

Aplicación de la Teoría Social del Riesgo a la desestabilización del glaciar Planpincieux, Italia

Application of the Social Risk Theory to the destabilization of the Planpincieux glacier, Italy

Recibido: 23/08/2024 - Aceptado: 26/11/2024

Ludmila Eliana Martínez

 [0009-0002-5439-9152](https://orcid.org/0009-0002-5439-9152)

ludmilamartinez.e@gmail.com

Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación, Universidad Nacional de La Plata, Argentina

Estudiante avanzada de Licenciatura y de Profesorado de Geografía en la Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación, Universidad Nacional de La Plata (FaHCE – UNLP). Adscripta Alumna en la cátedra Geografía Física II. (Depto. de Geografía, FaHCE-UNLP). Inicio: 1 de marzo de 2023-continúa. Estudiante colaborador en el Proyecto de Investigación "Industria, energía y territorio. Estudios de caso de sectores estratégicos en Argentina" Centro de Investigaciones Geográficas, FaHCE-UNLP, 2023-continúa.

Manuel Rosa

 [0009-0009-1869-7882](https://orcid.org/0009-0009-1869-7882)

rosamanuel008@gmail.com

Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación, Universidad Nacional de La Plata, Argentina

Estudiante avanzado de Licenciatura en Geografía en la Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación, Universidad Nacional de La Plata. Adscripto Alumno en la cátedra Geografía Física II. (Depto. de Geografía, FaHCE-UNLP). Inicio: 1 de marzo de 2023-continúa. Miembro del comité organizador y expositor de las XXIV Jornadas de Investigación y Enseñanza en Geografía del Centro de Investigaciones Geográficas y Depto. de Geografía, FaHCE, UNLP, 2023

Cita sugerida: Martínez, L. E. y Rosa M. (2024). Aplicación de la Teoría Social del Riesgo a la desestabilización del glaciar Planpincieux, Italia. *Pleamar. Revista del Departamento de Geografía*, (4), 91 – 113.
<http://fh.mdp.edu.ar/revistas/index.php/pleamar/index>



Este artículo se encuentra bajo [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Resumen

Los glaciares son cuerpos de hielo de comportamiento dinámico e incierto. En Courmayeur, Italia, se encuentra el glaciar Planpincieux que, por su condición de glaciar templado, implica un riesgo inherente de desestabilización. Este fenómeno podría desencadenar una avalancha de hielo que afecte a la población expuesta y a las actividades económicas que se desarrollan en torno a él. El presente trabajo tiene como objetivo analizar, desde la Teoría Social del Riesgo, la desestabilización del glaciar que podría afectar la localidad homónima situada al pie del mismo.

Palabras clave: glaciar; desestabilización; teoría social del riesgo; Planpincieux

Abstract

Glaciers are bodies of ice with dynamic and uncertain behavior. In Courmayeur, Italy, the Planpincieux glacier, being a temperate glacier, poses an inherent risk of destabilization. This phenomenon could trigger an ice avalanche, affecting the exposed population and the economic activities that take place around it. The present work aims to analyze, from the Social Risk Theory, the destabilization of the glacier which could affect the namesake village situated at its base.

Keywords: glacier; destabilization; social risk theory; Planpincieux

Introducción

El presente trabajo tiene como objetivo principal analizar el riesgo asociado con la desestabilización del glaciar Planpincieux en el marco de la Teoría Social del Riesgo (TSR). A partir de ello se pretende analizar indicadores para abordar las componentes del riesgo en el caso de estudio propuesto. El trabajo se encuadra en la TSR (Natenzon, 1995), debido a que aporta un análisis que asume que los desastres no son naturales, sino que son consecuencia de la integración de cuatro componentes: peligrosidad, exposición, vulnerabilidad e incertidumbre. Asimismo, este enfoque teórico resulta de utilidad, tanto a los fines de la investigación como desde la cuestión pedagógica, para el análisis integral de los riesgos. En la literatura analizada hasta el momento es posible establecer que no se han encontrado trabajos que refieran a la desestabilización del glaciar Planpincieux desde el enfoque propuesto.

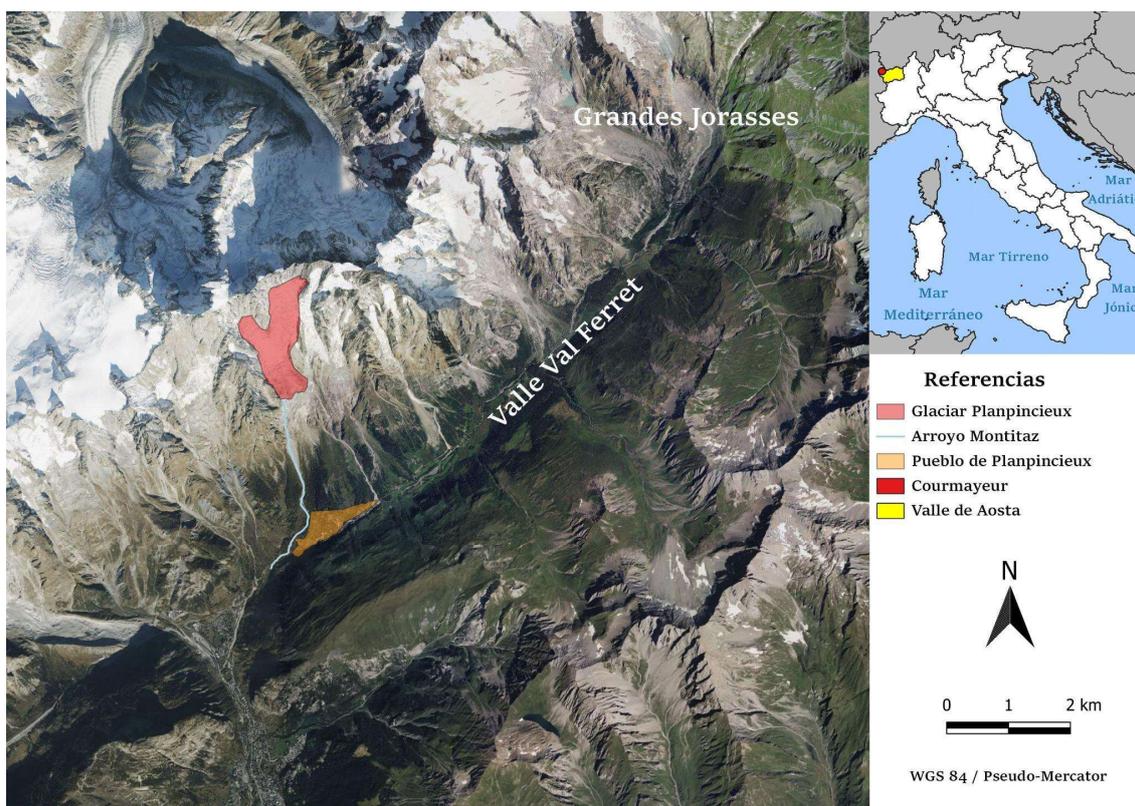
Los resultados se dividen en una serie de apartados donde se analizan cada una de las componentes de la TSR en función del caso de estudio. En el primer apartado, se aborda la peligrosidad vinculada a la desestabilización del glaciar Planpincieux. Luego, se analizan las componentes de exposición y vulnerabilidad por medio de indicadores

socioeconómicos y ortofotografías de las viviendas localizadas al pie del glaciar. En tercer lugar, se reconstruye la incertidumbre a partir de los sistemas de vigilancia y monitoreo presentes en la localidad. El cuarto apartado versa sobre la integración de las componentes desarrolladas en los apartados previos. Por último, se expresan las conclusiones compuestas por una síntesis acerca de los resultados y recomendaciones que pretenden aportar en superar la situación actual de riesgo.

