

IMPACTOS CULTURALES DE LA DESAPARICIÓN DE LOS GLACIARES DE ANETO Y MALADETA

Cultural impacts of the disappearance of the Aneto and Maladeta glaciers

Txomin Olalde¹, Ibai Rico^{2*}, Ignacio Palomo²

¹ Graduado en Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad del País Vasco, Vitoria-Gasteiz, 01006, España.

² Departamento de Geografía, Prehistoria y Arqueología, Universidad del País Vasco, Vitoria-Gasteiz, 01006, España.

³ Université Grenoble Alpes, IRD, CNRS, Grenoble INP, IGE, Grenoble, 38000, Francia.

Identificador ORCID de los autores y e-mail

Txomin Olalde: <https://orcid.org/0009-0005-6850-981X>. E-mail: aldapatxo@gmail.com

Ibai Rico: <https://orcid.org/0000-0003-4615-0488>. E-mail: ibai.rico@ehu.es

Ignacio Palomo: <https://orcid.org/0000-0002-4573-5989>. E-mail: ignacio.palomo@univ-grenoble-alpes.fr

*Autor corresponsal: ibai.rico@ehu.es

Recibido: 03-04-2023. **Aceptado:** 07-07-2023. **Fecha de publicación on-line:** 24-10-2023

Citation/Cómo citar este artículo: Olalde, T., Rico, I., Palomo, I., (2023). Impactos culturales de la desaparición de los glaciares de Aneto y Maladeta. *Pirineos*, 178 e079. <https://doi.org/10.3989/pirineos.2023.178007>

RESUMEN: Las proyecciones climáticas indican que los glaciares de los Pirineos desaparecerán a mediados del siglo XXI. Este trabajo analiza cómo puede afectar la desaparición de los glaciares de Aneto y Maladeta a las contribuciones no-materiales (culturales) de la naturaleza a las personas, comparando la importancia y aportaciones de los glaciares y del mismo paisaje sin glaciares en 2020 y 2050. Se han definido varias aportaciones no-materiales de los glaciares del Aneto y Maladeta en el Parque Natural de Posets-Maladeta (PNPM), teniendo en cuenta la clasificación de la Plataforma Intergubernamental sobre Biodiversidad y Servicios de los Ecosistemas (IPBES por sus siglas en inglés). Se ha realizado un estudio desarrollado a través de una encuesta respondida por 121 personas conocedoras del PNPM. A su vez, se ha inferido la incidencia de los glaciares en el paisaje local realizando cálculos de cuencas visuales mediante un SIG. Los resultados muestran que entre 2020 y 2050, la importancia de las contribuciones no-materiales de los glaciares disminuirá especialmente en las experiencias físicas y psicológicas en el entorno de los glaciares, así como en el conocimiento e inspiración, debido a la pérdida de un elemento geográfico de gran valor científico y educativo. Finalmente, se discuten las posibles consecuencias de la desaparición de los glaciares, sobre el atractivo del PNPM, el flujo de visitantes, la economía del valle, así como sobre la importancia de implementar estrategias de adaptación que garanticen la resiliencia en el contexto del cambio global.

PALABRAS CLAVE: Glaciares; Pirineos; Cambio Climático; Contribuciones de la Naturaleza a las Personas.

ABSTRACT: Climate projections indicate that glaciers in the Pyrenees will disappear in the middle of the 21st century. This work analyses how the disappearance of the glaciers of Aneto and Maladeta can affect the

non-material (cultural) Nature's Contributions to People (NCP), comparing the importance and contributions of glaciers and of the same landscape without glaciers in 2020 and 2050. Several non-material contributions of the Aneto and Maladeta glaciers have been defined in the Posets-Maladeta Natural Park (PMNP), taking into account the classification of the Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES). A study was developed through a survey of 121 people knowledgeable about the PMNP. In turn, the impact of glaciers on the local landscape has been inferred through calculations of visual basins using a GIS. The results show that between 2020 and 2050, the importance of non-material contributions from glaciers will decrease especially in physical and psychological experiences in the glacial environment, as well as in knowledge and inspiration, due to the loss of a geographic element of great scientific and educational value. Finally, we discuss the possible consequences of the disappearance of glaciers, the attractiveness of the PMNP, the flow of visitors and the valley economy, and the importance of implementing adaptation strategies that guarantee resilience in the context of global change.

KEYWORDS: Glaciers; Pyrenees; Climate Change; Nature's Contributions to People.

1. Introducción

El cambio climático antropogénico está generando profundos cambios en la criosfera a nivel global, incluyendo el permafrost, el hielo marino, los mantos de hielo continentales (Antártica y Groenlandia) y los glaciares de montaña (ej. Glaciares en Patagonia, Alaska e Himalaya). En especial, estos últimos, han sufrido en las últimas décadas, un retroceso sin precedentes, siendo históricamente, los principales contribuidores al aumento del nivel del mar (IPCC, 2019).

Las Contribuciones de la Naturaleza a las Personas (CNP), o *Nature's Contributions to People* son esenciales para el bienestar humano (Pascual *et al.*, 2019). Las CNP se suelen clasificar en tres grupos: de regulación (ej. regulación de flujos hídricos o regulación del clima), materiales (ej. provisión de agua dulce) y no materiales o culturales (ej. experiencias físicas y psicológicas ligadas al entorno) (Pascual, *et al.*, 2019). Los efectos del cambio climático están generando impactos en dichas contribuciones (materiales y no-materiales), debido a que, la temperatura de la atmósfera ha aumentado una media de 1,1 °C respecto a los valores preindustriales a causa de las actividades antrópicas (IPCC, 2019; IPCC, 2022). Las zonas de alta montaña en latitudes medias son, además, especialmente sensibles a los cambios en el clima (Beniston, 2003; Cunha, 2015).

Las contribuciones de los glaciares a las zonas de montaña son importantes para las personas, tanto desde el punto de vista hidrológico, como por los diversos CNP asociados (Palomo, 2017). Desde un punto de vista de las aportaciones culturales, los glaciares son elementos icónicos del paisaje de la alta montaña, constituyendo un patrimonio natural y cultural de elevado interés para las poblaciones de locales, los turistas y visitantes y la cultura asociada a las actividades de montaña (Parish, 2002; Orlove *et al.*, 2008; Cook *et al.*, 2021). Estas aportaciones son, además, parte del sentimiento de pertenencia

de la población y son fuente de conocimiento científico (Zoderer *et al.*, 2016; Allison, 2015; Pascual *et al.*, 2017; Schirpke *et al.*, 2016, 2019; Schirpke & Tasser, 2021).

El turismo glaciar se ha desarrollado como un sector de importancia a nivel global, con más de 50 destinos a glaciares alpinos que entran dentro de los circuitos turísticos de primer orden, como el glaciar Aletsch en los Alpes suizos, la Mer de Glace en Chamonix- Mont Blanc, los glaciares Franz Joseph y Fox en Nueva Zelanda, Vatnajökull en Islandia, el glaciar del Khumbu en el Everest o el conocido glaciar de Perito Moreno en la Patagonia argentina (Wang *et al.*, 2010; Welling *et al.*, 2015; Tang *et al.*, 2022). El cambio climático se está convirtiendo en un problema indiscutible, visible y fundamental que afecta a una amplia gama de recursos y condiciones ambientales que son atractivos clave para un turismo vulnerable, basado en la naturaleza, y en especial el turismo glaciar alpino (Wang *et al.*, 2010; Furunes & Mykletun, 2012; Gagné *et al.*, 2014; Salim & Ravanel, 2020; Salim *et al.*, 2021a, 2021b; Salim, 2023).

Un número creciente de estudios muestra que el turismo de glaciares está sufriendo las consecuencias del cambio climático, lo que lleva a una mayor dificultad para acceder a los glaciares (Stewart *et al.*, 2016; Mourey & Ravanel, 2017), un mayor riesgo en ciertas actividades alpinas (Purdie *et al.*, 2015; GAPHAZ, 2017), o una posible pérdida de atractivo a través de una reducción del valor estético del sitio (Diolaiuti & Smiraglia, 2010; Salim & Ravanel, 2020; Salim, 2023). Estos estudios han demostrado, además, la utilidad de la aplicación de metodologías participativas a la hora de evaluar la importancia de las CNP (Martín-López *et al.*, 2012) ligado a la naturaleza cualitativa de la evaluación de los cambios paisajísticos y estéticos de los destinos turísticos ligados a los glaciares. No obstante, a pesar de la profusión de trabajos en esta temática, aún existen importantes vacíos de conocimiento sobre las CNP en zonas de montaña, y en particular sobre las CNP no

materiales, especialmente ligadas a la desaparición de los glaciares.

