

Preprint

**Pertenencia institucional****Resumen****Palabras clave:****Correspondencia****Abstract****ORCID****Key words:**

Glacier retreat and its impact on water sources

Retroceso de glaciares y su impacto en las fuentes de agua

- Franz Aedo Quispe Diaz

Orcid: [0009-0009-9442-3840](https://orcid.org/0009-0009-9442-3840)

Email: aedo.quispe@upeu.edu.pe

- Jael Calla Calla

Orcid: [0000-0002-5223-2175](https://orcid.org/0000-0002-5223-2175)

Email: jael.calla@upeu.edu.pe

RESUMEN

El retroceso de glaciares es una de las manifestaciones más evidentes del cambio climático actual y representa una amenaza significativa para el abastecimiento de agua dulce a nivel mundial. **Objetivo:** En este estudio se analiza la producción científica global relacionada con el retroceso de glaciares y su impacto en las fuentes de agua. **Materiales y métodos:** Se realizó una búsqueda bibliográfica utilizando la base de datos Scopus. Se identificaron un total de 109 documentos publicados, evaluando características como: tipo de publicación, colaboración entre autores, países e instituciones más productivas, revistas científicas y número de citas recibidas. **Resultados:** China se posiciona como el país líder en número de publicaciones, seguida de Estados Unidos y Reino Unido. La Academia China de Ciencias destaca como la institución con mayor producción científica. El artículo más citado trata sobre los efectos del deshielo del permafrost en el Tíbet. **Conclusiones:** Este estudio proporciona una visión integral de las tendencias de investigación en torno al retroceso glaciar, evidenciando un creciente interés por parte de la comunidad científica frente a los desafíos hidrológicos que conlleva este fenómeno. La información recopilada puede ser útil como base para futuras investigaciones y estrategias de adaptación ante el cambio climático.

Palabras clave: retroceso de glaciares, cambio climático, recursos hídricos,

ABSTRACT

Glacier retreat is one of the most evident manifestations of current climate change and represents a significant threat to the global freshwater supply. **Objective:** This study analyzes global scientific output related to glacier retreat and its impact on water sources.

Materials and methods: A bibliographic search was conducted using the Scopus database. A total of 109 published documents were identified, evaluating characteristics such as: type of publication, collaboration between authors, most productive countries and institutions, scientific journals, and number of citations received. **Results:** China ranks as the leading country in terms of the number of publications, followed by the United States and the United Kingdom. The Chinese Academy of Sciences stands out as the institution with the highest scientific output. The most cited article deals with the effects of permafrost thawing in Tibet. **Conclusions:** This study provides a comprehensive overview of research trends surrounding glacier retreat, demonstrating a growing interest among

the scientific community in addressing the hydrological challenges posed by this phenomenon. The information gathered can be useful as a basis for future research and adaptation strategies to climate change.

Keywords: glacier retreat, climate change, water resources.

INTRODUCCIÓN

Los glaciares y las capas de hielo son composiciones de agua sólida las cuales son cruciales para el sistema climático de la Tierra y también son fuentes vitales de agua dulce (Jamal et al., 2025), los glaciares de montaña son esenciales para el suministro de recursos hídricos que sustentan no solo a comunidades, sino también a distintos medios de vida río abajo (Mingyue et al., 2024) y también aporta significativamente al abastecimiento de agua de ríos y lagos (Cui et al., 2023) .

El gran impacto del cambio climático reciente se ha cruzado con factores topográficos, geomórficos y glaciológicos a nivel mundial para impulsar patrones complejos de adelgazamiento de glaciares, retroceso, cambio de velocidad y desarrollo de lagos (Agarwal et al., 2023), regiones como el Ártico está experimentando uno de los calentamientos más rápidos del planeta, con temperaturas que aumentan aproximadamente el doble del promedio mundial, y esto a su vez provoca estrés térmico significativo sobre la comunidad de plancton siendo este fundamental para la amplia gama de vida marina(**Isibor & Kayode-Edwards, n.d.**) y también en regiones de Asia presentan similares problemas donde los lagos glaciares se encuentran en un estado general de fusión acelerada, que se recargan principalmente con el agua de deshielo de los glaciares, donde se experimentan cambios rápidos siendo los lagos glaciares unos de los recursos más importantes del Tíbet (Wang et al., 2023) esto podría llevar a cambios potenciales en el almacenamiento y liberación de agua, lo que a su vez puede afectar los procesos ecológicos, geomorfológicos e hidrológicos(Müller et al., 2024).

