

EVALUACIÓN DEL RETROCESO GLACIAR Y SU INCIDENCIA EN LA DISPONIBILIDAD HÍDRICA EN LA CUENCA DEL RÍO SANTA, ÁNCASH (1985-2019)

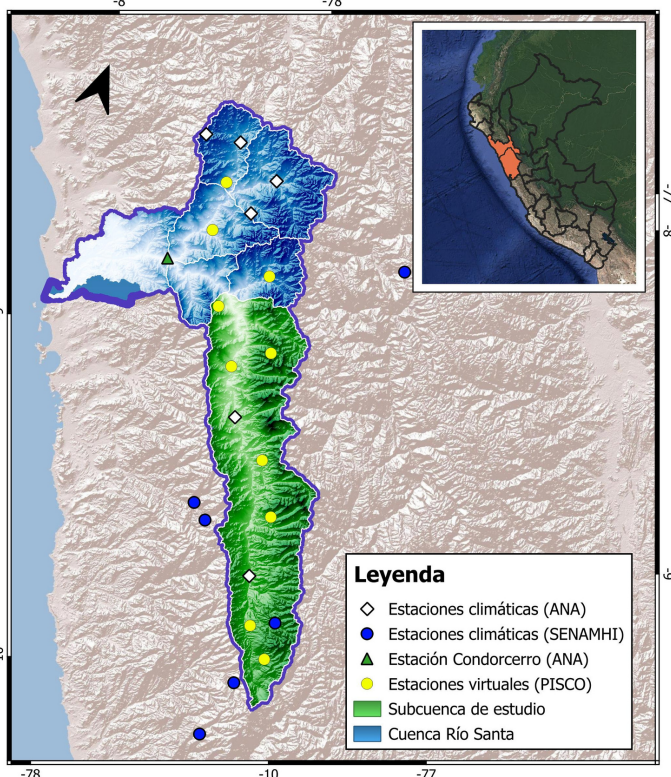
I: INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

El retroceso glaciar en zonas de alta montaña modifica de forma sustancial la escorrentía hacia los ríos, proyectándose a largo plazo una reducción del caudal, especialmente en época de estiaje, lo que compromete la seguridad hídrica de poblaciones y ecosistemas (Izaguirre, 2024). En la Cordillera Blanca, la superficie glaciar se redujo en un 38.20%, pasando de 723.37 km² (1962/1975) a 448.81 km² en 2016 (INAIGEM, 2018). Asimismo, se ha registrado un incremento térmico de entre 0.13 y 0.92 °C por década en los últimos 60 años (Izaguirre, 2004).