Metodología

El recorte espacial abarca el pueblo de Planpincieux en la localidad de Courmayeur, dentro de la Región Autónoma del Valle de Aosta, Italia, donde se encuentra el glaciar de nombre homónimo (ver Figura 1), en tanto el recorte temporal se establece en la actualidad. Sin embargo, para caracterizar las componentes del riesgo resulta necesario efectuar un análisis retrospectivo de algunos indicadores, considerando que la información disponible influye en que la temporalidad del análisis no sea homogénea para todas las variables.

Figura 1. Ubicación del área de estudio



Fuente: Elaboración de los autores en base a Google Earth (2024)

Siguiendo a Sautu “una investigación social es una combinación de construcciones teóricas y procedimientos lógicos y empíricos explícitos” (1997, p. 4). Los

procedimientos lógicos a los que refiere la autora constituyen la metodología de trabajo. Al apoyarse en paradigmas, su función es discutir los fundamentos epistemológicos del conocimiento y reflexionar sobre el papel de los valores, la teoría y su vinculación con la evidencia empírica, los factores que hacen a la validez de la investigación y los alcances de la explicación tanto como de la interpretación (Sautu et al., 2005).

En otras palabras, la metodología es la lógica interna de la investigación, y sobre ella se sustentarán los métodos, es decir la serie de pasos que realiza el/la investigador/a para producir conocimiento y construir la evidencia empírica. La elección del método responde tanto a la metodología como a los principios epistemológicos y al marco teórico ya que “no hay observación sin teoría y porque ésta a su vez es reinterpretada y reconstruida a partir de la evidencia empírica” (Sautu, 1997, p. 3). Existen dos tipos de metodologías que pueden ser utilizadas de forma complementaria y que revisten diferentes supuestos teóricos y procedimientos de recolección de evidencia: cualitativas y cuantitativas. De acuerdo a la problemática en estudio y a los objetivos planteados, la metodología adoptada reviste ambos tipos de estrategias, con primacía de las primeras.

Para la construcción de la peligrosidad, así como para las demás componentes, se analizó bibliografía acerca de cuerpos glaciares a nivel general (Cremonese et al., 2019) y posteriormente documentación científica específica sobre el caso de estudio como Dematteis, Giordan y Troilo (2020); Faillettaz (2019); Giordan et al. (2016); Giordan et al. (2020) y Perret et al. (2020). Se efectuó una búsqueda y relevamiento en medios de comunicación digital con énfasis en artículos periodísticos de France 24 (10 de agosto de 2020) y National Geographic (15 de noviembre de 2022) para un seguimiento de noticias acerca del desarrollo de la problemática, los antecedentes de desestabilización del glaciar y su situación actual. Esto a su vez permitió identificar determinadas páginas web institucionales, las de la Fundación Montaña Segura (FMS), el Consejo Nacional de Investigación de Italia (CNR) y el Instituto de Investigación para la Protección Geo-Hidrológica (IRPI), claves para entender el rol de actores sociales como las autoridades locales e instituciones abocadas al área de vigilancia y monitoreo, diseño de medidas y protocolos, entre otros aspectos, que permitieron abordar parte de la incertidumbre.

Asimismo, se recurrió a imágenes satelitales de Google Earth que fueron procesadas a través del Sistema de Información Geográfica QGIS, para la realización del mapa correspondiente al área de estudio (Figura 1), la Figura 2 referida a la ubicación relativa del glaciar y la Figura 8 que presenta una integración cartográfica de las componentes de la TSR a partir de fotointerpretación y datos extraídos de Perret et al. (2020). En

simultáneo se realizó la lectura de ortofotografías de gran alcance espacial y de diferentes años (2012, 2018 y 2021) obtenidas del webGIS GeoPortale SCT (2012; 2018; 2021) a cargo de las autoridades de la Región Autónoma del Valle de Aosta, a fin de poder examinar la evolución de la componente de exposición en el pueblo de Planpincieux, estimar las características materiales de las construcciones habitacionales y turísticas como indicadores de vulnerabilidad (Figura 7), y además observar las características del glaciar en cuestión.

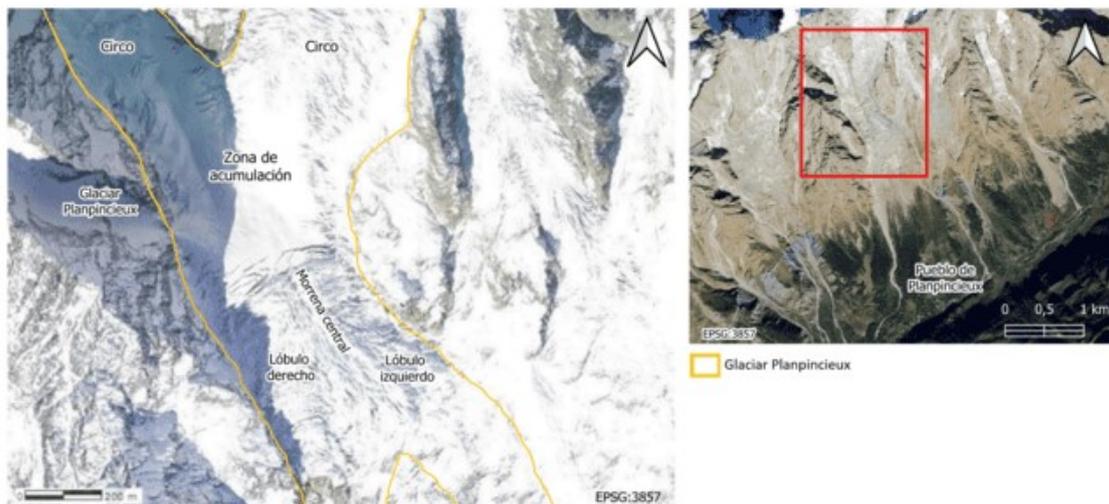
A su vez, la construcción de la exposición y la vulnerabilidad fue complementada mediante una metodología cuantitativa compuesta por la lectura y el análisis de estadísticas de distintos años a fin de poder compararlos, obtenidas del Instituto de Estadística Italiano (ISTAT) y en menor medida de Statista (2023), acerca de los siguientes indicadores: cantidad de habitantes del municipio de Courmayeur y de la Región Autónoma del Valle de Aosta del año 2022, pobreza relativa de los hogares de los años 2019 y 2020 y pobreza relativa individual correspondiente a 2019, 2020 y 2021, y Producto Bruto Interno per cápita para el año 2019 (ISTAT, 2019; ISTAT, 2020; ISTAT, 2021).

Caso de estudio: glaciar Planpincieux

El glaciar italiano Planpincieux está ubicado en la Cordillera del Monte Blanco (Mont Blanc, en su idioma original), dentro de la Región Autónoma del Valle de Aosta, en Italia (ver Figura 1). Sus alturas oscilan entre los 2.500 y los 3.500 metros sobre el nivel del mar, en la vertiente sur de los Grandes Jorasses próxima a la frontera francoitaliana. Según la clasificación de temperatura, pertenece a la categoría de glaciar politermal (Giordan et al., 2020) debido a que en su base el hielo se encuentra en 0° centígrados, posibilitando el desplazamiento o flujo sobre su roca madre con una velocidad que varía según se encuentre en fase activa o no.

El glaciar cuenta con una zona de acumulación compuesta de dos circos, luego de la fractura donde comienza la zona de ablación posee una morrena central que separa de forma clara dos lóbulos, siendo el lóbulo derecho el que presenta una red de drenaje más compleja que el izquierdo y una mayor probabilidad de avalancha, por lo que es el lado más investigado por riesgo aparejado (ver Figura 2).