El calentamiento también hará que caigan más precipitaciones en forma de lluvia, lo que aumentaría la exposición de una porción cada vez mayor de paisajes no glaciares (Fouché et al., 2025), A medida que más terreno se libera de hielo, la reelaboración del terreno expuesto por el río, así como el deshielo de capas glaciares, pueden conducir a un aumento en los intercambios de agua superficial y subsuperficial (Müller et al., 2024). Es por esto que se ha hecho una amplia revisión de la literatura disponible. Por lo tanto, el objetivo de este estudio es analizar la producción científica mundial relacionada con El Retroceso de glaciares y su impacto en las fuentes de agua

MARCO TEÓRICO

El retroceso de glaciares es una de las manifestaciones de mayor evidentes y preocupantes por efectos del cambio climático global. Este fenómeno se refiere a la reducción en volumen y extensión de los tempanos de hielo debido al aumento sostenido de las temperaturas atmosféricas y a cambios en los patrones de precipitación (Huss & Hock, 2018). Los glaciares cumplen una función muy importante como son los reservorios naturales de agua dulce, liberando caudales regulados durante la temporada seca. Y esta pérdida no solo altera el equilibrio hidrológico, sino que arriesga el abastecimiento hídrico de millones de personas, la sostenibilidad de la agricultura, la producción energética y los ecosistemas de montaña.

Uno de los conceptos clave en el estudio del retroceso glaciar es el de “peak water”, que hace referencia al punto en el que la contribución de los glaciares al caudal de los ríos alcanza su máximo antes de disminuir progresivamente. Se ha estimado que en el 45 % de las principales cuencas glaciares del mundo ya se ha alcanzado este punto, incluyendo regiones de los Andes tropicales (Huss & Hock, 2018).

Además del impacto en los caudales superficiales, el retroceso glaciar también afecta los sistemas de recarga subterránea. La fusión de los glaciares puede modificar la dirección y volumen del flujo subterráneo, así como la calidad del agua, especialmente cuando se movilizan metales pesados, sedimentos o nutrientes almacenados en el hielo (Guoqiang, 2023).

La teledetección satelital ha permitido una mejor comprensión del ritmo y magnitud del retroceso glaciar en diferentes regiones del planeta. Mediante imágenes ópticas, infrarrojas y radar, es posible monitorear la pérdida de masa de hielo, el crecimiento de lagos proglaciares y el riesgo de desbordes súbitos conocidos como GLOFs (Glacial Lake Outburst Floods), los cuales afectan severamente a poblaciones ubicadas río abajo (Deng, 2023). Se estima que aproximadamente 15 millones de personas viven en zonas expuestas a estos riesgos, especialmente en países como Perú, China, India y Nepal (Carrivick & Tweed, 2016).

La alteración en los patrones de escorrentía también repercute en la generación hidroeléctrica, ya que muchas plantas dependen del flujo sostenido que proveen los glaciares. En los Andes peruanos, por ejemplo, se estima que la reducción del deshielo podría provocar pérdidas de hasta un 15 % en la producción anual de energía, lo que representa un impacto económico de cientos de millones de dólares (Juen et al., 2007).

Asimismo, la liberación de agua de deshielo glaciar transporta materiales previamente almacenados, como sedimentos, nutrientes y compuestos químicos. Este proceso tiene efectos directos en la calidad del agua, modificando la composición físico-química de los ríos, y alterando ecosistemas acuáticos frágiles (Milner et al., 2017).

En un contexto más amplio, el retroceso de los glaciares debe entenderse como parte del sistema de retroalimentación del cambio climático. La pérdida de masa glaciar reduce el albedo terrestre, favoreciendo un mayor calentamiento local. Esta dinámica puede exacerbar otros procesos, como la degradación del permafrost, la cual libera carbono y metano a la atmósfera, contribuyendo aún más al calentamiento global (Yang et al., 2010).