En los Pirineos, se han realizado estudios sobre la evolución de los glaciares, cuantificando las pérdidas de extensión y adelgazamiento desde los años 80 hasta la actualidad (Martínez de Pisón & Arenillas, 1988; González Trueba *et al.*, 2008; Rico *et al.*, 2017; López-Moreno *et al.*, 2016, 2018 entre otros). En este contexto, los glaciares pirenaicos han sufrido un acelerado retroceso desde los años 80, pasando de 39 glaciares que ocupaban más de 800 ha en 1984 a 21 glaciares en 2020 (230 ha). Solo entre 2011 y 2020 los glaciares adelgazaron de media 6,3 m, aunque en muchos de ellos ha habido pérdidas de grosor locales de más de 20 m. Estas masas de hielo se encuentran en un claro desequilibrio respecto a las condiciones ambientales actuales; por un lado, presentan muy poca acumulación de nieve que perdure durante el verano, dificultando la formación de hielo glaciar y, por otro lado, sufren una temporada de fusión estival más prolongada (Rico *et al.* 2017; Rico, 2019; Vidaller *et al.*, 2021; 2023).

El retroceso glaciar posterior a los años 80 ha doblado el ritmo y las tasas de cambio del siglo XX y de mantenerse estas tendencias se estima que estos elementos geográficos podrían desaparecer para el año 2050 (Rico *et al.*,

2017; Rico, 2019; Vidaller *et al.*, 2021; 2023). Mientras que se ha avanzado considerablemente en el conocimiento sobre la evolución y estado actual de los glaciares de los Pirineos, y a pesar de los nuevos trabajos con relación a su patrimonio cultural (OPCC-CTP, 2018; Serrano Cañadas, 2023), existe un vacío de información respecto a las contribuciones no-materiales de los glaciares pirenaicos y en especial al potencial efecto de la desaparición de dichos elementos geográficos sobre el paisaje, la cultura y el turismo asociado.

En el caso del PNPM, la desaparición de los glaciares podría suponer una serie de cambios sobre las CNP, y subsecuentemente sobre las percepciones y valoraciones de las personas hacia el entorno. Algunas de las consecuencias podrían ser la disminución o desaparición de la importancia de estas aportaciones y/o un descenso potencial del número de visitantes.

Por lo tanto, los objetivos de este trabajo son: 1. Cartografiar la cuenca visual desde la cual los glaciares de Aneto y Maladeta son observables; 2. Identificar las aportaciones y beneficios no-materiales de los glaciares de Aneto y Maladeta a las personas; 3. Evaluar la importancia y disfrute de dichas aportaciones en la actualidad; y 4. Analizar los cambios y consecuencias que se producirán en estas aportaciones no-materiales con la desaparición de los glaciares.

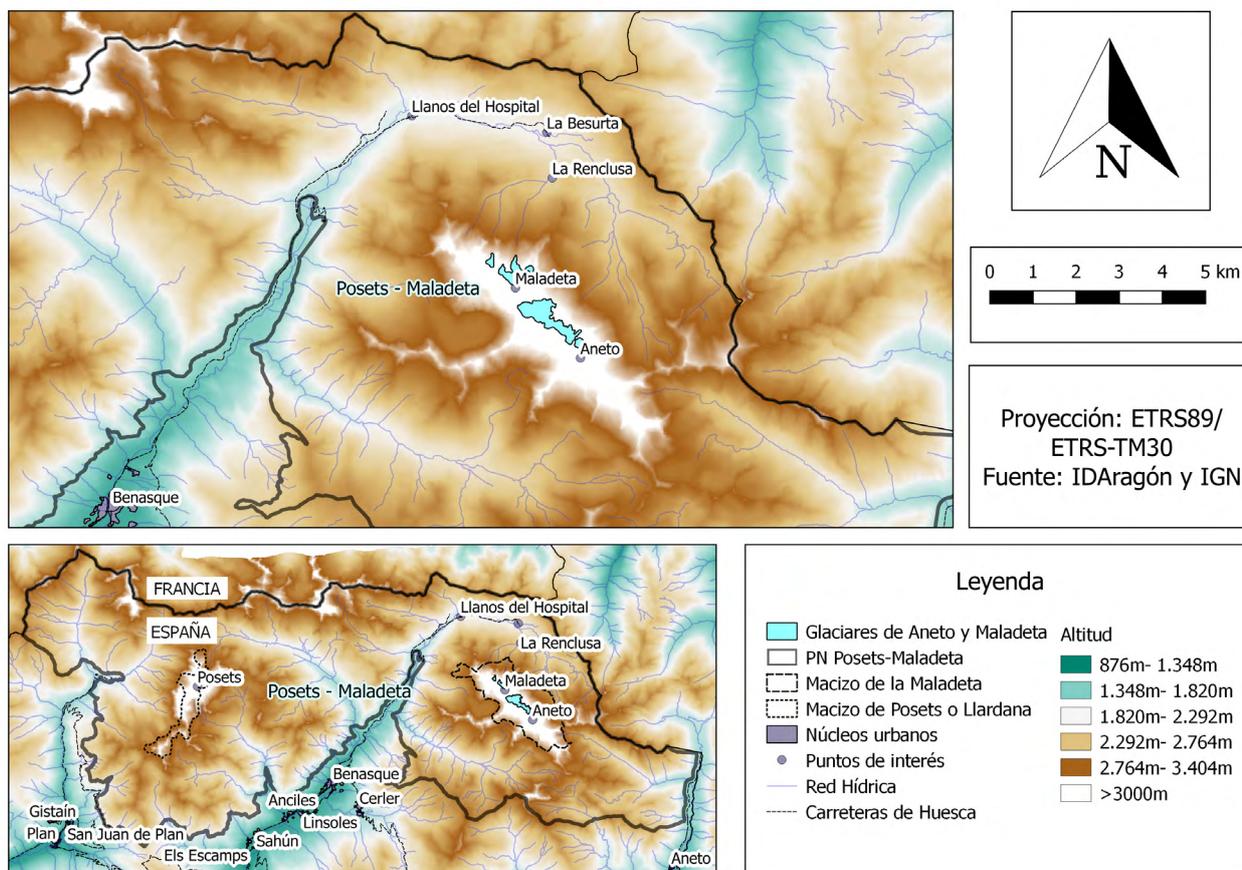


Figura 1. Mapa de localización general del PNPM.

Figure 1. Location map of the PMNP.

2. Zona de estudio

El PNPM se encuentra al noreste de la península ibérica, en la cordillera pirenaica, en la comunidad autónoma de Aragón, dentro de la provincia de Huesca (42°39'9" N 0°30'23" E). El PNPM se encuentra dentro de las comarcas de Sobrarbe y Ribagorza, y tiene un total de 33.474,16 ha (Figura 1). El PNPM fue creado en 1998, pero ya había sido declarado zona protegida el 23 de junio de 1994. Se declaró Parque Natural con los objetivos de la protección de la fauna y flora autóctonas y la delimitación y gestión de los usos y actividades que en él se desarrollan (Gobierno de Aragón, 2018). El PORN (Plan de Ordenación de los Recursos Naturales) y el PRUG (Plan Rector de Uso y Gestión) son los principales instrumentos de ordenación y gestión que regulan la compatibilidad de dichos usos y actividades (BOA, 2005, 2014).

El 70 % de la extensión del PNPM se sitúa a partir de los 1.800 m de altitud. El macizo de Maladeta, situado en el extremo oriental del PNPM, cuenta con una superficie de 1.388 ha y es el macizo más extenso del PNPM (Gobierno de Aragón, 2018). En este macizo destacan los picos de Aneto (3.404 m), el más alto del Pirineo, y Maladeta (3.312 m).

Desde el punto de vista geomorfológico, el PNPM se encuentra en el Pirineo axial, y cabe destacar el modelado glaciar Cuaternario, que ha generado un paisaje alpino característico. Las principales litologías son granitos y rocas metamórficas de origen paleozoico (Gobierno de Aragón, 2018).

En la actualidad, los glaciares del macizo de Maladeta acumulan la mayor superficie glaciar por macizo de todo el Pirineo. Actualmente ocupan 80,6 ha distribuidas en cuatro glaciares: el del Aneto principal y secundario (47,9



Figura 2. Glaciares de Maladeta (arriba) y Aneto (abajo) en 2022, mostrando claros síntomas de desequilibrio. Fuente: Gerardo Bielsa.

Figure 2. Glaciers of Maladeta (above) and Aneto (below) in 2022, showing clear symptoms of imbalance. Source: Gerardo Bielsa.

ha), el de Maladeta Oriental y Occidental (25,1 ha), el de Barrancs (2,6 ha) y el de Tempestades (5,6 ha) (Rico *et al.*, 2017; Vidaller *et al.*, 2021; Vidaller *et al.*, 2023).

En el caso del glaciar del Aneto (Figura 2), su superficie ha pasado de 132 ha en 1984 a 47,9 ha en 2022, (Rico *et al.*, 2017; Vidaller *et al.*, 2023) La profundidad media actual de este cuerpo de hielo es de 11,9 m (Vidaller *et al.*, 2023). En cuanto al glaciar de la Maladeta (Figura 2), pasó de 60 ha en 1984 a 25,1 ha en 2020, perdiendo también en este caso la mitad de su superficie (Rico *et al.*, 2017; Vidaller *et al.*, 2021). El glaciar de Maladeta es el cuarto más grande de la cordillera (después de los glaciares de Aneto, Monte Perdido y Ossoue).