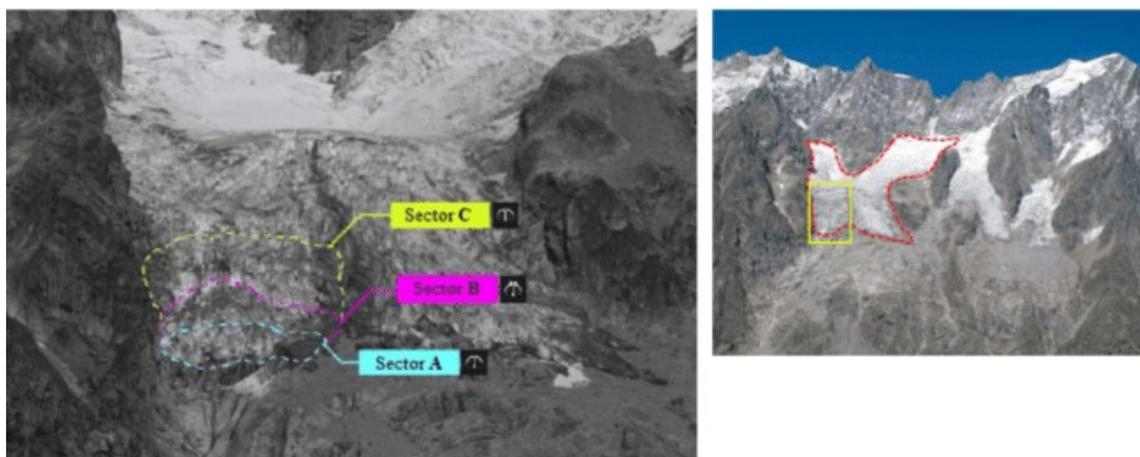
Figura 2. Glaciar Planpincieux



Fuente: Elaboración de los autores en base a GeoPortale (2021) y Google Earth (2024)

Como se observa en la Figura 3, el lóbulo derecho del glaciar se divide en cuatro sectores según su comportamiento. El primero de ellos, el A, corresponde al área frontal; presenta desplazamiento de mayor velocidad que el resto del cuerpo a nivel superficial y la mayor actividad de desprendimiento. Por encima está el sector B, compuesto por la porción entre el sector A y la grieta ubicada aproximadamente a mitad del lóbulo. En tercer lugar se encuentra el sector C, que es el área empinada por encima de la mencionada grieta (Giordan et al., 2020).

Figura 3. Sectores del lóbulo derecho



Fuente: Modificado de Faillettaz (2019)

TSR: marco de análisis del riesgo

El trabajo se aborda desde la TSR, formulada por Natenzon (1995), quien plantea cuatro componentes para el abordaje del riesgo: la peligrosidad, refiere al potencial de peligro

de los fenómenos naturales siempre que haya una población expuesta; la exposición, se refiere a cómo las personas y los bienes podrían verse afectados; la vulnerabilidad, se compone de índices que visibilizan la susceptibilidad de una población de sufrir daños y su capacidad de resiliencia; por último, la componente de incertidumbre se establece en torno a la falta de conocimiento científico y limitaciones en las competencias institucionales.

La TSR establece un enfoque integral de los desastres y los riesgos, considerando al desastre como un proceso ocurrido en el pasado y al riesgo como un posible escenario futuro. Retoma el postulado de la RED (Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres de América Latina) acerca de la peligrosidad, exposición y vulnerabilidad, pero plantea una componente adicional: la incertidumbre. A pesar de que se ha buscado a través de la ciencia la certidumbre, termina siendo la incertidumbre la que predomina en la actualidad en cuanto a decisiones ambientales y tecnológicas a nivel global, conformando lo que se llama “ciencia posnormal” (Natenzon, 2015).

Natenzon (1995) presenta una primera aproximación a la TSR explicitando que la peligrosidad es el potencial de peligro inherente a los fenómenos naturales, siempre que haya una población expuesta. El término abarca nociones como la magnitud, la duración (tiempo), la extensión, la dispersión espacial, la frecuencia o recurrencia y la velocidad de implantación de un fenómeno. Excluye los peligros desencadenados por los propios seres humanos, como por ejemplo, las guerras, la contaminación y las enfermedades infecciosas.

La exposición representa los bienes y las personas que están frente a la peligrosidad, es decir, que se relaciona con la cuantificación de la población involucrada en términos de cantidad de personas y en cantidad de dinero según el valor monetario de los bienes que podrían verse afectados.

La vulnerabilidad es un concepto de tinte cualitativo que responde a la susceptibilidad de una población de sufrir daños y tener dificultad de recuperarse. Visibiliza, por un lado, las posibles pérdidas como los daños a la infraestructura y a los asentamientos humanos, las lesiones y funciones de la población, y la interrupción de las actividades económicas como la producción agropecuaria, industrias y servicios públicos. Por otro, evidencia la estructura social, económica y política antecedente por medio de un conjunto de factores socioeconómicos, habitacionales, sanitarios, psicosociales, nutricionales y ambientales, por ejemplo, las características demográficas de la población. Se le asigna relevancia a

las heterogeneidades inherentes a la sociedad y su diferencial adaptación a un mundo homogéneo.

Por su parte, la incertidumbre aparece cuando el riesgo no es cuantificable y los posibles hechos se vuelven inciertos, refiere tanto a la falta de conocimiento científico como a las limitaciones en las competencias institucionales y a los valores que se están poniendo en juego a la hora de tomar decisiones de carácter urgente. Ante la falta de respuestas de índole técnica, la incertidumbre únicamente puede resolverse por medio del consenso público, incluyendo a todos los sujetos involucrados en la cuestión.

Resultados

Peligrosidad: desestabilización del glaciar

Desde hace varios años, el glaciar Planpincieux presenta signos de desestabilización y fracturas superficiales que según Failletaz (2019) podrían indicar un escenario posible con ocurrencia de rupturas y como consecuente, avalanchas de hielo e inundaciones por presión de agua de fusión. Siguiendo a este autor, las lenguas terminales de los glaciares templados, conllevan una susceptibilidad inherente por sus condiciones térmicas que aumentan las probabilidades de desestabilización. Para el abordaje de esta componente se recurrió a bibliografía de carácter científico (Cremonese et al., 2019; Failletaz, 2019; Giordan et al., 2020; Perret et al., 2020), con el fin de desarrollar los antecedentes y los cuatro factores condicionantes de un posible peligro: la geometría y morfología de la pendiente, la dinámica estacional de las fases activas, la red de drenaje subglacial y el proceso de fractura.

Antecedentes de desestabilización

Los antecedentes muestran la ocurrencia de avalanchas e inundaciones de origen glaciar en 1952 (ver Figura 4) y en 1982 (Giordan et al., 2020), siendo una de las alertas más próximas a la actualidad la registrada el 24 de septiembre de 2019, donde se ordenó el cierre de carreteras y la evacuación de la zona de riesgo debido a la amenaza de un desprendimiento estimado en 250.000 metros cúbicos (France 24, 2020). Una situación similar ocurrió en agosto de 2020, cuando los parámetros de riesgo alertaban sobre un posible desprendimiento de un volumen de hielo estimado en 500.000 metros cúbicos, obligando a las autoridades a evacuar durante 72 horas a la población asentada en el valle de Val Ferret.

Figura 4. Avalancha antecedente, 1952**Planpincieux - Valanga 21 dic. 1952 - ramo orient. Chiesa e Chalet Proment intatti (f. Cerutti)**

Fuente: Giardini et al. (2020)

En este último episodio se generaron controversias debido a que por la pandemia el valle no recibió visitas, siendo su principal motor económico la actividad turística. Cuando empezó a recuperarse en el verano más próximo, debió ser cerrado por las alertas de riesgo de avalancha (France 24, 2020).

