci, J., Scarlato, P., Andronico, D., Ricci, T., Civico, R., Del Bello, E., Spina, L., D'Aruiá, L., Asensio-Ramos, M., Calvo, D., Padrón, E., Hernández, P. and Pérez, N. (2023). The explosive activity of the 2021 Tajogaite eruption (La Palma, Canary Islands, Spain). *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 24, e2023GC010946. <https://doi.org/10.1029/2023GC010946>
- Rey, T., Leone, F., Candela, T., Defossez, S., Vinet, F., Parat, F., Gherardi, M., Medina, L., Lavigne, F., Martin, I. and Guillet, Z. (2023). L'éruption du Tajogaite (Cumbre Vieja) à La Palma, Canaries: de l'éruption volcanique à la crise territoriale. *EchoGéo*. DOI: <https://doi.org/10.4000/echogeo.24450>
- Reynard, E. and Brilha, J. (2017). *Geoheritage: assessment, protection and management*. Elsevier.
- Reynard, E., Fontana, G., Kozlik, L., & Scapozza, C. (2007). A method for assessing the scientific and additional values of geomorphosites. *Geographica Helvetica*, 62(3): 148-158. <http://doi.org/10.5194/gh-62-148-2007>
- Reynard, E., Perret, A., Bussard, J., Grangier, L., & Martin, S. (2016). Integrated approach for the inventory and management of geomorphological heritage at the regional scale. *Geoheritage*, 8: 43-60. <http://doi.org/10.1007/s12371-015-0153-0>
- Romero, C. (1991). *Las manifestaciones volcánicas históricas del Archipiélago Canario*. Consejería de Política Territorial. Gobierno Autónomo de Canarias.
- Romero, J. E., Burton, M., Cáceres, F., Taddeucci, J., Civico, R., Ricci, T., Perez, N. (2022). The initial phase of the 2021 Cumbre Vieja ridge eruption (Canary Islands): Products and dynamics controlling edifice growth and collapse. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 431, 107642. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2022.107642>
- Ólafsdóttir, R. and Tverijonaite, E. (2018). Geotourism: a systematic literature review. *Geosciences*, 8 (7), 234. <http://doi.org/10.3390/geosciences8070234>
- Schlüter, T. & Schumann, A. (2018). Geosites as a potential for the development of tourism—overview of relevant sites in Eswatini (formerly Swaziland). *GeoJ Tour Geosites.*, 22(2), 535–547.
- Sigurdsson, H. and Lopes, R. (2000). Volcanoes and Tourism. In Sigurdsson, H. (Ed.). *Encyclopedia of volcanoes* (pp. 1283-1299). Academic Press, San Diego.
- Štetić, S. & Trišić, I. (2022). Crises and Innovations in Tourism Development of Creative Tourism. In Stankovic, M. & Nikolic, V. (eds.) 4th Virtual International Conference Path to a Knowledge Society- Managing Risks and Innovation. 373-380.
- Štrba, L.U., Rybár, P., Baláž, B., Molokáč, M., Hvizdák, L., Kršák, B. & Ferenčíková, J. (2015) Geosite assessments: comparison of methods and results. *Curr Issue Tour.*, 18(5):496–510
- Vidal, R. & Tassara, A. (2023). Geo-Circuit for Interpretation of the Geological Evolution in the Nevados de Chillán Volcanic Complex, Chile. *Geoheritage*, 15, 63. <https://doi.org/10.1007/s12371-023-00832-x>
- Zangmo-Tefogoum, G., Quesada-Román, A. and Pérez-Umaña, D. (2020). Geomorphosites inventory in the Eboga Volcano (Cameroon): contribution for geotourism promotion. *Géomorphologie: relief, processus, environnement*, 26(1), 19-33. <http://doi.org/10.4000/geomorphologie.14006>