La evolución histórica reciente de los glaciares pirenaicos se encuentra ligada a la Pequeña Edad de Hielo, durante los siglos XV y XIX (González Trueba *et al.*, 2008; Matthes, 1950). Los efectos de esta variación climática histórica son muy visibles en el parque, donde se han contabilizado hasta 25 circos glaciares y otras morfologías y depósitos asociadas a la morfogénesis glaciar (González Trueba *et al.*, 2008). El conjunto de formas y depósitos glaciares, así como los aparatos glaciares que hoy día aún persisten en el macizo, forman parte (junto con el resto de los glaciares de la vertiente española) de la figura de protección del Monumento Natural de los Glaciares Pirenaicos (Gobierno de Aragón, 2018). Los glaciares del macizo de Maladeta, en particular los de Aneto y Maladeta, son elementos icónicos del paisaje, y en concreto de la zona de Llanos del Hospital y Aigualluts, que como se verá a continuación recibe la mayoría de los visitantes de la temporada estival.

El turismo es uno de los sectores económicos más importantes del PNPM, estando el 73 % de la economía de Benasque basada en el sector terciario. La mayor parte del turismo que se da en la comarca de Ribagorza se concentra en el valle de Benasque, dividiéndose entre la estación de esquí de Cerler y el PNMP (Gobierno de Aragón, 2008). El valle de Benasque cuenta con dos máximos anuales por parte de los visitantes: el invierno y el verano. En la primera destacan las actividades deportivas relacionadas con la nieve en la estación de esquí alpino en Cerler o el esquí de fondo en los Llanos del Hospital, mientras que en verano se registran numerosos visitantes, atraídos por el ambiente de montaña, deportes de aventura, senderismo, actividades relacionadas con la naturaleza y el paisaje en general (Gobierno de Aragón, 2018).

En la temporada estival, la zona que más visitantes concentra es la cabecera del valle del Ésera, al norte del macizo de la Maladeta. Durante el verano, la carretera que va a La Besurta permanece cerrada, por lo que el Ayuntamiento de Benasque ofrece un servicio de autobús desde junio hasta septiembre. La Figura 3 muestra el número de visitantes en autobús en este valle entre los años 2014-2021, que oscila entre los 20.000 y 48.000 al año. Las cifras se refieren a los visitantes que han acudido en el autobús municipal a La Besurta desde Benasque y Llanos del Hospital (Gobierno de Aragón, 2018). No obstante, aunque no existen datos oficiales, se estima

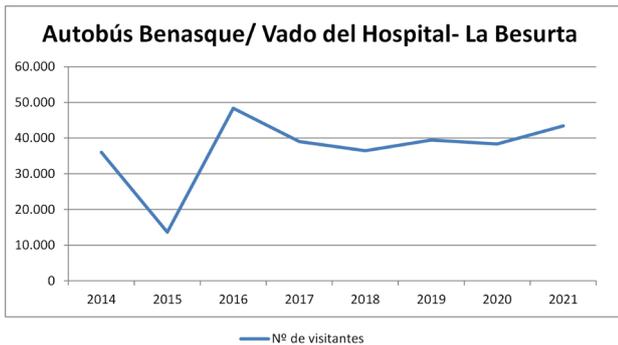


Figura 3. Número de usuarios de los autobuses Benasque / Vado del Hospital - La Besurta entre los años 2014-2018.
 Figure 3. Number of users of the Benasque / Vado from the Hospital - La Besurta buses between 2014-2018.

que el número total de visitantes es muy superior al registrado por el sistema de autobuses. Esto se refleja en un ejemplo cercano, en el PNPM Nacional Ordesa-Monte Perdido, donde la estimación total de visitantes ascendió a 589.450 de los cuales 227.900 accedieron por el valle de Ordesa (Torla), pero la contabilización reflejada en el Centro de Visitantes y Punto de Información de la Pradera de Ordesa fue de tan solo 44.408 visitantes (Villagrasa Ferrer, 2020).

3. Métodos

Las CNP nacen originalmente del concepto de “servicios de ecosistemas”, que se popularizó durante el “Millennium Ecosystem Assessment” de las Naciones Unidas en el año 2005 (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). Aunque en esencia los servicios de ecosistemas y las CNP se refieren a todas aquellas contribuciones de la naturaleza a la sociedad y las personas, las CNP destacan por enfatizar una perspectiva social, inclusiva y específica al contexto de una amplia gama de culturas y de relaciones de estas con la naturaleza de su entorno (Díaz et al., 2019).

Primero se ha realizado un estudio y revisión de la literatura científica, para después identificar la tipología de las contribuciones no-materiales de los glaciares Aneto y Maladeta en el PNPM. En la Tabla 1 se detallan las contribuciones que han sido desarrolladas específicamente para este estudio y zona geográfica y los grupos en los que se clasifica cada una de ellas.

Para estimar la presencia de los glaciares en el paisaje del PNPM, se ha calculado la cuenca visual de los glaciares con el programa ArcGis. Para ello, se han utilizado la plataforma Instituto Geográfico Nacional (IGN), para la obtención de modelos digitales de terreno, con una precisión de 5 m (LiDAR) y la plataforma IDEAragon para la búsqueda de datos geoespaciales relacionados con el PNPM.

Tabla 1. Contribuciones no materiales (culturales) de los glaciares del Aneto y la Maladeta identificadas en este trabajo. Fuente: adaptado de Pascual et al., 2019.

Table 1. Non-material (cultural) contributions of the glaciers of Aneto and Maladeta identified in this work. Source: adapted from Pascual et al., 2019.

Contribución	Definición	Contribuciones de los glaciares de Aneto y Maladeta
Conocimiento y sensibilización	La naturaleza nos ayudará a trabajar las propias capacidades y a tener un conocimiento global. De este modo, la sociedad dispondrá de recursos para conocer mejor el medio ambiente y la biodiversidad	Conocimiento científico
		Educación ambiental y sensibilización
Experiencias físicas y psicológicas	El ser humano puede beneficiarse de los recursos o paisajes que ofrece la naturaleza para su bienestar	Senderismo
		Montañismo
		Trail-running
		Escalada y alpinismo
		Relajación y meditación
Identidad y sentimiento de pertenencia	La naturaleza puede contribuir a desarrollar en las personas, la identidad y los sentimientos de pertenencia, porque cuenta con un elemento “singular”	Los glaciares de Aneto y Maladeta son elementos significativos del PNPM
		Sentimiento de pertenencia con relación a los glaciares de Aneto y Maladeta y al valle de Benasque e identidad con relación al entorno
		Los glaciares de Aneto y Maladeta forman parte de la cultura montañera en los Pirineos

Por otra parte, se ha realizado una encuesta para valorar la importancia de estas contribuciones, con el objetivo de conocer las percepciones y valoración de la población local y habitantes de zonas de montaña y de los visitantes, en torno a las aportaciones no-materiales de los glaciares de Aneto y Maladeta. En esta encuesta se ha evaluado el escenario estival, ya que, al contrario que en el invierno (cuando los glaciares y su entorno se cubren de nieve) en verano los glaciares adquieren una importancia significativa en el paisaje. Para realizar esta valoración, se ha creado una batería de preguntas (material suplementario disponible en la web) para detectar y evaluar las contribuciones no-materiales de los glaciares a las personas, en la actualidad y en un escenario presumiblemente sin glaciares en 2050. Además, se ha realizado una modelización de varias fotografías para que los encuestados visualicen de manera más realista un paisaje estival libre de hielo en el futuro cercano. Estas modelizaciones se han realizado con el programa Photoshop (Figuras 4 y 5).

Como se ha indicado anteriormente, la obtención de datos se ha realizado mediante una encuesta on-line (Fi-

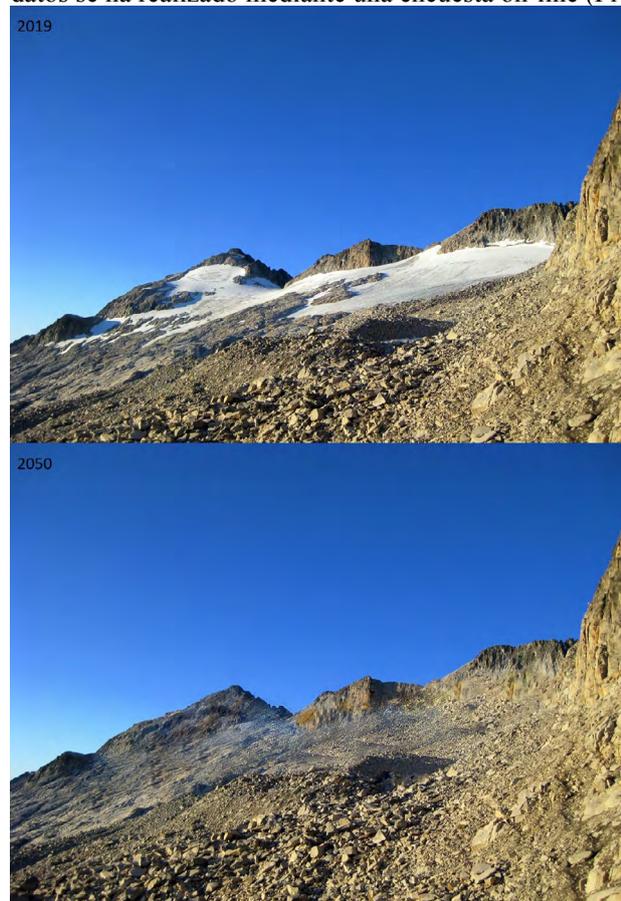


Figura 4. Glaciar del Aneto en 2019 y 2050 (modelizado).