El glaciar en cuestión presenta una parte denominada lengua terminal, ubicada en la región baja, que posee la facultad de desplazamiento, ya sea en sentido de avanzada o de retroceso. La cantidad e intensidad de sus fases activas varían en cada año. Faillettaz (2019), sostiene que desde el año 2015 en adelante, Planpincieux presentó etapas de aceleraciones de su lengua terminal bien marcadas, es decir, de fases activas entre verano y otoño que visibilizan la vinculación de la lengua con las condiciones subglaciales. En 2015, la fase activa comenzó en el mes de agosto con un movimiento de 50 centímetros diarios, mientras que en 2016 se dieron dos fases activas de mayor intensidad durante la mitad del mes de agosto y comenzando septiembre con unos 60 a 70 centímetros por día. Para 2017, tuvo un desarrollo de tres fases en agosto, septiembre y octubre con movimientos de 1 metro por día principalmente en la zona A; y en 2018 directamente sin fases activas a raíz de que el frente del glaciar se hallaba sobre una zona plana que actuó como estabilizadora. En el año 2019, la lengua logró velocidades de 1 metro por día en la

zona A, 50 centímetros por día para la B y 30 centímetros por día para el área C (Faillettaz, 2019).

Factores condicionantes para la desestabilización

Retomando la conceptualización de peligrosidad, es entendida como el potencial de peligro de los fenómenos naturales siempre que haya una población expuesta. Esta componente de la TSR se identifica en el glaciar Planpincieux a través de su condición de glaciar templado, que conlleva un riesgo inherente de desestabilización, debido al papel que juega un conjunto de factores críticos que podrían desencadenar una posible avalancha de hielo. Se identifican cuatro condiciones necesarias para la inestabilidad del glaciar templado: en primer lugar la configuración geométrica y geomorfológica que pone foco sobre la pendiente en la que se asienta la lengua terminal, en segundo lugar la dinámica estacional o fases activas que posee el cuerpo glacial, luego los rasgos y comportamientos de la red de drenaje subglacial, y por último, el proceso de fractura.

Configuración geométrica y geomorfológica

La primera condición es la geometría donde descansa la lengua terminal del glaciar, que para no presentar riesgo debería ser en su parte más baja una zona plana. En el caso del Planpincieux, el glaciar presenta una pendiente pronunciada de 32° considerada crítica, donde el cuerpo de hielo no puede apoyarse y se considera inestable. Los sectores del lóbulo derecho, presentan una secuencia estimada de áreas de base regular, cambios abruptos de inclinación seguidos por agrietamientos que indican el cambio de sector, y nuevamente una parte regular.

Dinámica y fases activas

En segundo lugar, están las condiciones provenientes de las llamadas fases activas o fases de aceleración que se dan a finales de verano y principios de otoño, que es cuando el deshielo en la base subglacial aumenta por el aumento de la temperatura en el lecho rocoso e incrementa la velocidad de desplazamiento de la lengua terminal. Es decir que, la dinámica del glaciar está condicionada en parte por la estacionalidad y por el flujo de agua en la base del cuerpo. El Planpincieux presenta una aceleración más marcada en los sectores A y B, aunque los estudios demuestran que tanto las velocidades, la cantidad de fases activas y la intensidad de la lengua terminal varían anualmente.

Red de drenaje

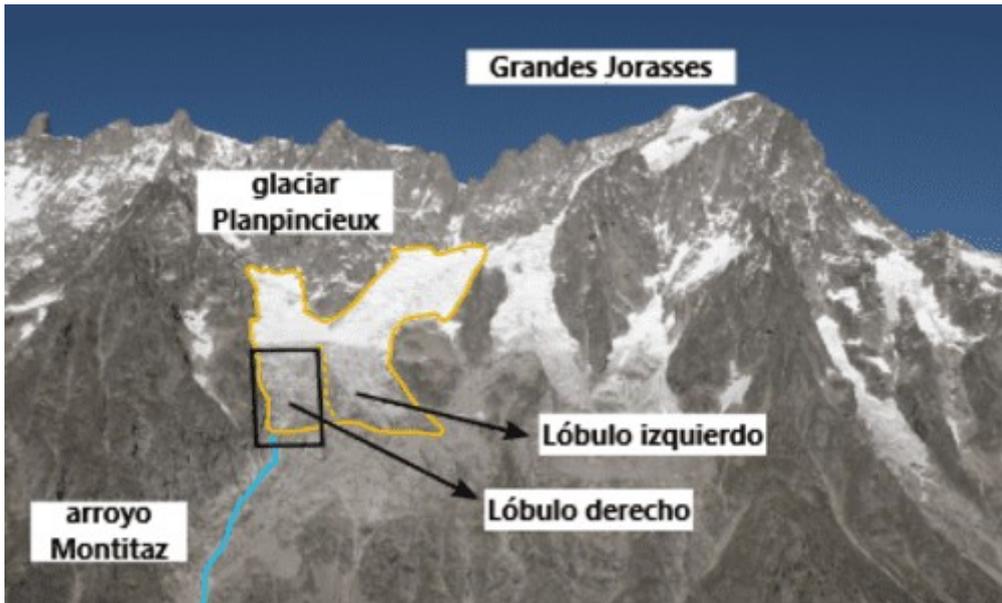
El tercero de los factores, y uno de los más importantes, es la red de drenaje subglacial, sus rasgos y comportamientos. La red hídrica nace del agua que fluye debajo del glaciar, y es necesario que se distribuya a través de canales, túneles o arroyos de forma pareja a

lo largo de toda la base de la lengua glacial (Faillettaz, 2019). De lo contrario, si se formase un solo canal de agua, el aumento de caudal repentino y/o la obstrucción del mismo, podría acabar en una presión mayor del agua, haciendo que el cuerpo de hielo alcance su punto de flotación y se desestabilice al perder su fricción con la roca madre. Incluso existe el riesgo de que la evacuación del agua se de a través de un torrente violento expulsado hacia la superficie con tintes de posible inundación, deslizamiento de lodo y escombros.

Los túneles producidos por la erosión y la fusión del hielo llegan a más de 10 metros de diámetro, pudiendo colapsar y por lo tanto, contribuir a la inestabilidad (Giordan et al., 2020). El riesgo aumenta para los valles inferiores en caso de que el agua subglacial, o de repentinas lluvias sobre nieve, se acumule detrás de morrenas terminales frágiles, las cuales pueden romperse y ocasionar un desbordamiento, o por el contrario formar nuevos lagos glaciales de paredes circundantes de baja contención (Cremonese et al., 2019).

Si bien aún no existen estudios detallados de la red de drenaje del Planpincieux, se conoce que la mayor parte de la red y el arroyo subglacial más caudaloso se encuentra en el lóbulo derecho, que drena hacia la superficie manteniéndose activo durante todo el año y recibe el nombre de Montitaz (ver Figura 5). Este lado del glaciar incluso es clasificado como un glaciar de terraza desequilibrado propenso a avalanchas, con un lecho rocoso de gran pendiente que intrínsecamente conlleva fragmentaciones del hielo, funcionando como un mecanismo de equilibrio para liberar cierta cantidad de hielo y mantener una geometría estable. Presenta un acantilado de hielo vertical de 20 a 30 metros de altura, y un lecho rocoso empinado donde suceden la mayor parte de fracturas durante la época estival (Giordan et al., 2020). Por el contrario, en el lóbulo izquierdo, la actividad de desplazamiento es menor, no posee una inclinación crítica; en cuanto a red de drenaje, se observa un canal más pequeño y humedad en la roca del frente que señala su participación en la red.