Frente a este panorama, la comunidad científica ha recurrido a modelos hidrológicos avanzados para proyectar el comportamiento de las cuencas glaciares. Estos modelos indican que, si no se adoptan medidas de adaptación, muchas regiones enfrentarán una grave inseguridad hídrica en las próximas décadas (Immerzeel et al., 2010).

El retroceso de glaciar es un fenómeno complejo que implica consecuencias a múltiples escalas: local, regional y global. Su estudio demanda enfoques interdisciplinarios que integren la hidrología, climatología, ecología, geología y las ciencias sociales, con el objetivo de generar políticas de adaptación eficaces y sostenibles.

METODOLOGÍA

La elaboración del estudio bibliométrico, es realizado partiendo desde el título, modelo de motor de búsqueda “Retroceso de glaciares y su impacto en las fuentes de agua”

La base de datos utilizada del respectivo estudio hace el uso de la base de documentos Scopus 2025 (Access from CONCYTEC). Siendo el 14 de mayo de 2025 la fecha del inicio de la elaboración del presente trabajo.

La estandarización de términos para el buscador de manera más accesible palabras clave, títulos, resúmenes y términos controlados, en el algoritmo mostrado a continuación: “glacier AND retreat AND its AND impact AND on AND water AND sources” sin salir del contexto del título de este artículo

La búsqueda de un total de 109 documentos del tipo: artículo, documento de conferencia, revisión, capítulo del libro, revisión de la conferencia. Se tiene la siguiente división de porcentajes:

- Artículo – 84 (77.1%)
- Capítulo del libro – 12 (11%)
- Revisión – 7 (6.4%)
- Documento de conferencia – 4 (3.7%)
- Carta – 1 (0.9%)
- Documento de datos – 1 (0.9%)

Con los documentos extraídos se organizó en Microsoft Excel una data base que incluyó los siguientes datos: nombre de los autores firmantes, título de la publicación, tipo de publicación, año de la publicación, tipo de acceso a la publicación, instituciones de filiación de los autores firmantes, revista de publicación, país de edición y número de citas recibidas.

RESULTADOS

Los documentos fueron publicados por autores que firmaron con instituciones de filiación provenientes de 41 países. China se clasificó en primer lugar en la cantidad de documentos publicados respecto a Retroceso de glaciares y su impacto en las fuentes de

agua con 35 publicaciones. A China le siguió Estados Unidos con 28, Reino Unido con 14, Canadá con 11, Alemania y Suiza con 9, India con 8, Francia con 7, Italia con 6, Pakistán con 5, Belgica, Países Bajos, Perú y España con 4, Austria, Dinamarca, Nepal, Polonia y Arabia Saudita con 3, Argentina, Australia, Bolivia, Chile, Colombia, Republica Checa, Finlandia, Irlanda, Japón, Kenia, Noruega, Singapur, Suecia, Tanzania y Uruguay con 2 publicaciones y finalmente Brazil, Egipto, Nigeria, Federación Rusa, Sudáfrica, Corea del Sur y Vietnam con 1 publicación. La lista de los primeros 10 países se puede visualizar en la Tabla 1.

Tabla 1. Top 10 de países o territorios más productivos en la temática de Retroceso de glaciares y su impacto en las fuentes de agua

SCR	Países	TP
1 ^{ro}	China	35
2 ^{do}	Estados Unidos	28
3 ^{ro}	Reino Unido	14
4 ^{to}	Canadá	11
5 ^{to}	Alemania	9
6 ^{to}	Suiza	9
7 ^{mo}	India	8
8 ^{vo}	Francia	7
9 ^{no}	Italia	6
10 ^{mo}	Pakistán	5

SCR: Standart Competition Ranking; TP: número total de documentos.

La Tabla 2 muestra las 10 principales revistas en las que se publicaron artículos relacionados con Retroceso de glaciares y su impacto en las fuentes de agua. Entre las 10 revistas más productivas en la temática de Retroceso de glaciares y su impacto en las fuentes de agua, 7 (6.42%) fueron publicados en Science Of The Total Environment, mientras que 5 (4.59%) fueron publicados en Hydrological Processes, 3 (2.75%) fueron publicados en Global Biogeochemical Cycles, 3 (2.75%) fueron publicados en Hydrology