Fuente: I. Miguel 303xm CC BY-SA 2.5, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2505733>.

Figure 4. Aneto Glacier in 2019 and 2050 (modelled). Source: I. Miguel 303xm CC BY-SA 2.5, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2505733>.

gura 6). En total, la muestra ha sido de 121 personas, entre ellos había 96 hombres y 25 mujeres de distintos perfiles. Todos los encuestados habían visitado el PNPM con anterioridad.

Esta encuesta está dividida en tres partes. La primera incluye preguntas sobre el perfil de cada encuestado. En la segunda parte se ha realizado una valoración de las contribuciones no-materiales de los glaciares en el año 2020 a través de diferentes preguntas. Se ha valorado una a una la importancia de cada contribución. Por último, se ha valorado la importancia de estas aportaciones en 2050 cuando los glaciares hayan desaparecido.

La recogida de respuestas se ha utilizado aplicando una escala Likert, utilizando cinco ítems, del 1 al 5 para medir el grado de consenso con una declaración, y de esta manera, poder determinar de una manera sencilla el nivel de acuerdo o desacuerdo de cada persona con respecto a cada afirmación. En todas las preguntas el 1 representa “totalmente en desacuerdo” con esa declaración y el 5 “totalmente de acuerdo”. El análisis estadístico se ha realizado directamente sobre la escala Likert, y además se ha realizado una homogeneización de los datos recogidos en la encuesta, para lo cual se ha creado una escala adecuada de representación de los datos que mide las CNP no materiales de los glaciares por orden de importancia tanto en la actualidad como en el escenario de 2050.

De cara al análisis de la distribución de las distintas variables se han tenido en cuenta la disposición de los cuartiles y el histograma para evaluar la normalidad de las variables. Para la confirmación de esta hipótesis se realizó una prueba de bondad de ajuste para verificar qué tipo de distribución siguen los datos y, por tanto, el tipo de pruebas estadísticas que se deben llevar a cabo en el contraste estadístico (paramétricas o no paramétricas).

La prueba de bondad de ajuste utilizada ha sido la prueba de Kolmogorov- Smirnov, conocida como prueba K-S, que es una prueba de significación estadística para verificar si los datos de la muestra proceden de una distribución normal. Se emplea para variables cuantitativas continuas y cuando el tamaño muestral es mayor de 50 (Saldaña, 2016).

El resultado de la prueba indica los valores estadísticos obtenidos y la significación estadística (sig. Asintótica Bilateral). Este sería el valor de p, y como es 0,000 (menor de 0,05) se rechaza la hipótesis nula, o sea, las variables analizadas en los diferentes ítems no siguen una distribución normal y, en consecuencia, se han aplicado pruebas no paramétricas para el contraste estadístico. En este sentido se ha realizado un análisis comparativo mediante la prueba de Mann-Whitney y la prueba de Kruskal-Wallis (Field, 2018) para verificar si en las distribuciones de las distintas categorías de las variables hay diferencias significativas, es decir, determinar en qué casos influye el tipo de categoría de una variable a la hora de dar una respuesta a una pregunta. Para el caso de dos muestras independientes se han hecho las pruebas de Mann-Whitney y para el caso de más de dos muestras independientes la de Kruskal-Wallis. Cuando se habla de diferencias estadísticamente significativas, establecemos un nivel de confianza del 95 % (0,05).



Figura 5. Panorámica del valle de Benasque en 2019 y 2050 (modelizado). Fuente: I. Miguel 303xm CC BY-SA 2.5, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2505733>.

Figure 5. Panoramic view of the Benasque valley in 2019 and 2050 (modelled). Source: I. Miguel 303xm CC BY-SA 2.5, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2505733>.

Los glaciares de Aneto y Maladeta tienen un gran impacto positivo (paisajístico) en la experiencia del senderismo que se realiza en el parque. *



Markatu aukera bakarra.

1 2 3 4 5

Muy en desacuerdo Muy de acuerdo

Figura 6. Un ejemplo de los contenidos del cuestionario.
Figure 6. An example of the contents of the questionnaire.

4. Resultados

El cálculo de la cuenca visual de los glaciares Aneto y Maladeta permite cuantificar la influencia de estos dos glaciares en el PNPM y comprender mejor la importancia de los glaciares sobre el paisaje y en las actividades asociadas en la zona. La cuenca visual abarca 21,42 km², el PNPM tiene 33.474,16 ha, es decir, 335 km², por lo tanto, la cuenca visual de los glaciares ocupa el 6,39 % del conjunto de la superficie del PNPM. No obstante, la zona que más visitantes concentra en el verano, es Llanos de Hospital y el valle que va hasta La Besurta. Por lo tanto, si

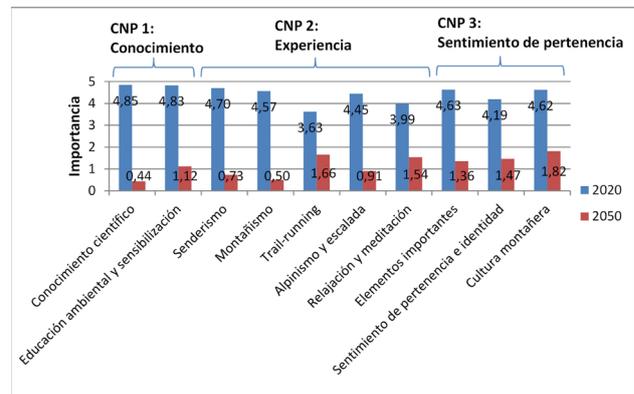


Figura 7. Cuenca visual de los glaciares de Aneto y Maladeta.
Figure 7. The visual catchment area of the glaciers of Aneto and Maladeta.

tenemos en cuenta este valle el porcentaje que se obtiene es del 35% (Figura 7).

Respecto a los resultados de la encuesta, en líneas generales, la opinión de los encuestados sobre la importancia de los glaciares para las tres tipologías de contribuciones CNP estudiadas en el año 2020, es elevada (Figura 8). Las contribuciones del grupo de conocimiento y sensibilización son las que tienen mayor importancia en la actualidad (4,84 sobre 5). El grupo de las experiencias físicas y psicológicas cuenta con una valoración alta (4,27 sobre 5), aunque ligeramente inferior a la anterior, los encuestados valoran mucho el paisaje a la hora de realizar una actividad y los glaciares forman parte de este paisaje, aunque en algunas de las experiencias como trail-running o meditación, la importancia de los glaciares demuestra ser relativa. Finalmente, la tercera CNP (sentimiento de pertenencia e identidad), cuenta también con una valoración intermedia entre las anteriores (4,44 sobre 5).