Figura 5. Señalización de lóbulo derecho e izquierdo



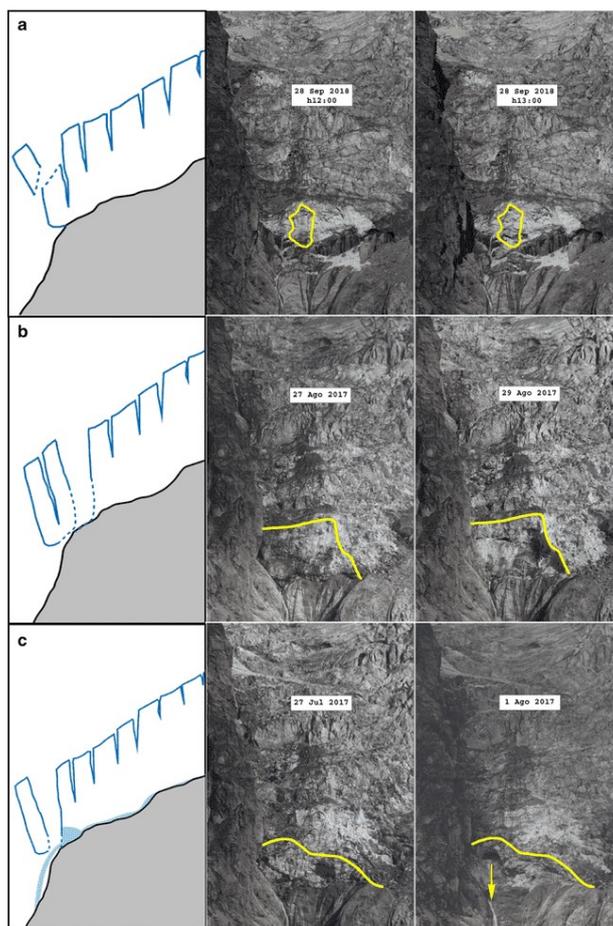
Fuente: Modificado de Giordan et al. (2020)

Proceso de fractura

Por último, está el proceso de fractura que se inicia en la fase activa donde se comienzan a observar grietas formadas repentinamente en superficie y se estima que llegan hasta la roca madre. Estas aperturas combinadas con las abruptas pendientes del glaciar, resultan inevitablemente en inestabilidad y por ende, altas probabilidades de ocurrencia de avalancha (Faillettaz, 2019). Si hay algo positivo, es que las grietas y sus características como orientación, grosor y cambios generales, e incluso desaparición, son tomadas como posibles señales precursoras de desprendimiento (Perret et al., 2020), por lo que pueden servir a las autoridades para alertar sobre un riesgo inminente.

Dentro del factor de fractura, se pueden identificar tres tipos de rupturas que se ilustran en la Figura 6: desagregación (ocurre en el acantilado frontal y se da por el avance del glaciar más allá del escalón frontal), fractura de losa (son fracturas desencadenadas que alcanzan el lecho rocoso, causando el desprendimiento de una lámina de hielo frontal) y el último tipo, es la formación de túneles que cuando presenta grandes volúmenes de agua hace que el cuerpo glaciar colapse (Giordan et al., 2020).

Figura 6. Tipos de rupturas en el sector terminal del lóbulo derecho



Fuente: Giordan et al. (2020)

En síntesis, la peligrosidad del glaciar se encuentra fuertemente condicionada por la estacionalidad (mayor en verano y otoño), debido al aumento de temperatura y consecuente deshielo. Estos procesos aumentan la probabilidad de agrietamiento y de ocurrencia de avalanchas. En particular, el lóbulo derecho del glaciar, que presenta un lecho rocoso de gran pendiente y un acantilado de hielo vertical, es propenso a fragmentaciones y avalanchas.

Exposición y vulnerabilidad: la Región Autónoma del Valle de Aosta

La exposición se compone de los bienes y personas que se encuentran frente a la peligrosidad. En ese sentido, para la construcción de la componente se recurrió a la lectura de artículos periodísticos (Hruby, 2022) y académicos (Failletaz, 2019), estadística poblacional tomada del ISTAT (2022) y a fotointerpretación satelital.

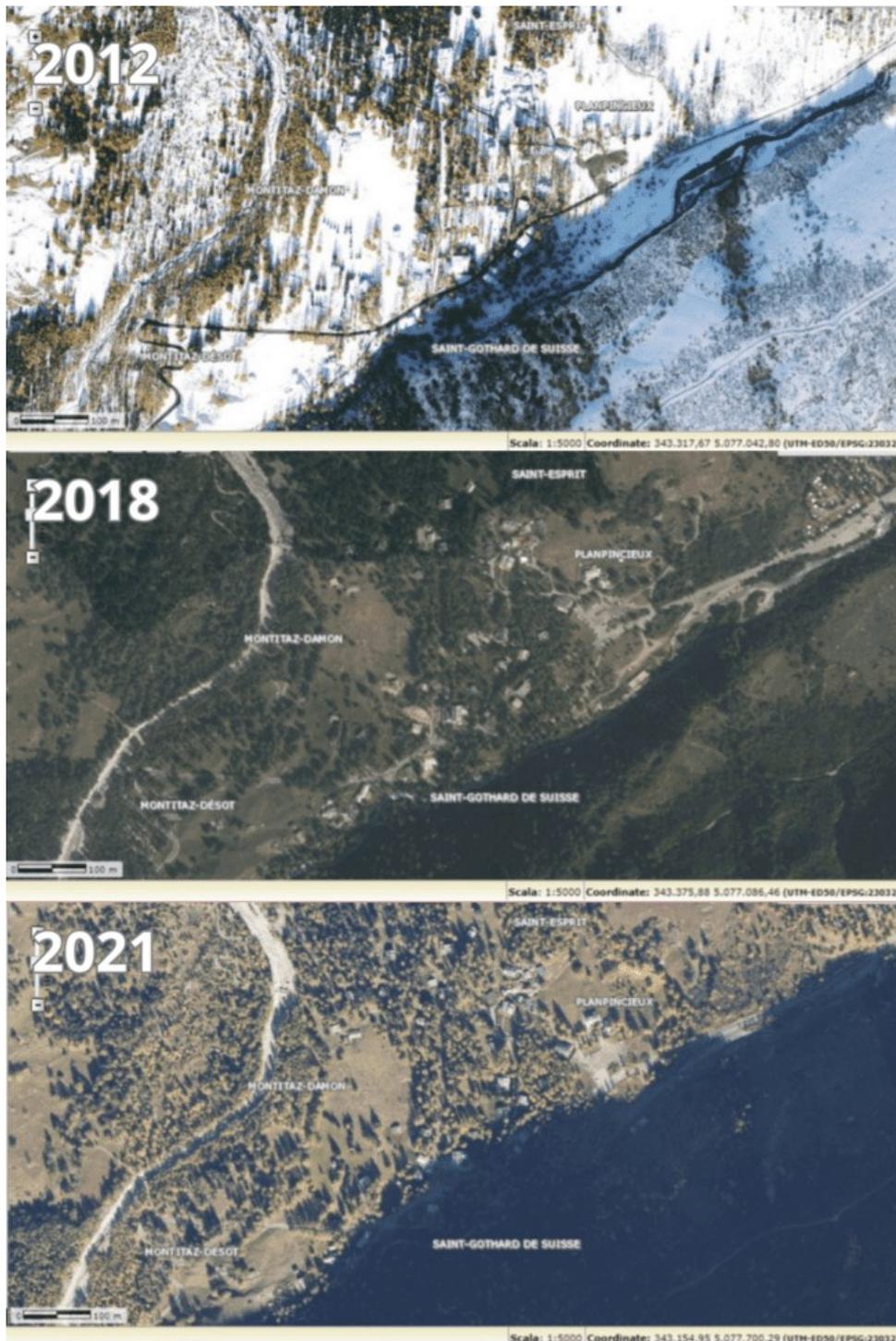
Se identifica al pie del glaciar el pueblo que lleva su nombre (ver Figura 7), perteneciente a la alcaldía de Courmayeur, a una altura aproximada de 1.224 metros sobre el nivel del mar. Los últimos datos recopilados por el ISTAT del año 2022, arrojan resultados que

datan la presencia de aproximadamente 3.000 habitantes establecidos permanentemente en el municipio de Courmayeur, y alrededor de 125.000 ciudadanos que residen en la Región Autónoma del Valle de Aosta (ISTAT, 2022). En cuanto a la población del pueblo, si bien las construcciones no han aumentado en gran medida como puede observarse en la Figura 7, lo cierto es que la exposición varía a lo largo del año, ya que, al ser una región dedicada al turismo, la cantidad de personas no residentes puede variar. Se estima que, en temporada de verano, cuando el glaciar es accesible para actividades de turismo glacial, alpinismo y escalada, esta cantidad ronda las 20.000 personas (Hruby, 2022).