And Earth System Sciences, 3 (2.75%) fueron publicados en Journal Of Hydrology, 3 (2.75%) fueron publicados en Journal Of Mountain Science, 2 (1.83%) fueron publicados en Cryosphere, 2 (1.83%) fueron publicados en Dili Xuebao/Acta Geographica Sinica, 2 (1.83%) fueron publicados en Earth Science Reviews y 2 (1.83%) fueron publicados en Frontiers In Earth Science, siendo el ranking de las 10 revistas más productivas representa el 29.36% del total de documentos y entre el 70.64% se encuentran revistas con publicaciones menores a 2 documentos. De este ranking, ocho tienen un índice $h > 100$. ocho de las diez revistas se encuentran en el cuartil 1 de Scopus y dos revistas se encuentran en el cuartil 2 de Scopus. Es importante destacar que tres de las diez revistas más productivas son publicadas en Reino Unido.

Tabla 2. Top 10 de revistas más productivas en la temática de Retroceso de glaciares y su impacto en las fuentes de agua.

SCR	Revista	TP	CS2023	Q	H	País
1 ^{ro}	Science Of The Total Environment	7	17.6	Q1	399	Países Bajos
2 ^{do}	Hydrological Processes	5	6	Q1	190	Reino Unido
3 ^{ro}	Global Biogeochemical Cycles	3	8.9	Q1	218	Estados Unidos
4 ^{to}	Hydrology And Earth System Sciences	3	10.1	Q1	181	Alemania
5 ^{to}	Journal Of Hydrology	3	11	Q1	290	Países Bajos
6 ^{to}	Journal Of Mountain Science	3	4.2	Q2	60	China
7 ^{mo}	Cryosphere	2	8.7	Q1	123	Alemania
8 ^{vo}	Dili Xuebao/Acta Geographica Sinica	2	6.7	Q1	85	China
9 ^{no}	Earth Science Reviews	2	21.7	Q1	268	Países Bajos
10 ^m	Frontiers In Earth Science	2	3.5	Q2	64	Suiza

SCR: Standart Competition Ranking; TP: número total de documentos; CS: Cite Score 2018; Q: Quartil, H: H-Index.

Por otra parte, la amplia mayoría de las diez primeras instituciones con mayor cantidad de documentos, fueron publicados en China, siendo La Academia China de Ciencias la institución con mayor número de artículos (23). Le sigue la Universidad de la Academia China de Ciencias con (10), la Instituto del Noroeste de Eco-ambiente y Recursos de China con (9) artículos, la ETH Zúrich en Suiza (8), el Consejo Superior de Investigaciones Científicas de España y La Universidad de Columbia Británica de Canadá con 7 documentos cada una, Universidad de Birmingham de Reino Unido, Universidad de Berna

De Suiza, Universidad de Lanzhou de China y Universidad de California, Santa Bárbara de Estados unidos publicaron 6 documentos cada una de estas instituciones, y el país con mayor representación en instituciones más productivas en la temática de retroceso de glaciares y su impacto en las fuentes de agua es China contando con 4 instituciones como se puede apreciar (tabla 3)

Tabla 3. Top 10 de instituciones más productivas en la temática de retroceso de glaciares y su impacto en las fuentes de agua.

SCR	Institución	TP	País
1ro	Academia China de Ciencias	23	China
2do	Universidad de la Academia China de Ciencias	10	China
3ro	Instituto del Noroeste de Eco-ambiente y Recursos	9	China
4to	ETH Zúrich	8	Suiza
5to	Consejo Superior de Investigaciones Científicas	7	España
6to	La Universidad de Columbia Británica	7	Canadá
7mo	Universidad de Birmingham	6	Reino Unido
8vo	Universidad de Berna	6	Suiza
9no	Universidad de Lanzhou	6	China
10mo	Universidad de California, Santa Bárbara	6	Estados Unidos

SCR: Standart Competition Ranking. TP: Número total de documentos.

El número total de citas de todas las publicaciones fue 2504. Existen tres artículos con más de 440 citas. El artículo más citado se denomina “Permafrost degradation and its environmental effects on the Tibetan Plateau: A review of recent research” y tiene 544 citas. cuatro de los 10 artículos más citados fueron publicados en la revista Cryosphere y

Hydrological Processes contando con 2 publicaciones cada uno. Los artículos más citados se pueden visualizar en la Tabla 4.