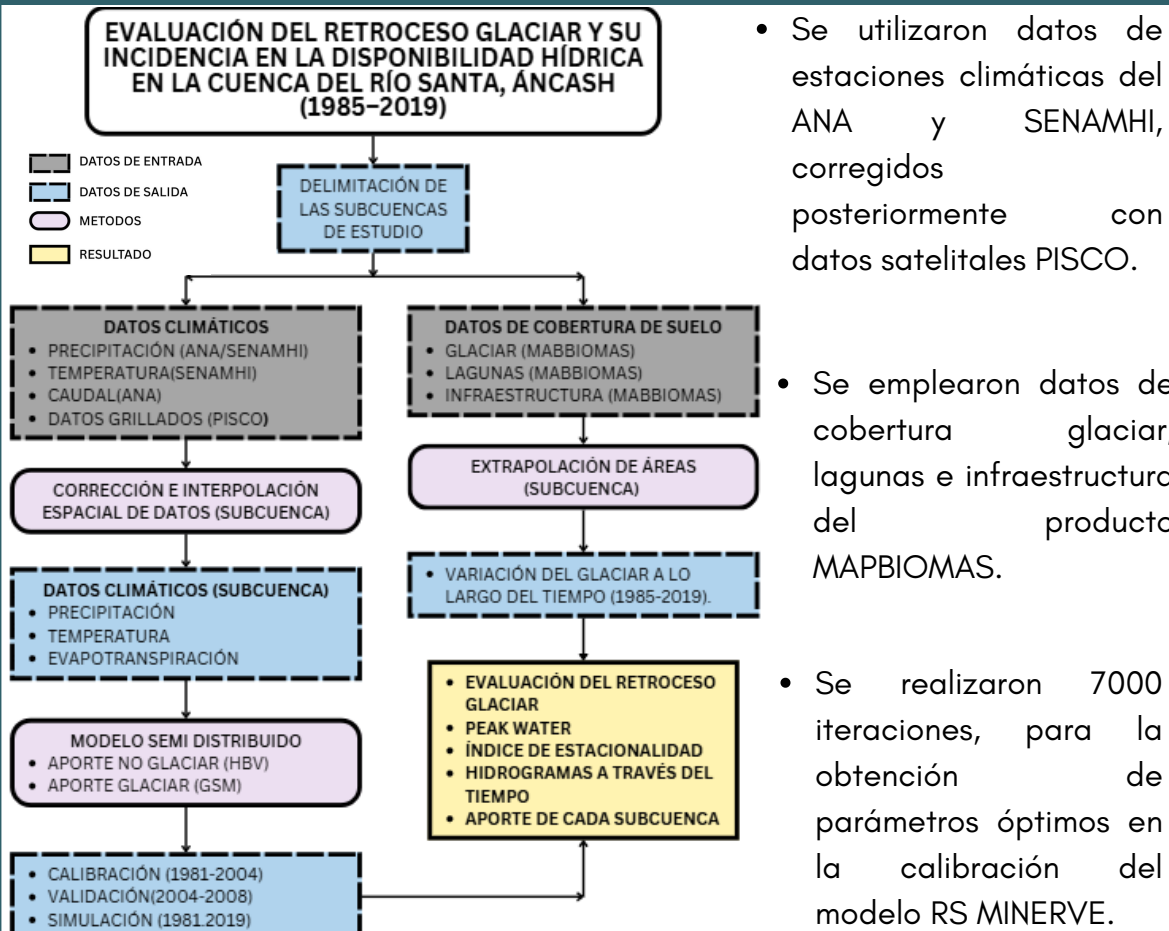
El objetivo de esta investigación es analizar el retroceso glaciar y su impacto en la disponibilidad hídrica en las subcuencas Quitaraca, Medio Alto Santa y Alto Santa, ubicadas en la Cordillera Blanca, dentro de la cuenca del río Santa (Áncash).

II: ÁREA DE ESTUDIO

- La Cordillera Blanca se ubica entre las latitudes 10°12'22.09"S y 7°55'55.71"S, y las longitudes 78°24'7.65"O y 76°30'47.90"O, en la región Áncash, Perú.
- Para la calibración hidrológica, el área de estudio fue dividida en seis subcuencas, lo que permitió realizar la calibración en la estación hidrométrica Condorcerro.
- En adelante, La zona de estudio será llamada "subcuenca 6".