Existe una correlación entre la estación turística y la fase activa del glaciar que es cuando se produce la mayor parte de los episodios de inestabilidad: ambas tienen su punto cúlmine en la época estival, por lo que la exposición sufre un incremento en un punto anual específico teniendo en cuenta estos dos factores. Sin embargo, esto no significa que los riesgos de desestabilización sean nulos en invierno (Faillettaz, 2019).

Según Hruby (2022), el Monte Blanco pertenece al grupo de montañas que ven anualmente grandes cantidades de pérdidas de vida, aproximadamente unas 100 anuales. Inclusive, en la ciudad turística Saint Gervais (del lado francés del Monte Blanco), se implementó que las personas que tomen la decisión de ascender a la montaña cuando las condiciones de escalada no son recomendadas, tienen que brindar un seguro económico que solvante los posibles gastos de rescate que puede implicar un accidente. Es característico de los sitios turísticos de glaciares, que posean infraestructuras como refugios de montaña, hoteles al pie de la montaña o en el valle inferior y/o pequeños sitios de alojamiento o de equipamientos para las actividades recreativas; en el caso del Planpincieux, se encuentra el refugio de montaña Boccalatte, que ha estado cerrado en varias ocasiones por riesgo de avalancha y el cierre de carreteras de acceso al Valle Val Ferret.

Figura 7. Evolución de la exposición del pueblo de Planpincieux



Fuente: Tomado de GeoPortale SCT (2012; 2018; 2021)

La componente de vulnerabilidad, entendida como la susceptibilidad y capacidad de recuperación de la población frente a posibles daños y pérdidas, se hace explícita mediante los siguientes datos estadísticos extraídos del ISTAT (2019; 2020; 2021) y Statista (2023) sobre la estructura socioeconómica y estimaciones de factores edilicios a

través de ortofotografías del Geoportale SCT (2012; 2018; 2021). Siguiendo la base de datos del ISTAT (2019; 2020; 2021), el Valle de Aosta es una de las mejores regiones posicionadas respecto a la incidencia de la pobreza relativa de los hogares (% de hogares en pobreza relativa) con un 4,2% en 2019 y un 5,4% en 2020 siendo que el promedio del país es de 11,4% y 10,1% respectivamente. En cuanto a la incidencia de la pobreza relativa individual (% de personas que viven en hogares en pobreza relativa sobre los residentes) se registró un 4,9% en el año 2019, un 6,9% en el año 2020 y un 3,8% en el año 2021, que si se compara con los números promedio a nivel nacional son muy inferiores (14,7%, 13,5% y 14,8% en los mismos años) (ISTAT, 2019; 2020; 2021).

Otros datos obtenidos refieren al Producto Bruto Interno (PBI) per cápita de Italia en 2019, por región (Statista, 2023). En esta categoría, el Valle de Aosta alcanza los 38,8 en miles de euros y se encuentra en el tercer puesto de veinte, sólo por detrás de las regiones de Trentino-Alto Adige y Lombardía (la cual únicamente la supera por 0,9). En relación al promedio nacional, sobrepasa esta cifra por 9,1 mil euros. A partir de ortofotografías de gran alcance del Geoportale SCT (2012; 2018; 2021), se estima que las construcciones tanto con fines habitacionales como turísticos cumplen con los estándares básicos necesarios. También, se tiene en cuenta que se trata de una zona de alta montaña muy turística y que las familias que van a vacacionar o a realizar actividades de ese estilo a esas zonas tienen capacidades de pago adecuadas.

En síntesis, aunque la región presenta indicadores de pobreza relativamente bajos en comparación con el promedio nacional y una población permanente escasa, la dependencia del turismo estival (que puede aumentar significativamente la población temporal) puede incrementar la exposición a las peligrosidades derivadas del glaciar. Asimismo, debe considerarse que la ubicación del poblado de Planpincieux aguas abajo del arroyo Montitaz y ladera abajo respecto al glaciar aumenta la exposición del poblado frente a avalanchas y aumento del caudal del arroyo debido al deshielo.

Incertidumbre: estudio y monitoreo del glaciar Planpincieux

La incertidumbre abarca la existencia y ausencia de conocimiento científico del fenómeno y limitaciones en las competencias institucionales. En ese sentido, tanto la densidad de la población como la afluencia de turismo y las infraestructuras afectadas por glaciares y por el permafrost, obliga a tomar medidas para minimizar la exposición al riesgo. Para el desarrollo de esta componente se incorporó el artículo de Hruby (2022) en vinculación con la información de Geoprevent (s. f.) sobre el monitoreo del radar y documentación científica (Dematteis, Giordan y Troilo, 2020; Faillettaz, 2019; Giordan et al., 2016;

Giordan et al., 2020; Perret et al., 2020). Giordan et al. (2020), proponen establecer zonas de amortiguamiento, restringir la construcción en zona de alto riesgo, sobre todo en la alta montaña, e implementar un sistema de zonificaciones que consideren los peligros aparejados al ambiente glacial.

Para evitar cualquier tipo de riesgo que implique poner en peligro la vida de visitantes y residentes, es importante comprender la evolución del glaciar y la caracterización de los procesos considerados como precursores del desprendimiento de grandes porciones de hielo, a través de monitoreos e inspecciones. Desde fines de 2013, la FMS junto con otros organismos científicos y estatales, establecieron un sistema de vigilancia continuo e ininterrumpido del Planpincieux, convirtiéndolo en un laboratorio de campo abierto (Dematteis, Giordan y Troilo, 2020). El principal objetivo del monitoreo es observar las condiciones del terreno y los comportamientos del glaciar. Las autoridades locales y científicas, emiten un boletín actualizado y de forma regular que informa acerca del estado del cuerpo de hielo, y contribuyen a gestionar el riesgo comunicando alertas lo más temprano posible.

A pesar de todos los métodos de observación y el conocimiento desarrollados, existe la incertidumbre sobre la topografía y la presencia de áreas planas. Se realizan controles de las condiciones críticas previas que deben presentarse para una posible ruptura, señales precursoras y se tiene en cuenta la existencia del riesgo de desestabilización, pero no es posible predecir con certeza la ruptura inminente de la lengua terminal (Faillettaz, 2019). Las señales precursoras que indican posibilidad de inestabilidad y de ocurrencia de avalanchas están marcadas por los cambios en la geometría, la velocidad de desplazamiento de la lengua, la aparición de grietas, el flujo subglacial, y variaciones en el espesor del hielo (Perret et al., 2020). La identificación de los signos preliminares puede darse por medio de la identificación de variables como: velocidad de la superficie, presión del caudal de agua o ausencia del flujo, y sismos de hielo (Giordan et al., 2020).

Los sistemas de vigilancia consisten en numerosos y diversos instrumentos y métodos que no requieren acceder a zonas peligrosas, ya que pueden ser manejados y controlados a distancia, proporcionando datos de alta resolución espaciotemporal. Una de las técnicas es un sistema visual monoscópico alimentado por paneles solares, instalado en la cima del Monte de la Saxe, frente al glaciar a una distancia de 3.5 kilómetros (Giordan et al., 2016). Allí están instaladas dos cámaras que componen dos módulos, uno con capacidad de adquirir imágenes ópticas, y el segundo para imágenes de alta resolución (5 centímetros por píxel). Ambos se encuentran sobre pedestales de hormigón dentro de

cajas-refugio plásticas, que toma fotografías cada una hora. Además, se realizan vuelos de drones y helicópteros para observaciones directas y de corroboración (Giordan et al., 2020), y estudios con radares con capacidad de penetración terrestre para evaluación del espesor del glaciar (Dematteis, Giordan y Troilo, 2020).