Tabla 4. Top 10 de documentos más citados relacionado con retroceso de glaciares y su impacto en las fuentes de agua.					
SCR	Autores	Título	Revista	Citas	Tipo de documento
1ro	(Yang et al., 2010)	Permafrost degradation and its environmental effects on the Tibetan Plateau: A review of recent research	Earth-Science Reviews	544	Revisión
2do	(Nicholls et al., 2011)	Sea-level rise and its possible impacts given a 'beyond 4°C world' in the twenty-first century	Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences	484	Documento de conferencia
3ro	(Beniston et al., 2018)	The European mountain cryosphere: A review of its current state, trends, and future challenges	Cryosphere	440	Revisión
4to	(Brown et al., 2007)	Vulnerability of alpine stream biodiversity to shrinking glaciers and snowpacks	Global Change Biology	264	Artículo

5to	(Rees & Collins, 2006)	Regional differences in response of flow in glacier-fed Himalayan rivers to climatic warming	Hydrological Processes	244	Documento de conferencia
6to	(Toucanne et al., 2015)	Millennial-scale fluctuations of the European Ice Sheet at the end of the last glacial, and their potential impact on global climate	Quaternary Science Reviews	133	Artículo
7mo	(Quartino et al., 2013)	Evidence of Macroalgal Colonization on Newly Ice-Free Areas following Glacial Retreat in Potter Cove (South Shetland Islands), Antarctica	PLoS ONE	122	Artículo
8vo	(Hannah et al., 2007)	Integrating climate-hydrology-ecology for alpine river systems	Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems	103	Artículo
9no	(Baraer et al., 2015)	Contribution of groundwater to the outflow from ungauged glacierized catchments: A multi-site study in the tropical Cordillera Blanca, Peru	Hydrological Processes	86	Artículo

10mo	(Fürst et al., 2015)	Ice-dynamic projections of the Greenland ice sheet in response to atmospheric and oceanic warming	Cryosphere	84	Artículo
------	----------------------	---	------------	----	----------

SCR: Standart Competition Ranking

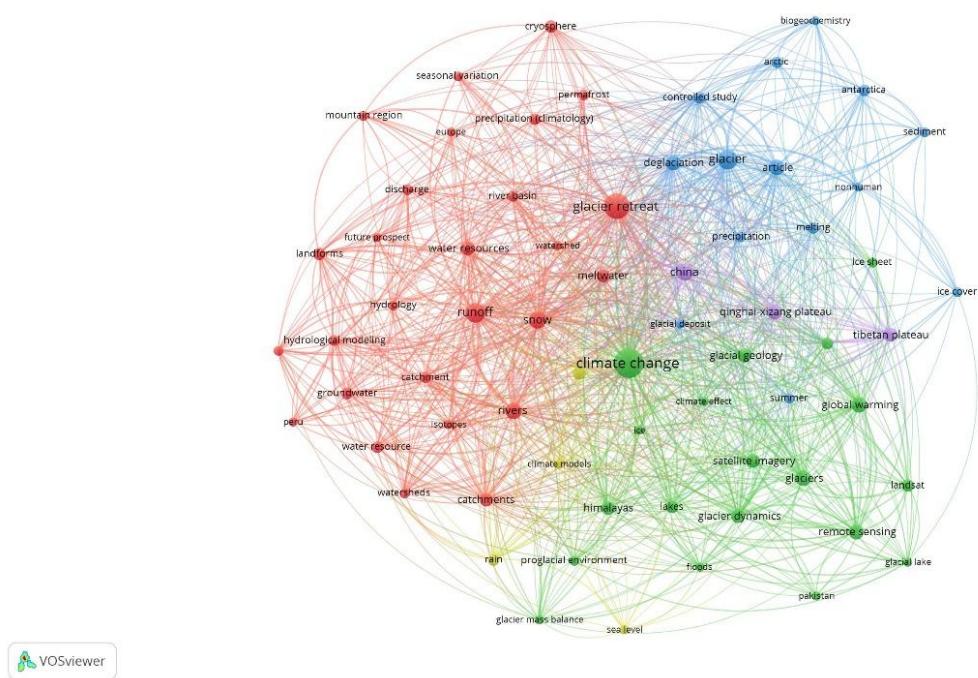
Asimismo, de acuerdo con Scopus, la mayoría de las revistas que han publicado sobre el tema de retroceso de glaciares y su impacto en las fuentes de agua se encuentran clasificadas en las áreas de Ciencia Ambientales, Ciencias de la Tierra y Planetarias, Ciencias Agropecuarias y Biológicas, Ciencias sociales, Bioquímicas, Genética y Biología Molecular, Ingeniería, Multidisciplinar, Química, Energía, Medicina y entro otras áreas (Artes y Humanidades, Informática, Ciencias de la Decisión, Física y Astronomía, Ingeniería Química, Inmunología y Microbiología y Matemáticas.) tal como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5. Distribución de publicación por área de investigación