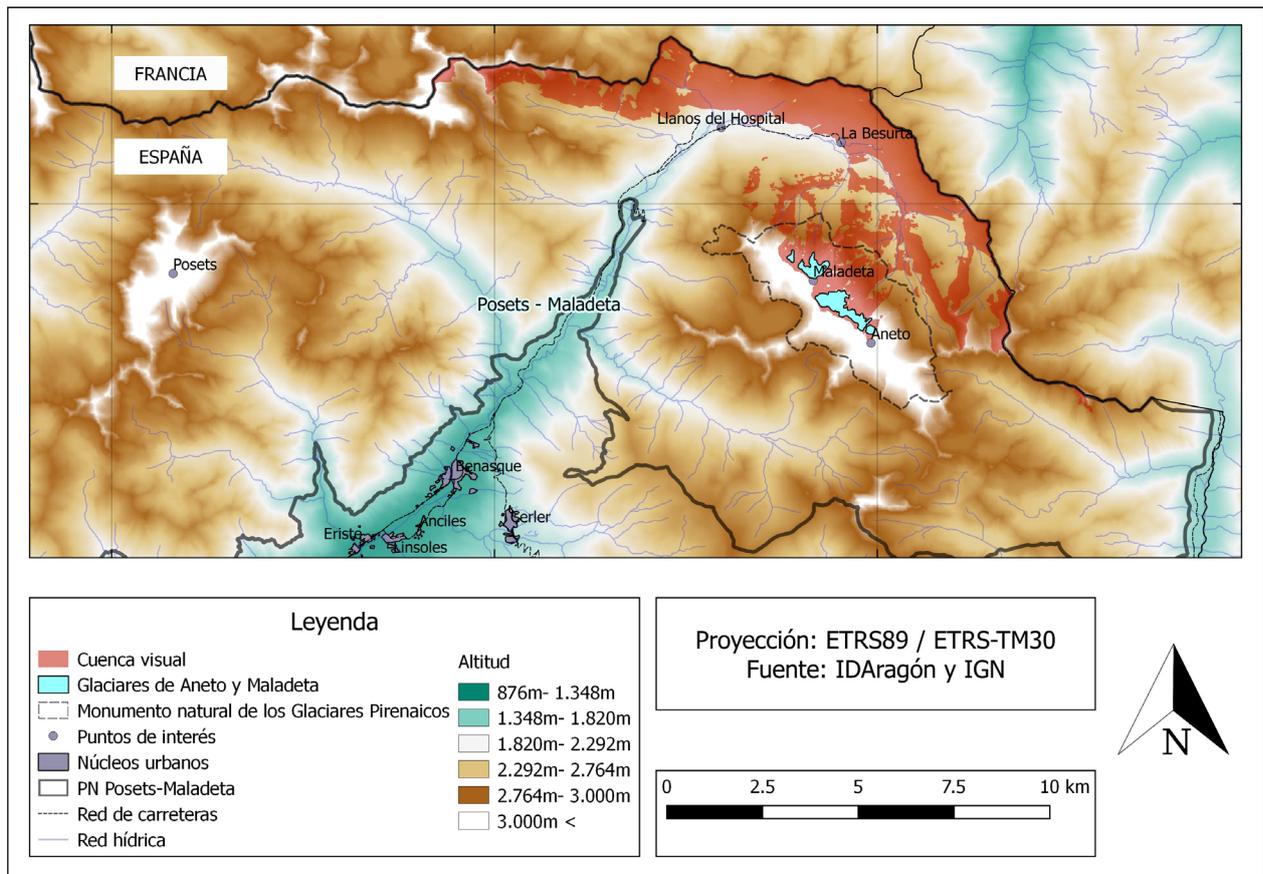


Figura 8. Contribuciones no-materiales de los glaciares de Aneto y Maladeta entre los años 2020 y 2050.
 Figure 8. Non-material contributions of the glaciers of Aneto and Maladeta between 2020 and 2050.

En la Tabla 2 se puede observar los posibles cambios que pueden dar los distintos grupos de contribuciones y el cambio total en el escenario 2050. El grupo de contribuciones que sufrirá mayores consecuencias será el de conocimiento y sensibilización, estas pasarán de tener una importancia de 4,84 sobre 5 a tener 0,78 sobre 5. Con la desaparición de los glaciares estos dejarán de ser una fuente de investigación y, por lo tanto, esta contribución se reducirá casi en su totalidad (exceptuando los depósitos y formas glaciares previamente mencionados). En el caso del grupo de las contribuciones de experiencias físicas y psicológicas será algo menor en algunos casos como en la experiencia de trail-running o meditación y relajación (pasando de 3,62 a 1,66 y 3,99 a 1,54 respectivamente). No obstante, otras actividades como senderismo, montañismo, y alpinismo y escalada, sí que reflejan un cambio sustancial en un escenario sin glaciares. En el último grupo, el grupo de identidad y sentimiento de pertenencia, la desaparición de los glaciares afectará a esta dimensión notablemente, aunque la valoración final (1,55 sobre 5) es algo superior a los dos anteriores grupos de contribuciones.

Tabla 2. Importancia media y total de cada grupo CNP en una escala de 0 a 5, siendo 5 muy importantes y 0 de escasa importancia. CNP1- grupo de conocimiento, CNP2- grupo de la experiencia, CNP3- grupo del sentimiento de pertenencia.
 Table 2. Mean and total importance of each PCN group on a scale from 0 to 5, 5 being very important and 0 of little importance. CNP1- knowledge group, CNP2- experience group, CNP3- feeling of belonging group.

	CNP 1	CNP 2	CNP 3	Total
2020	4,84	4,48	4,48	4,44
2050	0,78	1,07	1,55	1,15

Por otra parte, los análisis estadísticos muestran cómo los habitantes de montaña (dentro de este grupo se han incluido a las personas que viven en el valle de Benasque, otros valles Pirenaicos y los Alpes) y los de menor edad no perciben los descensos en las CNP en 2050 al igual que los visitantes y los más mayores, especialmente en los casos de conocimiento y sensibilización, las actividades deportivas

entorno a los glaciares y la importancia de los glaciares. La Tabla 3 refleja que en estas preguntas la media de las respuestas de los visitantes es más alta que la de los habitantes de montaña, y, por lo tanto, los visitantes muestran una percepción sobre los impactos del cambio climático más acentuada. Uno de los resultados significativos pertenece al grupo de conocimiento e inspiración donde los no-locales o visitantes están de acuerdo con la afirmación de que con la desaparición de los glaciares disminuirá la educación ambiental y la sensibilización, con una valoración de un 3,97 sobre 5. Sin embargo, en el caso de los habitantes de montaña esta valoración será inferior, un 2,45 de 5, por lo tanto, creen que la disminución será menor.

Por el otro lado, se detectan respuestas significativas en el grupo de contribuciones de experiencias, en la práctica del senderismo, montañismo y el trail-running. En este caso, se infiere que la pérdida de los glaciares generará alteraciones paisajísticas que afectarán negativamente a las experiencias deportivas de la zona. Los visitantes valoran estos elementos con una puntuación mayor que los habitantes de montaña. Por último, los visitantes del PNPM están más de acuerdo que sin los glaciares la importancia del entorno se verá reducida, sin embargo, los locales piensan que esta reducción no será tan acusada.

Tabla 3. Medias de las respuestas significativas que se han obtenido en la variable local no-local, indicando que existe un grado de relación entre ellas, y que estas respuestas pueden generalizarse a toda la población.

Table 3. Mean and total importance of each PCN group on a scale from 0 to 5, 5 being very important and 0 of little importance. NCP1- knowledge group, NCP2- experience group, NCP3- feeling of belonging group.

Medias		Habitantes de montaña	Visitantes	valor p (sig. <0,05)
2020	Los glaciares de Aneto y Maladeta son uno de los elementos más importantes del paisaje pirenaico y del valle de Benasque.			
2050	La ausencia de los glaciares perjudicará al conocimiento científico del ser humano.	4	4,54	0,022
	Con la desaparición de los glaciares, disminuirá la educación ambiental y sensibilización que proporciona el entorno.	2,45	3,97	0,001
	La ausencia de los glaciares generará alteraciones paisajísticas que afectarán a la experiencia del senderismo.	3,63	4,36	0,014
	La desaparición de los glaciares tendrá importancia en la experiencia del montañismo que se practica en el valle Benasque.	3,9	4,56	0,037
	La pérdida de los glaciares tendrá un impacto negativo en el paisaje, de cara a la experiencia de Trail-Running que se realiza en su entorno.	2,45	3,5	0,01
	La desaparición de los glaciares afectará negativamente a la zona como escenario para la relajación y meditación.	2,72	3,66	0,015
	Sin los glaciares de Aneto y Maladeta, los paisajes pirenaicos y del valle de Benasque perderán la importancia que tienen actualmente.	2,63	3,75	0,002

Tabla 4. Medias de las respuestas significativas que se han obtenido en la variable de la edad, indicando que existe un grado de relación entre ellas.

Table 4. Means of the significant responses obtained in the age variable, indicating that there is a degree of relationship between them.

Medias		18-30	31-45	46-60	>60	valor p (sig. < 0,05)
2020	Los glaciares de Aneto y Maladeta tienen un gran impacto positivo (paisajístico) en la experiencia del senderismo que se realiza en el PNPM.					
2050	La ausencia de los glaciares perjudicará al conocimiento científico del ser humano.	4,18	4,14	4,68	4,82	0,001
	Con la desaparición de los glaciares, disminuirá la educación ambiental y sensibilización que proporciona el entorno.	2,94	3,8	3,92	4,24	0,008
	La ausencia de los glaciares generará alteraciones paisajísticas que afectarán a la experiencia del senderismo.	3,88	4,14	4,37	4,61	0,035
	Sin los glaciares de Aneto y Maladeta, los paisajes pirenaicos y del valle de Benasque perderán la importancia que tienen actualmente.	3	3,4	4	3,85	0,006

Tras los resultados de la prueba de Kruskal-Wallis se observa que las diferencias apreciadas en estas preguntas de la categoría de la variable de edad también son significativas (Tabla 4.). Los resultados del análisis estadístico reflejan que los encuestados de más de 60 años otorgan más importancia a las contribuciones no-materiales de los glaciares a las personas. Por ejemplo, hoy en día los glaciares tienen un impacto muy positivo en la experiencia del senderismo en la zona, como se puede ver en las respuestas anteriores, pero son los mayores de 60 años los que le dan mayor importancia a esta contribución. Igualmente, en el caso de las consecuencias de la desaparición de los glaciares en 2050, en el grupo de conocimiento e inspiración y las consecuencias en la experiencia del senderismo, el grupo de edad que mayor importancia le da es el de más de 60 años. Por otra parte, en la afirmación “sin los glaciares de Aneto y Maladeta, los paisajes pirenaicos y del valle de Benasque perderán la importancia que tienen actualmente”, el grupo de edad que mayor importancia le ha dado ha sido el del rango de edad de 46-60 años.