III: DATOS Y METODOLOGIA



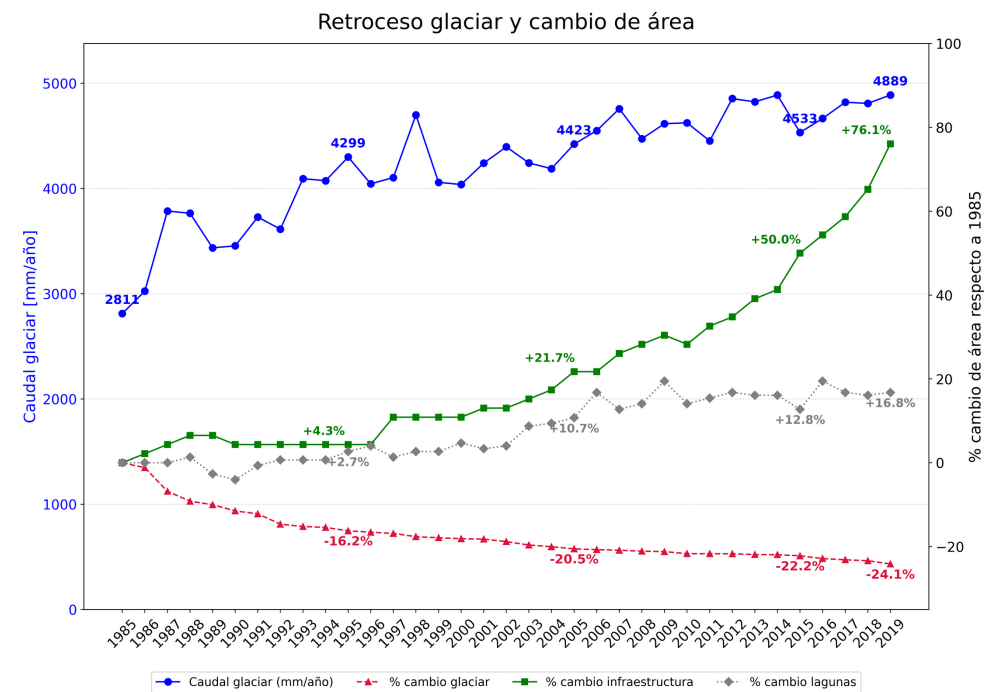
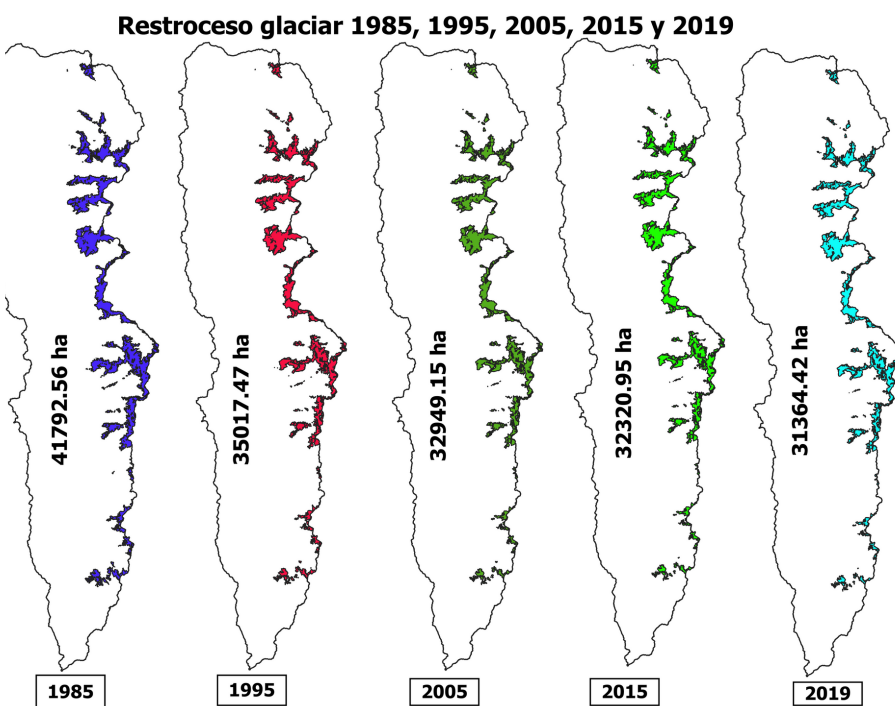
- Se utilizaron datos de estaciones climáticas del ANA y SENAMHI, corregidos posteriormente con datos satelitales PISCO.

- Se emplearon datos de cobertura glaciar, lagunas e infraestructura del producto MAPBIOMAS.

- Se realizaron 7000 iteraciones, para la obtención de parámetros óptimos en la calibración del modelo RS MINERVE.