Áreas de Investigación	Registros	Porcentaje
Ciencias Ambientales	62	32.3%
Ciencias de la Tierra y Planetarias	62	32.3%
Ciencias Agropecuarias y Biológicas	17	8.9%
Ciencias Sociales	16	8.3%
Bioquímica, Genética y Biología Molecular	5	2.6%
Ingeniería	5	2.6%
Multidisciplinar	5	2.6%
Química	3	1.6%
Energía	3	1.6%
Medicina	3	1.6%
Otros	11	5.7%

Fuente: Scopus. SciVerse Scopus Fact Sheet – Elaboración propia

Figura 1. Resultado del análisis de datos, a 5 veces que una palabra clave específica aparece en un texto, los principales ejes temáticos vinculados al tema residuos de Retroceso de glaciares y su impacto en las fuentes de agua.



La Figura 1 muestra las principales palabras claves asociadas a la investigación en “Retroceso de glaciares y su impacto en las fuentes de agua”. Se pueden apreciar cinco grupos representados por cinco colores distintos que agrupan las diversas relaciones de los conceptos y en los cuales se pueden visualizar las redes de cocitación. El tamaño de los nodos, sumado a lo central y periférico de estos, permiten apreciar los nexos de un concepto con otro, las relaciones señalando con el cursor estos datos se vinculan entre 2 a 3 o más colores depende del número de las ocurrencias.

CONCLUSIONES

Las principales conclusiones de este artículo se resumen en los siguientes puntos: China se posiciona como el país con mayor producción científica en la temática de retroceso de glaciares y su impacto en las fuentes de agua, seguida de Estados Unidos y Reino Unido. La institución más productiva es la Academia China de Ciencias, lo que refleja un interés creciente por parte de los países asiáticos en esta problemática ambiental.

Las citas de los documentos más relevantes corresponden en su mayoría a artículos científicos revisados por pares, lo que demuestra la importancia y el rigor académico del tema. El artículo con mayor número de citas se titula “Permafrost degradation and its environmental effects on the Tibetan Plateau: A review of recent research”, lo que evidencia el enfoque regional de muchas investigaciones, particularmente en zonas sensibles como el Tíbet, los Andes y los Alpes.

Asimismo, el presente estudio bibliométrico ofrece una perspectiva global sobre los esfuerzos científicos relacionados con el retroceso glaciar, un fenómeno estrechamente vinculado al cambio climático y que afecta directamente la disponibilidad y calidad de las fuentes de agua dulce en diversas regiones del mundo. Esta revisión permite conocer las revistas, instituciones y líneas de investigación más activas, lo que representa un aporte valioso para futuras investigaciones en gestión hídrica, sostenibilidad ambiental y adaptación climática.