A través de los datos e imágenes obtenidas y enviadas a los laboratorios en Turín (Italia), se aplican técnicas de procesamiento y correlación de desplazamiento de píxeles para detección de cambios mínimos entre dos imágenes sucesivas y medición de la cinemática de la superficie a diferentes niveles de detalle (Giordan et al., 2016, Dematteis, Giordan y Troilo, 2020). Se establecen mediciones fotogramétricas para el análisis de la evolución en la topografía, se correlacionan imágenes para realizar mapas que denoten deformaciones y mediciones a través de estaciones meteorológicas de variables como temperatura del aire y precipitaciones tanto sólidas como líquidas, entre otras.

Para una mayor comprensión de la dinámica del glaciar Planpincieux, se utilizan sistemas de modelado de posibles escenarios. El primero de los escenarios posibles consiste en que la lengua permanezca estable y sus velocidades estén emparejadas con las de la zona izquierda. Siendo que el riesgo de ruptura representa un porcentaje muy inferior en el invierno, durante el verano sólo pueden producirse pequeñas rupturas (denominadas seracs) ya que la zona frontal continúa estando vertical. El segundo escenario implica que la lengua terminal no se rompa de un momento para el otro, sino que las velocidades vayan aumentando en comparación con la parte izquierda. Con el glaciar activo y con condiciones meteorológicas adversas, puede ocasionar la inestabilidad, independientemente de si cae nieve o no. El tercer escenario refiere a que la zona A caiga por completo previamente al inicio del invierno. Bajo esta situación, es de suma importancia el monitoreo constante del glaciar ya que la zona B se encontrará inestable independientemente de las condiciones meteorológicas, donde si se produce una aceleración puede desencadenarse una ruptura. Y el último escenario, menos probable, refiere a una posible desestabilización de la zona C que conduciría a volver inestable la zona superior a este sector (Faillettaz, 2019) (ver referencias a las zonas en Figura 3).

El equipo de monitoreo de la Región Autónoma del Valle de Aosta, con la FMS y el CNR - IRPI, implementó un plan de protección civil y un sistema de alerta temprana. Este último, se compone de un radar (AVYX) de avalanchas que monitorea la lengua del glaciar (Geoprevent, s. f.) junto con un sistema de semáforos que cierran automáticamente el tráfico vehicular en el Valle de Val Ferret en caso de un evento significativo (Perret et al., 2020), el comunicado de informes de estado del glaciar por medio de representaciones

en tonalidades de rojo, naranja y amarillo que dan cuenta de la gravedad de la amenaza, y aplicaciones de dispositivos móviles que indican las áreas a evacuar (Hruby, 2022). Además, se da la posibilidad de formación con cursos de alpinismo especial para las personas que tengan la intención de ascender al glaciar, que tratan sobre la adaptación a la altura, el uso de instrumentos de escalada y, con más ímpetu acerca de los rescates en espacios que presentan inestabilidad y evacuaciones ante desprendimientos de hielo y/o de rocas.

A pesar de la existencia de monitoreos continuos y alertas tempranas, Peillex, alcalde de la ciudad ubicada al pie del Monte Blanco en el lado francés que comparte similitudes con el pueblo de Planpincieux, en 2022 le destacó a National Geographic que hubo una situación en la que se dio una activación errónea del sistema de alarmas, y no más de la quinta parte de la población tomó la decisión de evacuar. Por lo tanto, reflexiona acerca de que más allá de todo lo que se pueda lograr con los importantes sistemas de gestión del riesgo, una parte de la responsabilidad siempre va a recaer sobre la población al momento de decidir de qué forma actuar ante las alertas emitidas (Hruby, 2022).

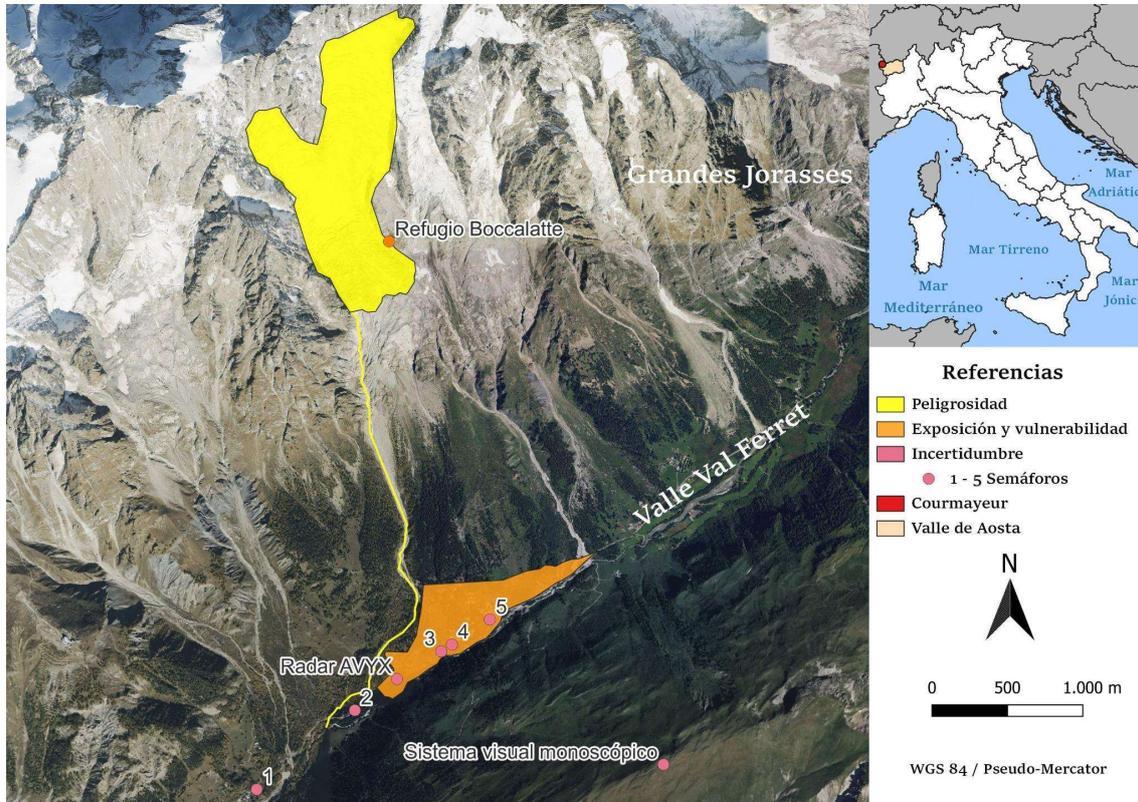
En síntesis, debe contemplarse que, aunque no es posible predecir con certeza cuándo ocurrirá una ruptura de la lengua terminal del glaciar, las técnicas de monitoreo para reducir la incertidumbre técnica han avanzado significativamente. Asimismo, a pesar de la implementación de sistemas de alerta temprana y planes de protección civil, como los semáforos automáticos y el cierre de carreteras, persisten riesgos de fallas técnicas o de respuesta humana insuficiente ante una alerta.

Integración de las componentes del riesgo

La Figura 8 plasma, a modo de síntesis y de manera simplificada, la espacialización de las componentes del riesgo. Luego del análisis efectuado, puede enunciarse que las principales características de las componentes del riesgo en el glaciar Planpincieux son: 1) la elevada peligrosidad, dada por factores aparejados a las características físicas propias del glaciar resultado de su carácter templado y de su desplazamiento, lo cual le otorga características de inestabilidad; 2) la elevada exposición del pueblo de Planpincieux, dispuesto al pie del lóbulo derecho del glaciar (sector con mayor inestabilidad), cuya población se encuentra más expuesta principalmente durante la temporada estival, periodo que coincide con la mayor peligrosidad del glaciar; 3) la baja vulnerabilidad, debido a las características socioeconómicas favorables de la población permanente y de los turistas; 4) la incertidumbre, que ha sido mitigada considerablemente mediante técnicas de vigilancia y monitoreo, aunque aún persisten problemas vinculados

principalmente al funcionamiento del sistema de alarmas y la sensibilización de los turistas.