Finalmente, a pesar de que haya notables diferencias de género en el número de respuestas de las encuestas (26 mujeres y 95 hombres), no se han advertido respuestas significativas diferentes entre estos dos grupos.

5. Discusión

En base a los resultados observados anteriormente, las contribuciones de la naturaleza asociadas a los glaciares del PNPM, sufrirán cambios debido al cambio climático en las próximas décadas. Esto es, en general, consistente con los estudios realizados hasta ahora en otras zonas naturales sin presencia de glaciares, donde se demuestra que las contribuciones (no-materiales) de la naturaleza a las personas están experimentando grandes transformaciones debido a los efectos del cambio global (Van der Geest *et al.*, 2019).

5.1. Consecuencias sobre el Conocimiento y la Sensibilización (CNP1)

En el primer grupo de las contribuciones, el grupo de conocimiento y sensibilización, las pérdidas serán las más acusadas. Por un lado, con la desaparición de los glaciares dentro de 30 años (Rico *et al.*, 2017), los glaciares dejarán de dar el conocimiento científico que nos pueden aportar hoy en día. Los glaciares son elementos geográficos de gran valor para la investigación, ya que, en algunos casos, estos albergan hielo de hace más 500 años (Moreno *et al.*, 2021), permitiendo conocer y reconstruir la evolución ambiental de la alta montaña. Además, los glaciares son elementos geográficos que pueden ser utilizados para concienciar y comunicar sobre el cambio climático, ya que son uno de los elementos que más rápidamente están viéndose alterados desde un punto de vista espacial (Young *et al.*, 2020).

Los encuestados otorgan una gran importancia a estas aportaciones de conocimiento e inspiración de los glaciares. Subsecuentemente, en el caso del conocimiento científico, el valor de estas aportaciones disminuirá considerablemente en los próximos 30 años. En conjunto, el acelerado retroceso glaciario de los Pirineos pone en evidencia que los glaciares son elementos geográficos muy importantes para la sensibilización de la sociedad respecto a las consecuencias del cambio climático.

5.2. Consecuencias sobre las Experiencias Físicas y Psicológicas (CNP2)

En el grupo de experiencias personales, los glaciares son elementos que no se pueden disfrutar a menudo (debido a su emplazamiento relativamente remoto), es por eso que nos proporcionan experiencias excepcionales al realizar actividades a sus alrededores y sobre ellos. En el caso del PNPM, los mayores cambios se podrían dar en las actividades de senderismo, montañismo, escalada y alpinismo. Si bien es cierto que, en su mayoría, estas actividades no se llevan a cabo explícitamente para tener una “experiencia glaciaria” u observar los glaciares, estos son elementos singulares del marco en el cual estas se desarrollan. En el caso del senderismo algunas de las rutas del PNPM ofrecen vistas a los glaciares de Aneto y Maladeta durante la temporada estival. Con la desaparición de estos, la atracción de estas rutas podría verse parcialmente afectada por una disminución de los visitantes que estén particularmente interesados en los glaciares.

En el segundo caso, está la ascensión al Aneto. Se trata de una ruta muy concurrida por los montañeros y visitantes de toda la península y el resto de Europa, que se acercan al PNPM para realizar esta ascensión. Para llevar a cabo esta actividad, partiendo desde La Besurta y pasando por La Renclusa se debe atravesar el glaciar del Aneto. Esta experiencia es apreciada por los montañeros, debido, entre otros, a la singularidad del paisaje glaciario y la actividad asociada. Los resultados de la encuesta permiten inferir que esta experiencia podría sufrir algunos cambios perceptuales con la desaparición de los glaciares, ya que la importancia de la actividad de montañismo pasará de un 4,57 (actualmente) a un 0,5 (en un escenario futuro sin glaciares). La escalada o el alpinismo también se ven afectadas, aunque de manera ligeramente inferior (pasando de 4,45 a 0,91) posiblemente debido a que son actividades más exigentes (relativamente menos ligadas a la experiencia del paisaje) por lo que la importancia del entorno puede ser algo menor. No obstante, en ambos casos (montañismo y escalada, y alpinismo), a pesar de los cambios perceptuales que puede haber, es posible que la desaparición de los glaciares no llegue a afectar significativamente al número de visitantes (aunque sí a la experiencia “glaciaria” de esta, o a su ausencia), ya que en su mayoría (en el caso del Aneto), son atraídos por tratarse de la cumbre más alta del Pirineo, y al igual

que se observa en otros macizos sin glaciares como los en los Picos de Europa o en el Guadarrama, los picos más altos siguen concentrando la mayor afluencia de montañeros y alpinistas.

En la práctica del trail-running y la meditación y relajación, las consecuencias serán en general algo menores. Por lo tanto, se infiere que, para hacer estas actividades, los visitantes dan menos importancia a la presencia de los glaciares que para realizar senderismo, montañismo o alpinismo.

5.3. Consecuencias sobre la Identidad y Sentimiento de Pertenencia (CNP3)

Los resultados de la encuesta reflejan que la presencia de los glaciares forma parte del sentimiento de pertenencia al territorio de la población (4,48 sobre 5), bien como elementos geográficos de importancia, identidad y parte de la cultura de montaña y que su desaparición hacia 2050 tendrá consecuencias en ese sentido (1,55 sobre 5).

Desde el siglo XIX, los glaciares aparecen en cuadros paisajísticos, libros de montaña, exposiciones de fotografía y muchos otros elementos culturales y son, por lo tanto, uno de los elementos que caracteriza la alta montaña estival en el PNPM. Es por ello que la desaparición de los glaciares podría afectar al entorno culturalmente, cambiando así las percepciones y sentimiento de pertenencia respecto al entorno. Este cambio cultural no se daría solamente desde la población local, hoy en día los glaciares son elementos muy apreciados por los montañeros, siendo parte del sentimiento de la montaña, en especial en el contexto de los Pirineos (Martínez de Pisón & Álvaro, 2015).

No obstante, en un escenario futuro sin glaciares, según nuestros resultados este sentimiento de pertenencia e identidad con relación al entorno se mantendrá en gran medida. Esto puede ser debido a que no sólo se sienten vinculados a los glaciares, sino también de otros elementos del territorio, como las montañas en sí mismas, los paisajes, la cultura o la lengua de la zona. Además, los resultados demuestran que, aunque la desaparición de los glaciares supondrá una pérdida para la cultura montañera, esta no se verá tan afectada como otras CNP. En resumen, a pesar de que los encuestados valoran altamente la importancia de los glaciares con relación al sentimiento de pertenencia en la actualidad, la desaparición de estos no afectará de manera tan marcada a este sentimiento, en especial desde el punto de vista de las poblaciones locales, como se verá a continuación.

5.4. Diferencias entre grupos de población

Los resultados muestran que las medias de las respuestas de los visitantes son más altas. Esto indica que los no-locales son más conscientes de las consecuencias no materiales que pueden causar la desaparición de los glaciares.

Una posible interpretación es que los visitantes tendrían los glaciares como elementos muy característicos de las zonas de alta montaña y muy importantes desde un punto de vista recreativo, y a su vez ligado al sentimiento de la montaña (Martínez de Pisón & Álvaro, 2015), cultura geográfica y montañera o pertenencia a un colectivo que valora los espacios naturales y las vivencias allí vividas. Por lo tanto, es posible interpretarlo como una cuestión cultural, de sentir y mirar la montaña y reconocer en ella los elementos y sus cambios, con los glaciares como elemento destacado. Paralelamente, los habitantes de montaña tienen a su alcance, en su día a día, otros elementos naturales de los entornos de montaña, y es posible que relativicen la pérdida de los glaciares, al verse compensada por la posibilidad de experiencias y disfrute de otras contribuciones culturales de las zonas de montaña. En este sentido, aunque tanto los habitantes de montaña como los no-locales reconocen la importancia de los valores estéticos, recreativos y culturales de las CNP, las diferencias en la percepción de las contribuciones de la naturaleza entre personas visitantes y locales de espacios naturales protegidos han sido descritas con anterioridad (Martín-López *et al.*, 2012).

Por otro lado, si tenemos en cuenta la variabilidad de la edad, se puede observar que en cinco preguntas diferentes el rango de edad es significativo para las respuestas (Tabla 4). En general, la gente de mayor edad otorga más importancia a las contribuciones de los glaciares. Por ejemplo, si analizamos las respuestas significativas de 2050, observamos que los mayores de 60 años son más conscientes de las pérdidas que van a tener las contribuciones del grupo de conocimiento e inspiración (CNP 1). A su vez, respecto a las diferencias por actividades, los mayores de 60 años otorgan una mayor importancia a los cambios que pueden darse en la experiencia del senderismo. Esto podría estar ligado a que este grupo de edad tenga una mayor cultura montañera y apreciación, ligado a la adquisición de cultura alpina y a su vez también a la experiencia vivida en los Pirineos y otros glaciares, donde han sido testigos del acelerado retroceso, especialmente desde los años 80. Finalmente, también el grupo de entre 46 y 60 años parece ser más consciente de los cambios que la desaparición de los glaciares puede generar en el PNMP y el Valle de Benasque (Tabla 4).