Resaltando que el avance en esta área temática no solo permite identificar los impactos ecológicos del retroceso glaciar, sino también comprender los riesgos potenciales sobre los ecosistemas y las poblaciones humanas que dependen del agua proveniente de glaciares. Por ello, este artículo se convierte en una herramienta clave para orientar decisiones científicas y políticas frente a una de las amenazas más evidentes del calentamiento global.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Agarwal, V., Van Wyk de Vries, M., Haritashya, U. K., Garg, S., Kargel, J. S., Chen, Y. J., & Shugar, D. H. (2023). Long-term analysis of glaciers and glacier lakes in the Central and Eastern Himalaya. *Science of the Total Environment*, 898, 165598. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165598>
- Baraer, M., Mckenzie, J., Mark, B. G., Gordon, R., Bury, J., Condom, T., Gomez, J., Knox, S., & Fortner, S. K. (2015). Contribution of groundwater to the outflow from ungauged glacierized catchments: A multi-site study in the tropical Cordillera Blanca, Peru. *Hydrological Processes*, 29(11), 2561–2581. <https://doi.org/10.1002/hyp.10386>
- Beniston, M., Farinotti, D., Stoffel, M., Andreassen, L. M., Coppola, E., Eckert, N., Fantini, A., Giacoma, F., Hauck, C., Huss, M., Huwald, H., Lehning, M., López-Moreno, J. I., Magnusson, J., Marty, C., Morán-Tejeda, E., Morin, S., Naaim, M., Provenzale, A., ... Vincent, C. (2018). The European mountain cryosphere: A review of its current state, trends, and future challenges. *Cryosphere*, 12(2), 759–794. <https://doi.org/10.5194/tc-12-759-2018>
- Brown, L. E., Hannah, D. M., & Milner, A. M. (2007). Vulnerability of alpine stream biodiversity to shrinking glaciers and snowpacks. *Global Change Biology*, 13(5), 958–966. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2007.01341.x>
- Carrivick, J. L., & Tweed, F. S. (2016). A global assessment of the societal impacts of glacier outburst floods. *Global and Planetary Change*, 144, 1–16. <https://doi.org/10.1016/J.GLOPLACHA.2016.07.001>
- Cui, Y., Zhu, L., Ju, J., Luo, L., & Wang, Y. (2023). Cambio climático y respuesta hidrológica en la cuenca del lago Ranwu en la meseta sudoriental del Tíbet. *Water (Suiza)*, 15(11), 2119. <https://doi.org/10.3390/w15112119>
- Deng, Y. (2023). JGRS-23-22510 (R); Citation: Deng Y (2023) Remote Sensing of Glacier Retreat and its Implications on Water Resources. *J Remote Sens GIS*, 21, 1000308–1000309. <https://doi.org/10.35248/2469-4134.23.12.308>
- Fouché, J., Hirst, C., Bonneville, S., Opfergelt, S., Haghipour, N., Eglington, T. I., Vonk, J. E., & Bröder, L. (2025). Las lluvias afectan la materia orgánica disuelta y la exportación de cationes de las cuencas de permafrost y un río glacial durante el final del verano en el noreste de Groenlandia. *Permafrost y Procesos Periglaciares*. <https://doi.org/10.1002/PPP.2250>
- Fürst, J. J., Goelzer, H., & Huybrechts, P. (2015). Ice-dynamic projections of the Greenland ice sheet in response to atmospheric and oceanic warming. *Cryosphere*, 9(3), 1039–1062. <https://doi.org/10.5194/tc-9-1039-2015>
- Guoqiang, X. (2023). The Impact of Glacier Retreat on Groundwater System Evolution. *Journal of Geology & Geophysics*, 12(4), 1–1. <https://doi.org/10.35248/2381-8719.23.12.1099>
- Hannah, D. M., Brown, L. E., Milner, A. M., Gurnell, A. M., McGregor, G. R., Petts, G. E., Smith, B. P. G., & Snook, D. L. (2007). Integrating climate-hydrology-ecology for alpine river systems. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 17(6), 636–656. <https://doi.org/10.1002/aqc.800>