Figura 8. Integración cartográfica de las componentes de la Teoría Social del Riesgo



Fuente: Elaboración de los autores en base a Google Earth (2024)

Conclusiones

El análisis realizado de la desestabilización del glaciar Planpincieux mediante la Teoría Social del Riesgo muestra que la aplicación de esta resulta de utilidad para el entendimiento del riesgo como resultado de la interacción de procesos complejos. A partir del análisis se encontró que hay dos componentes, la exposición y la peligrosidad, que aumentan en tiempos simultáneos en época de verano, que es cuando el glaciar incrementa su actividad y desplazamiento debido al deshielo y asimismo aumenta la actividad turística en el pueblo y los ejercicios de alpinismo en la alta montaña, haciendo que el riesgo se potencie. Es por eso que es fundamental poseer registros de la actividad del glaciar y hacer un seguimiento continuo y cercano, como lo realizan las autoridades italianas junto a diversas instituciones que están estudiando al Planpincieux mediante distintas tecnologías de monitoreo como las cámaras instaladas desde 2013 y los vuelos de observación.

Sin embargo, los fenómenos glaciológicos, a pesar de presentar señales precursoras de posibles desestabilizaciones como fracturas en superficies y sismicidad, no son fácil ni totalmente predecibles en su comportamiento. Frente a esta situación se propone seguir con los sistemas ya instalados, pero simultáneamente enfatizar los mecanismos de información para habitantes y turistas en la estación estival, acerca de los riesgos de posibles avalanchas e inundaciones de origen glacial, los sistemas y protocolos de evacuación existentes. Simultáneamente, se debe continuar con las capacitaciones para la actuación frente a situaciones de emergencias a quienes lleven adelante actividades en la alta montaña.

En síntesis, este tipo de fenómeno plantea desafíos que deben abordarse a través de resoluciones que tengan en cuenta el examen de todas las dimensiones que conforman el riesgo. Así, el análisis realizado en base a la TSR constituye una de las formas más aceptables para alcanzar soluciones integrales.

Referencias bibliográficas

- Cremonese, E., Carlson, B., Filippa, G., Pogliotti, P., Alvarez, I., Fosson, J. P., Ravanel, L. y Delestrade, A. (2019). *AdaPT Mont Blanc Rapport Climat: Cambiamenti climatici nell'area del Monte Bianco e impatti sulle attività umane*. https://www.espace-mont-blanc.com/asset/rapportclimat_ita.pdf
- Dematteis, N., Giordan, D., y Troilo, F. (2020). Glaciers of Grandes Jorasses: an open-air laboratory for glacier monitoring systems development. *EGU General Assembly*. <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu2020-9814>
- Faillertaz, J. (2019). Stabilité du glacier de Planpincieux. *Rapport d'expertise*. https://www.fondazionemontagnasicura.org/asset/expertise_planpincieux_faillertaz_2019-1.pdf
- France 24. (2020, 10 de agosto). *Fin del estado de alerta en el glaciar italiano de Planpincieux en el Mont Blanc*. France 24. <https://www.france24.com/es/20200810-fin-del-estado-de-alerta-en-el-glaciar-italiano-de-planpincieux-en-el-mont-blanc>
- Geoportale SCT. (2012). Dati territoriali della Regione Valle d'Aosta. Systeme delle Conoscenze Territoriali. <https://geoportale.regione.vda.it/>
- Geoportale SCT. (2018). Dati territoriali della Regione Valle d'Aosta. Systeme delle Conoscenze Territoriali. <https://geoportale.regione.vda.it/>

- Geoportale SCT. (2021). Dati territoriali della Regione Valle d'Aosta. Sistemi delle Conoscenze Territoriali. <https://geoportale.regione.vda.it/>
- Geoprevent. (s. f.). *AVYX avalanche radar*. Geoprevent. https://www.geopraevent.ch/wp-content/uploads/2024/02/AVYX_AvalancheRadar_GEOPREVENT_EN.pdf
- Giardini, G., Fosson, P. J. y Troilo, F. (2020). *Il Monitoraggio dei Ghiacciai Valdostani*. Senato della Repubblica - Commissione Territorio, Ambiente, Beni ambientali. https://www.senato.it/application/xmanager/projects/leg18/attachments/documento_evento_procedura_commissione/files/000/423/799/Documentazione_Fondazione_Montagna_sicura.pdf
- Giordan, D., Allasia, P., Dematteis, N., Dell'Anese, F., Vagliasindi, M., y Motta, E. (2016). A low-cost optical remote sensing application for glacier deformation monitoring in an alpine environment. *Sensors*, 16 (10), 1-20. <https://doi.org/10.3390/s16101750>
- Giordan, D., Dematteis, N., Allasia, P. y Motta, E. (2020). Classification and kinematics of the Planpincieux Glacier break-offs using photographic time-lapse analysis. *Journal of Glaciology*, 66, 188-202. <https://doi.org/10.1017/jog.2019.99>
- Hruby, D. (2022, 15 de noviembre). *Los picos de las montañas se están derritiendo y podrían matar a miles de personas*. National Geographic. <https://www.nationalgeographicla.com/medio-ambiente/2022/10/los-picos-de-las-montanas-se-estan-derritiendo-y-podrian-matar-a-miles-de-personas>
- Instituto de Estadística Italiano (2019). Censimento permanente della popolazione e delle abitazioni. <https://esploradati.censimentopopolazione.istat.it/databrowser/#/>
- Instituto de Estadística Italiano (2020). Censimento permanente della popolazione e delle abitazioni. <https://esploradati.censimentopopolazione.istat.it/databrowser/#/>
- Instituto de Estadística Italiano (2021). Censimento permanente della popolazione e delle abitazioni. <https://esploradati.censimentopopolazione.istat.it/databrowser/#/>
- Instituto de Estadística Italiano (2022). Censimento permanente della popolazione e delle abitazioni. <https://esploradati.censimentopopolazione.istat.it/databrowser/#/>
- Natenzon, C. (1995). Catástrofes naturales, riesgo e incertidumbre. *FLACSO / Serie Documentos e Informes de Investigación*, 197, 1-19. <https://www.gub.uy/sistema-nacional-emergencias/sites/sistema-nacional-emergencias/files/documentos/publicaciones/PUB-Natenzon-Catastrofes-naturales-riesgo-e-incertidumbre.pdf>

- Natenzon, C. (2015). Presentación. En *Riesgos, catástrofes y vulnerabilidades: Aportes desde la geografía y otras ciencias sociales para casos argentinos* (pp. 9-25). Imago Mundi.
- Perret, P., Troilo, F., Gottardelli, S., Mondardini, L., Dematteis, N., Giordan, D. y Segor, V. (2020). *Ice avalanche risk management from the planpincieux glacier (Courmayeur - Italy)*. Fondazione Montagna Sicura, Valle D'Aosta, CNR - IRPI, EGU. https://presentations.copernicus.org/EGU2020/EGU2020-9717_presentation.pdf
- Sautu, R. (1997). Acerca de qué es y no es investigación científica en ciencias sociales. En C. Wainerman y R. Sautu (comps.). *La trastienda de la Investigación* (pp. 181-199). Editorial de Belgrano.
- Sautu, R., Boniolo, P., Dalle, P. y Elbert, R. (2005). *Manual de metodología: Construcción del marco teórico, formulación de los objetivos y elección de la metodología*. Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales.
- Statista. (2023). *Gross domestic product (GDP) per capita of Italy in 2022, by region*. <https://www.statista.com/statistics/658274/gross-domestic-product-gdp-per-capita-of-italy-by-region>