5.5. Consecuencias de la desaparición de los glaciares en el turismo

La cuenca visual de los glaciares de Aneto y Maladeta es torno al 35% del territorio que va desde Llanos del Hospital hacia La Besurta, a la vez que la mayoría de los visitantes del PNPM (36.000) visitan esta zona (Gobierno de Aragón, 2018). Los resultados de las encuestas demuestran que los glaciares son valorados en sus distintas contribuciones.

No obstante, se desconoce hasta qué punto las personas se desplazan hasta el valle principalmente atraídas por

los glaciares, o cuántas de ellas ascienden lo suficiente en altitud como para poder verlos. Además, es evidente que otros valles pirenaicos que en la actualidad no cuentan con glaciares, siguen siendo atractivos desde un punto de vista turístico (por ejemplo, el Val d'Aran o el Valle de Ordesa). Por lo tanto, aunque desde un punto de vista perceptual los resultados muestran que habrá cambios relevantes en el futuro cercano, no es posible demostrar directamente los impactos que la desaparición de los glaciares del PNPM puede causar sobre el flujo de visitantes y el turismo en la zona.

Además, existen otros factores como una posible prolongación de la temporada de verano debido al cambio climático (Stewart *et al.*, 2016; OPCC-CTP, 2018), u otros como la masificación, el deterioro de los ecosistemas y de las propias experiencias en una naturaleza cada vez más urbanizada (Dorado *et al.*, 2022). Por lo tanto, los posibles cambios en las contribuciones no-materiales de la naturaleza en el PNPM, derivados de la desaparición de los glaciares, deben entenderse dentro de un contexto de cambio y las posibles medidas deben de estar integradas junto con el resto de las amenazas y oportunidades (Dorado *et al.*, 2022). Medidas como la concienciación y sensibilización ambiental, o la diversificación de la economía serán claves a la hora de hacer frente a los retos ambientales y socioeconómicos en un futuro cercano (OPCC-CTP, 2018).

6. Conclusiones

Tras el análisis de los resultados obtenidos en este trabajo se pueden extraer varias conclusiones con relación a los cambios más importantes derivados de la desaparición de los glaciares en el PNPM. La principal conclusión es que todos los encuestados son conscientes de las pérdidas que se producirán en las contribuciones actuales de los glaciares cuando en 2050 estos hayan desaparecido.

Las consecuencias más importantes de la desaparición de los glaciares sobre las contribuciones no materiales de estos en el entorno del PNPM se pueden ver en primer lugar el conocimiento científico y la sensibilización, principalmente por la pérdida de estos como geo-indicadores ambientales y archivos del clima del pasado.

Por otra parte, en la práctica de las diferentes actividades en la experiencia vivida también se producirán consecuencias significativas. En la encuesta se ha valorado positivamente el entorno de los glaciares de Aneto y Maladeta, ya que estos caracterizan y singularizan las actividades de este valle. Por ello, en las actividades que se realizan en el entorno de los glaciares o sobre ellos, por ejemplo, en el caso del senderismo, montañismo y el alpinismo, la experiencia se verá afectada cuando desaparezcan los glaciares. No obstante, algunas actividades como el trail-running o la meditación no se verán tan afectadas como las mencionadas anteriormente.

Por otro lado, las consecuencias sobre el sentimiento de pertenencia al entorno y la identidad territorial son menores y menos definidas. En concreto, la desaparición de estos dos glaciares tendrá cierta importancia como pér-

da de elementos del paisaje de montaña, pero no tanto sobre el sentimiento de pertenencia de la población local y en la comunidad de montaña del valle o sobre el sentimiento de montaña ligado a la cultura montañera. Finalmente, se ha detectado que en líneas generales las personas con mayor edad, así como los visitantes, otorgan una mayor importancia a los cambios paisajísticos, culturales y experienciales que pueden generar la desaparición de los glaciares en un futuro cercano.

Referencias

- Allison, E., 2015. The spiritual significance of glaciers in an age of climate change. *Wires Climate Change*, 6(5): 493-503.
- Beniston, M., 2003. Climatic change in mountain regions: a review of possible impacts. *Climatic Change*, 59: 5-31.
- Cook, D., Malinauskaitė, L., Davíðsdóttir, B. & Ógmundardóttir, H., 2021. Co-production processes underpinning the ecosystem services of glaciers and adaptive management in the era of climate change. *Ecosystem Services*, 50, 101342.
- Cunha, S., 2015. The Future of Mountain Agriculture. *Mountain Research and Development*, 35(10): 215-216.
- BOA, 2005. Decreto 148/2005, de 26 de julio, del Gobierno de Aragón, por el que se aprueba definitivamente el Plan de Ordenación de los Recursos Naturales del Parque Natural de Posets-Maladeta y su Área de Influencia Socioeconómica. Zaragoza: Boletín Oficial de Aragón.
- BOA, 2014. Decreto 168/2014, de 21 de octubre, del Gobierno de Aragón, por el que aprueba el Plan Rector de Uso y Gestión del Parque Natural de Posets-Maladeta. Zaragoza: Boletín Oficial de Aragón.
- Díaz, S., Settele, J., Brondizio, E., Ngo, H. T., Agard, J., Arneeth, A., Balvanera, P., Brauman, K., Butchart, S., Chan, K., Garibaldi, L., Ichii, K., Liu, J., Subramanian, S., Midgley, G., Miloslavich, P., Molnár, Z., Obura, D., Pfaff, A. & Zayas, C., 2019. Pervasive human-driven decline of life on Earth points to the need for transformative change. *Science*, 366, 6471.
- Diolaiuti, G. & Smiraglia, C., 2010. Changing glaciers in a changing climate: How vanishing geomorphosites have been driving deep changes in mountain landscapes and environments. *Geomorphologie: relief, processus, environnement*, 16.
- Dorado, V., Fariás-Torbidoni, E-I. & Morera, S., 2022. Propuesta metodológica 360ª para la evaluación de la masificación en cimas de montaña. Un caso de estudio. *Pirineos*, 177.
- Field, A., 2018. *Discovering statistics using IBM SPSS statistics: And sex, drugs and rock'n'roll*. Londres, Reino Unido: Sage.
- Furunes, T., & Mykletun, R. J., 2012. Frozen adventure at risk? A 7-year follow-up study of Norwegian glacier tourism. *Scandinavian Journal of Hospitality and Tourism*, 12(4): 324-348.
- Gagné, K., Rasmussen, M. B. & Orlove, B., 2014. Glaciers and society: Attributions, perceptions, and valuation. *Wiley Interdisciplinary Reviews. Climate Change*, 5(6): 793-808.
- GAPHAZ, 2017. *Evaluación de peligros por glaciares y permafrost en regiones de montaña. Documento técnico de orientación*. Zurich, Suiza: Grupo de Trabajo Permanente sobre Peligros Glaciares y Permafrost en Alta Montaña.
- Gobierno de Aragón, 2008. *Plan de Competitividad de Alto Potencial Turístico en la Comarca de La Ribagorza*, 2008. Zaragoza, España: Gobierno de Aragón.
- Gobierno de Aragón, 2018. *Memoria de Gestión Parque Natural Posets - Maladeta*. Zaragoza, España: Servicio Provin-