- Huss, M., & Hock, R. (2018). Global-scale hydrological response to future glacier mass loss. *Nature Climate Change*, 8(2), 135–140. <https://doi.org/10.1038/S41558-017-0049-X>;TECHMETA=119,134;SUBJMETA=106,125,242,2739,694,704;KWRD=CLIMATE-CHANGE+IMPACTS,CRYOSPHERIC+SCIENCE,HYDROLOGY
- Immerzeel, W. W., Van Beek, L. P. H., & Bierkens, M. F. P. (2010). Climate change will affect the asian water towers. *Science*, 328(5984), 1382–1385. https://doi.org/10.1126/SCIENCE.1183188/SUPPL_FILE/IMMERZEEL.SOM.PDF
- Isibor, P. O., & Kayode-Edwards, I. I. (n.d.). Perturbación antropogénica de la comunidad de plancton ártico. *Ecotoxicología Marina Del Ártico: Cambio Climático, Contaminantes y Sus Efectos de Largo Alcance*, 335–351. https://doi.org/10.1007/978-3-031-73584-4_16
- Jamal, M., Tiantian, G., Li, F., & Liu, Y. (2025). Retroceso de los glaciares y cambio climático: perspectivas de las tecnologías de teledetección. *Investigación En Ciencias Ambientales y Contaminación*. <https://doi.org/10.1007/s11356-025-36578-y>
- Juen, I., Kaser, G., & Georges, C. (2007). Modelling observed and future runoff from a glacierized tropical catchment (Cordillera Blanca, Perú). *Global and Planetary Change*, 59(1–4), 37–48. <https://doi.org/10.1016/J.GLOPLACHA.2006.11.038>
- Milner, A. M., Khamis, K., Battin, T. J., Brittain, J. E., Barrand, N. E., Füreder, L., Cauvy-Fraunié, S., Gíslason, G. M., Jacobsen, D., Hannah, D. M., Hodson, A. J., Hood, E., Lencioni, V., Ólafsson, J. S., Robinson, C. T., Tranter, M., & Brown, L. E. (2017). Glacier shrinkage driving global changes in downstream systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 114(37), 9770–9778. https://doi.org/10.1073/PNAS.1619807114/SUPPL_FILE/PNAS.201619807SI.PDF
- Mingyue, L., Xuejun, S., Shengnan, L., Jie, W., Zijian, L., & Qianggong, Z. (2024). Hydrochemistry dynamics in a glacierized headwater catchment of Lhasa River, Tibetan Plateau. *Science of The Total Environment*, 919, 170810. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2024.170810>
- Müller, T., Roncoroni, M., Mancini, D., Lane, S. N., & Schaeefli, B. (2024). Funciones actuales y futuras de la dinámica del agua de deshielo y las aguas subterráneas en una llanura de lavado alpino proglacial. *Hidrología y Ciencias Del Sistema Terrestre*, 28(4), 735–759. <https://doi.org/10.5194/hess-28-735-2024>
- Nicholls, R. J., Marinova, N., Lowe, J. A., Brown, S., Vellinga, P., De Gusmão, D., Hinkel, J., & Tol, R. S. J. (2011). Sea-level rise and its possible impacts given a ‘beyond 4°C world’ in the twenty-first century. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 369(1934), 161–181. <https://doi.org/10.1098/RSTA.2010.0291>
- Quartino, M. L., Deregibus, D., Campana, G. L., Latorre, G. E. J., & Momo, F. R. (2013). Evidence of Macroalgal Colonization on Newly Ice-Free Areas following Glacial Retreat in Potter Cove (South Shetland Islands), Antarctica. *PLoS ONE*, 8(3), e58223. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0058223>
- Rees, H. G., & Collins, D. N. (2006). Regional differences in response of flow in glacier-fed Himalayan rivers to climatic warming. *Hydrological Processes*, 20(10), 2157–2169. <https://doi.org/10.1002/hyp.6209>

- Toucanne, S., Soulet, G., Freslon, N., Silva Jacinto, R., Dennielou, B., Zaragosi, S., Eynaud, F., Bourillet, J. F., & Bayon, G. (2015). Millennial-scale fluctuations of the European Ice Sheet at the end of the last glacial, and their potential impact on global climate. *Quaternary Science Reviews*, 123, 113–133. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2015.06.010>
- Wang, Z., Zheng, B., He, X., Zhang, Y., & Shen, H. (2023). Variaciones espacio-temporales y factores que influyen en los lagos glaciares en el Tíbet según el Detector Geográfico Basado en Parámetros Óptimos[基于参数最优地理探测器的西藏冰湖时空变化与影响因素研究]. *Revista de Glaciología y Geocriología*, 45(6), 1950–1960. <https://doi.org/10.7522/j.issn.1000-0240.2023.0149>
- Yang, M., Nelson, F. E., Shiklomanov, N. I., Guo, D., & Wan, G. (2010). Permafrost degradation and its environmental effects on the Tibetan Plateau: A review of recent research. *Earth-Science Reviews*, 103(1–2), 31–44. <https://doi.org/10.1016/J.EARSCIREV.2010.07.002>
- Scimago Journal & Country Rank. (s./f.). SJR. Recuperado el 15 de mayo 2025 de <https://www.scimagojr.com/>