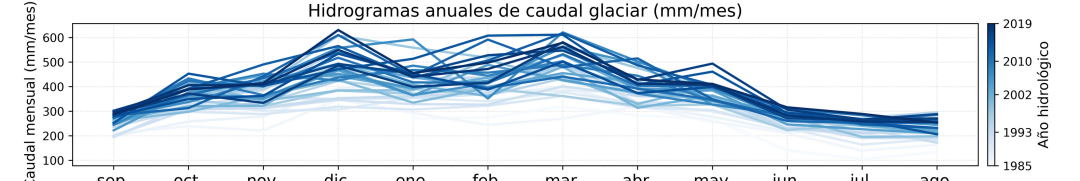
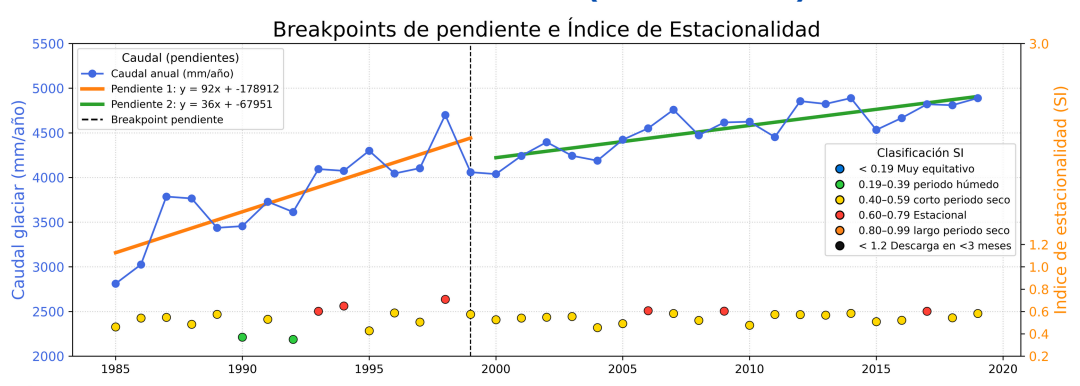
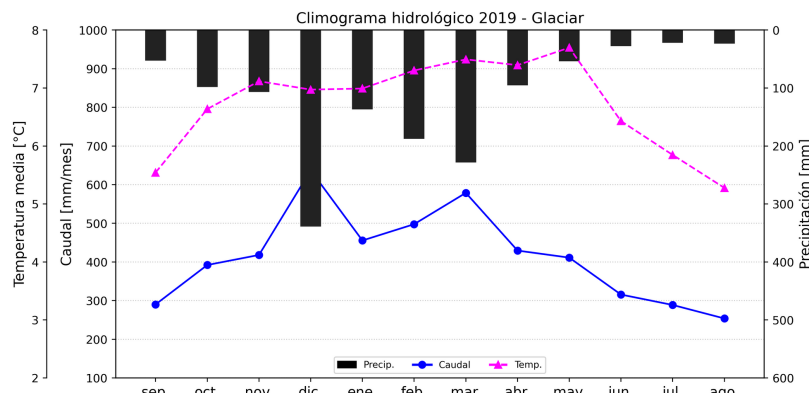
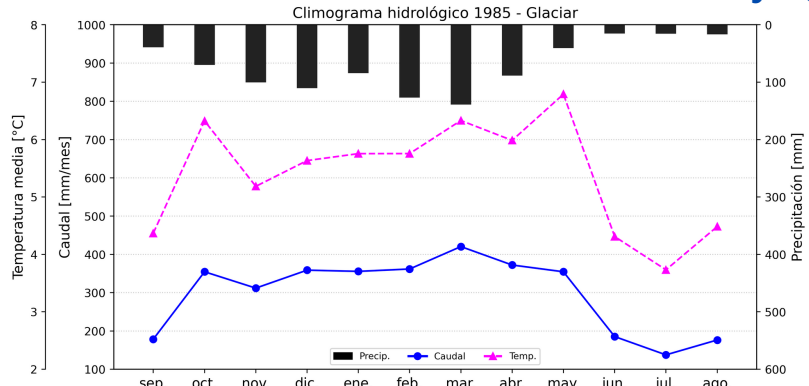
IV: RESULTADOS

Retroceso glaciar en la subcuenca 6 y la influencia de lagunas e infraestructura (1985 -2019)



- Entre 1985 y 2019, la superficie glaciar se redujo en un 24.1%, pasando de 41792 ha a 31364 ha, lo que evidencia un retroceso por efecto del cambio climático; generado un crecimiento de 16,8% en la superficie de lagunas andinas.
- El caudal de glaciar en 1985 fue de 2811 mm/año, para el 2005 el caudal aumentó a 4299 mm/año y para el 2019 tuvo un aumento de 4889 mm/año, reflejando una mayor disponibilidad hídrica temporal asociada al deshielo glaciar.
- La infraestructura creció un 76.1%, ello permite gestionar el agua proveniente del deshielo de forma más controlada, para disponer el agua a comunidades dependientes de este recurso.