- cial de Huesca, Unidad de Conservación del Medio Natural, Gobierno de Aragón.
- González Trueba, J. J., Martín Moreno, R., Martínez de Pisón, E. & Serrano, E., 2008. 'Little Ice Age' glaciation and current glaciers in the Iberian Peninsula. *Holocene*, 18 (4): 551-568.
- IPCC, 2019. *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate* [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (Coord.)]. Cambridge, Reino Unido: University Press.
- IPCC, 2022. *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (Coord.)]. Cambridge, Reino Unido: University Press.
- López-Moreno, J. I., Revuelto, J., Rico, I., Chueca-Cía, J., Julián, A., Serrata, A. & García-Ruiz, J. M., 2016. Thinning of the Monte Perdido Glacier in the Spanish Pyrenees since 1981. *Cryosphere*, 10(2): 681-694.
- López-Moreno, J. I., Alonso-González, E., Monserrat, O., Del Río, L. M., Otero, J., Lapazaran, J., Luzi, G., Dematteis, N., Serrata, A., Rico, I., Serrano, E., Bartolomé, M., Moreno, A., Buisan, S. & Revuelto, J., 2018. Ground-based remote-sensing techniques for diagnosis of the current state and recent evolution of the Monte Perdido Glacier, Spanish Pyrenees. *Journal of Glaciology*, 65: 85-100.
- Martín-López, B., Iniesta-Arandia, I., García-Llorente, M., Palomo, I., Casado-Arzuaga, I., Del Amo, D. G. & Montes, C., 2012. Uncovering ecosystem service bundles through social preferences. *PLoS one*, 7(6): e38970.
- Martínez de Pisón, E. & Arenillas, M., 1988. Los glaciares actuales del Pirineo español. En: MOPU (eds.). *La Nieve en el Pirineo español. Estudio de los Recursos Hídricos procedentes de la Fusión Nival en la Alta Montaña. (Programa ERHIN)*. Madrid, España: Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. 29-98 pp.
- Martínez de Pisón, E. & Sebastián, Á., 2015. *El Sentimiento de la Montaña*. Madrid, España: Ediciones Desnivel.
- Matthes, F. E., 1950. The Little Ice Age of historic times. En: Frixel, F. (eds.). *The incomparable valley: a geological interpretation of the Yosemite*. Berkeley, EEUU: University of California Press. 60-151 pp.
- Millennium Ecosystem Assessment, 2005. *Ecosystems and human well-being: synthesis*. Washington DC, EEUU: Island Press.
- Moreno, A., Bartolomé, M., López-Moreno, J. I., Pey, J., Corrella, J. P., García-Orellana, J., Sancho, C., Leunda, M., Gil-Romera, G., González-Sampériz, P., Pérez-Mejías, C., Navarro, F., Otero-García, J., Lapazaran, J., Alonso-González, E., Cid, C., López-Martínez, J., Oliva-Urcia, B., Faria, S. H., Sierra, M. J., Millán, R., Querol, X., Alastuey, A. & García-Ruiz, J. M., 2021. The case of a southern European glacier which survived Roman and medieval warm periods but is disappearing under recent warming. *The Cryosphere*, 15: 1157-1172.
- Mourey, J. & Ravel, L., 2017. Evolution of Access Routes to High Mountain Refuges of the Mer de Glace Basin (Mont Blanc Massif, France): An Example of Adapting to Climate Change Effects in the Alpine High Mountains. *Revue de géographie alpine*, 105.
- OPCC-CTP, 2018. *El cambio climático en los Pirineos: impactos, vulnerabilidades y adaptación Bases de conocimiento para la futura estrategia de adaptación al cambio climático en los Pirineos*. Collserola, España: Observatorio Pirenaico de Cambio Climático.
- Orlove, B., Wiegandt, E. & Luckman, B. H., 2008. *Darke-ning peaks: glacier retreat, science, and society*. Berkeley, EEUU: Univ of California Press.
- Palomo, I., 2017. Climate Change Impacts on Ecosystem Services in High Mountain Areas: A Literature Review. *Mountain Research and Development*, 37(2): 179-187.
- Parish, R., 2002. *Mountain Environments*. Londres, Reino Unido: Pearson Education Limited.
- Pascual, U., Balvanera, P., Díaz, S., Pataki, G., Roth, E., Marie Stenseke, M., Watson, R., Dessane, B. E., Islar, M., Kelemen, E., Maris, V., Quaas, M., Subramanian, M. S., Wittmer, H., Adlan, A., Ahn, S., Al-Hafedh, S. Y., Amankwah, E., Asah, T. S., Berry, P., Bilgin, A., Breslow, J. S., Bullock, C., Cáceres, D., Daly-Hassen, H., Figueroa, H., Golden, D. C., Gómez-Baggethun, E., González-Jiménez, D., Houdet, J., Keune, H., Kumar, R., Ma, K., May, H. P., Mead, A., O'Farrell, P., Pandit, R., Pengue, W., Pichis-Madruga, R., Popa, F., Preston, S., Pacheco-Balanza, D., Saarikoski, H., Strassburg, B. B., van den Belt, M., Verma, M., Wickson, F. & Yagi, N., 2017. Valuing nature's contributions to people: the IPBES approach. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 26-27: 7-16.
- Pascual, U., Díaz, S., Stenseke, M., Martín-López, B., Watson, R. T., Molnár, Z., Hill, R., Chan, K. M. A., Baste, I. A., Brauman, K. A., Polasky, S., Church, A., Lonsdale, M., Larigauderie, A., Leadley, P. W., van Oudenhoven, A. P. E., van der Plaats, F., Schröter, M., Lavorel, S., Aumeeruddy-Thomas, Y., Bukvareva, E., Davies, K., Demissew, S., Erpul, G., Failler, P., Guerra, C. A., Hewitt, C. L., Keune, H., Lindley, S. & Shirayama, Y., 2019. Assessing nature's contributions to people. *ScienceMag*, 359: 270-272.
- Purdie, H., Gómez, C. & Espiner, S., 2015. Glacier recession and the changing rockfall hazard: Implications for glacier tourism. *New Zealand Geographer*, 71(3): 189-202.
- Rico, I., 2019. *Los glaciares de los Pirineos. Estudio glaciológico y dinámica actual en el contexto del cambio global*. Tesis Doctoral. Universidad del País Vasco.
- Rico, I., Izagirre, E., Serrano, E. & López-Moreno, J. I., 2017. Current glacier area in the Pyrenees: an updated assessment 2016. *Pirineos*, 172: 1-7.
- Saldaña, M. R., 2016. Pruebas de bondad de ajuste a una distribución normal. *Revista Enfermería del trabajo*, 6(3): 114.
- Salim, E. & Ravel, L., 2020. Last chance to see the ice: visitor motivation at Montanvers-Mer-de-Glace, French Alps. *Tourism Geographies*, 25(1): 72-94.
- Salim, E., Ravel, L., Bourdeau, P. & Deline, P., 2021a. Glacier tourism and climate change: effects, adaptations, and perspectives in the Alps. *Reg Environ Change*, 21(4): 120.
- Salim, E., Gauchon, C. & Ravel, L., 2021b. Seeing the Ice. An Overview of Alpine Glacier Tourism Sites, Between Post- and Hyper-Modernity. *Revue de Géographie Alpine*, 109, 4.
- Salim, E., 2023. Glacier tourism without ice: Envisioning future adaptations in a melting world. *Frontiers in Human Dynamics*, 5:1137551.
- Serrano Cañadas, E., 2023. *Glaciares. Cultura y Patrimonio. La huella cultural de los glaciares pirenaicos*. Valladolid, España: Universidad de Valladolid.
- Schirpke, U., Timmermann, F., Tappeiner, U. & Tasser, E., 2016. Cultural ecosystem services of mountain regions: Modelling the aesthetic value. *Ecological Indicators*, 69: 78-90.
- Schirpke, U., Tappeiner, U. & Tasser, E., 2019. A transnational perspective of global and regional ecosystem service flows from and to mountain regions. *Sci. Rep.* 9(6678): 1-11.
- Schirpke, U. & Tasser, E., 2021. Trends in ecosystem services across Europe due to land-use/cover changes. *Sustainability*, 13, 7095.
- Stewart, E., Wilson, J., Espiner, S., Purdie, H., Lemieux, C. & Dawson, J., 2016. Implications of climate change for glacier tourism. *Tourism Geographies*, 18(4): 1-22.

- Tang, F., Yang, J., Wang, Y. & Ge, Q., 2022. Analysis of the Image of Global Glacier Tourism Destinations from the Perspective of Tourists. *Land*, 11(10): 1-21.
- Van der Geest, K., de Sherbinin, A., Kienberger, S., Zommers, Z., Sitati, A., Roberts, E. & James, R., 2019. The Impacts of Climate Change on Ecosystem Services and Resulting Losses and Damages to People and Society: Concepts, Methods and Policy Options. En: R. Mechler, L. M. Bouwer, T. Schinko, S. Surminski, J. Linnerooth-Bayer, (eds.). *Loss and Damage from Climate Change*. Cham, Alemania: SpringerOpen. 221-236 pp.
- Vidaller, I., Revuelto, J., Izagirre, E., Rojas-Heredia, F., Alonso-González, E., Gascoin, S., Rene, P., Berthier, E., Rico, I., Moreno, A., Serrano, E., Serreta, A. & López-Moreno, J. 2021. Toward an Ice-Free Mountain Range: Demise of Pyrenean Glaciers During 2011–2020. *Geophysical Research Letters*, 48(18): 1-10.
- Vidaller, I., Izagirre, E., del Rio, L. M., Alonso-González, E., Rojas-Heredia, F., Serrano, E., Moreno, A., López-Moreno, J. I. & Revuelto, J., 2023. The Aneto Glacier (Central Pyrenees) evolution from 1981 to 2022: ice loss observed from historic aerial image photogrammetry and recent remote sensing techniques. *The Cryosphere*, 17: 3177-3192.
- Villagrasa Ferrer, E., 2020. Memoria 2019. Parque Nacional Ordesa-Monte Perdido. Zaragoza, España: Gobierno de Aragón.
- Wang, X., Liu, S., Yao, X., Guo, W., Yu, P. & Junli, X., 2010. Glacier lake investigation and inventory in the Chinese himalayas based on the remote sensing data. *Acta Geographica Sinica*, 65(1): 29-36.
- Welling, J. T., Arnason, T. & Ólafsdóttir, R., 2015. Glacier tourism: A scoping review. *Tourism Geographies*, 17(5): 635-662.
- Young, J. C., Carsten-Conner, L. D. & Pettit, E., 2020. ‘You really see it’: environmental identity shifts through interacting with a climate change-impacted glacier landscape”. *International Journal of Science Education*, 42(18): 1-22.
- Zoderer, B. M., Tasser, E., Erb, K., Stanghellini, P. & Tappeiner, U. 2016. Identifying and mapping the tourists’ perception of cultural ecosystem services: A case study from an Alpine region. *Land Use Policy*, 56: 251-261.