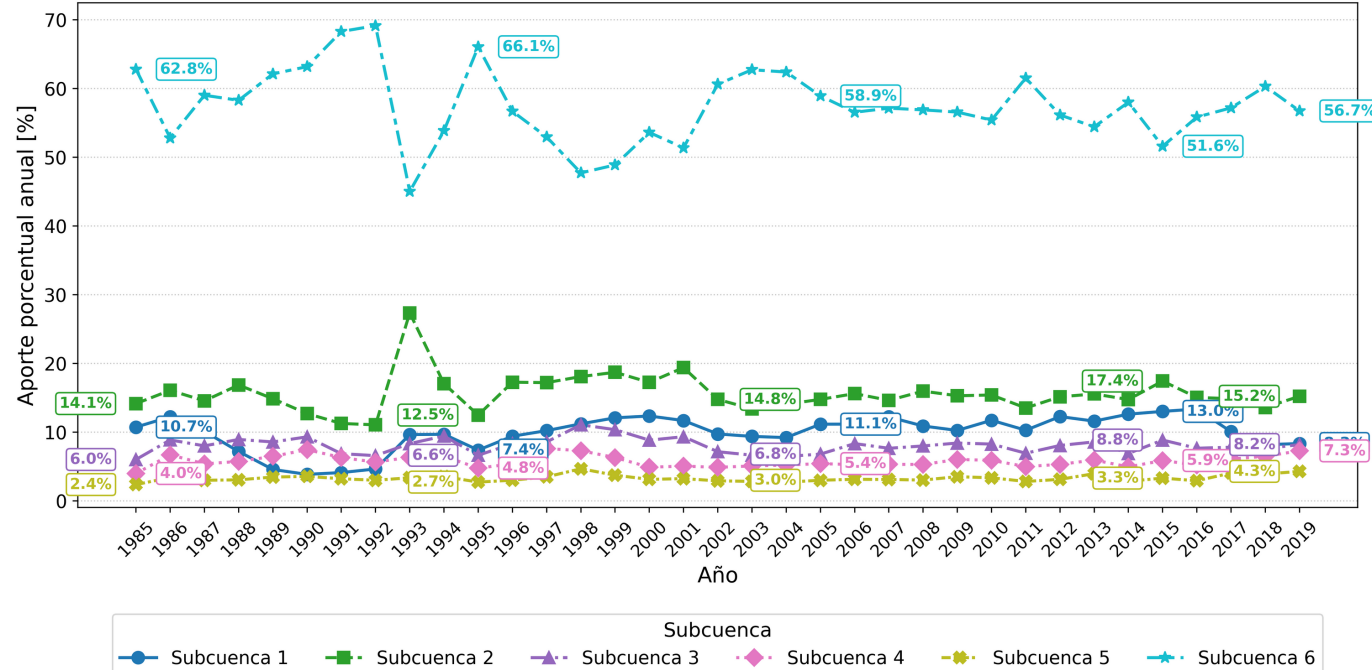
Estimación del flujo glaciar hacia la subcuenca 6 (1985-2019)



- Los climogramas de 1985 y 2019 muestran un proceso de intensificación y mayor respuesta hidrológica, con incrementos en temperatura media y una mayor respuesta del caudal glaciar a la precipitación. Esto sugiere la necesidad de medidas de gestión integral del recurso hídrico y adaptación al cambio climático.

Variación de caudales en la cuenca Santa (1985 - 2019)

Evolución del aporte porcentual anual de caudal por subcuenca (1985-2019)



- Se observa que la subcuenca 6 ha tenido mayor aporte de caudal a la cuenca Santa (mayor al 45%). Además; se observa que el aporte de caudal fue variable durante los años 1985-2019.
- El aporte de caudal de las subcuencas 1,2,3,4 y 5 están por debajo del 30%; cabe mencionar que dichas subcuencas presentan una baja o nula superficie glaciar.

V: CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

- Entre 1985 y 2019, las subcuencas Quitaraca, Medio Alto Santa y Alto Santa (subcuenca 6) experimentaron una reducción del 24% en su superficie glaciar, mientras que el caudal glaciar aumentó en 73%. Ello ha generado un crecimiento de 16% en la superficie de lagunas andinas, lo cual podría elevar los riesgos de desborde; en 2024, INAIGEM identificó 11 lagunas glaciares en la Cordillera Blanca con esa condición de riesgo.
- La disponibilidad de agua de deshielo podría haber incentivado el aumento de la infraestructura (76%) para la regulación de caudal glaciar y la generación hidroeléctrica. Carey (2014) documenta que la central Cañón del Pato (río Santa) aprovecha directamente ese caudal para producir energía y abastecer industrias y viviendas.
- Los climogramas hidrológicos muestran que la temperatura promedio en la subcuenca 6 pasó de 4-7 °C en 1985 a 5-8 °C en 2019, evidenciando la relación directa entre retroceso glaciar y aumento del caudal de aporte. Asimismo, la comparación de ambos climogramas revela un proceso de intensificación hidrológica: la cuenca responde de forma más rápida y extrema a las precipitaciones, lo que subraya la urgencia de implementar una gestión integral del recurso hídrico y medidas de adaptación al cambio climático.
- Las subcuencas Quitaraca, Medio Alto y Alto Santa son fundamentales para la cuenca del Río Santa, pues su caudal glaciar ha asegurado el abastecimiento hídrico en las últimas décadas. Sin embargo, el rápido deshielo amenaza esa disponibilidad a futuro, por lo que es imprescindible adoptar estrategias de conservación y gestión sostenible de los glaciares para garantizar la seguridad del recurso a largo plazo.
- Los datos de cobertura espacial de MapBiomias fueron clave para calibrar el modelo hidrológico, permitiendo analizar con precisión la evolución de glaciares y lagunas en la cuenca Santa. Con estos datos satelitales se evaluó el impacto del retroceso glaciar en el caudal, la formación de nuevas lagunas, la relación con la infraestructura, el punto de cambio (break point), el índice de estacionalidad y los riesgos asociados, fortaleciendo la gestión sostenible del recurso hídrico frente al cambio climático.
- Se recomienda que MapBiomias incorpore una subclasificación de glaciares (activos y relictos) en sus coberturas, esencial para modelar con mayor precisión el caudal glaciar y diferenciar su contribución hidrológica real. Esto permitirá afinar la calibración de modelos y la identificación de parámetros sensibles a la variación, optimizando así la evaluación del impacto glaciar en cuencas como la del río Santa.

VI: REFERENCIAS

- MapBiomias Perú - Colección [2ª Edición] de la Serie Anual de Mapas de Cobertura y Uso del Suelo del Perú, consultada el [10-02-2025] a través del enlace: <https://peru.mapbiomas.org/colecciones-de-mapbiomas-peru/>
- Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (2018). El inventario nacional de glaciares: las cordilleras glaciares del Perú. INAIGEM.
- Izaguirre Liviac, M., Drenkan, F., & Timaná, M. (2024). Actual y futura disponibilidad del agua en un contexto de inseguridad hídrica en la subcuenca de Parón, cuenca del río Santa, Perú. Revista Kawsaypacha: Sociedad Y Medio Ambiente, (13), A-001. <https://doi.org/10.18800/kawsaypacha.202401.A001>
- Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (2024). EVALUACIÓN NACIONAL DE LAGUNAS GLACIARES CON RIESGO DE DESBORDE.
- Schauwecker, S., Rohrer, M., Acuña, D., Cochachin, A., Dávila, L., Frey, H., Giráldez, C., Gómez, J., Huggel, C., Jacques-Coper, M., Loarte, E., Salzmann, N., & Vuille, M. (2014). Climate trends and glacier retreat in the Cordillera Blanca, Peru, revisited. Global and Planetary Change, 119, 85-97.
- Walsh RPD, Lawler DM (1981). RAINFALL SEASONALITY: DESCRIPTION, SPATIAL PATTERNS AND CHANGE THROUGH TIME. Weather.
- Carey, M. (2014). Glaciares, cambio climático y desastres naturales
- ANEXO: <https://drive.google.com/drive/u/0/folders/ITP0f7slZuBfBzqQPX6sRTUile7nqg9hx>