

ISSN 2070-836X

# APORTE SANTIAGUINO

Revista de Investigación

Volumen 4 n.º 2, julio – diciembre 2011

*Ciencia,  
cultura,  
tecnología  
e innovación*



Huaraz, Perú

**latindex**  
Sistema Regional de Información en Línea  
para Revistas Científicas de América  
Latina, el Caribe, España y Portugal.

---

---

**ARTÍCULOS ORIGINALES**

- Modelo probabilístico y regional de las descargas máximas instantáneas del río Santa en la región Ancash. [Probabilistic model and regional the instantaneous maximum discharge the river Santa in the Ancash region]..... 135  
*Abelardo Díaz Salas.*
- Sistema de visión artificial para la detección de somnolencia de conductores, basado en el comportamiento ocular. [Artificial vision system for the detection of drivers' drowsiness, based on the ocular behavior]..... 145  
*Jesús E. Espinola Gonzales, Maximiliano E. Asís López, Vladimir G. Rodríguez Sabino.*
- La efectividad del Control Interno en la Gestión de los Gobiernos Locales en el Callejón de Huaylas. Periodo 2006- 2007. [The effectiveness of Internal Control in the management of local government in the Callejón de Huaylas. Period 2006 - 2007]..... 152  
*Loel Salutor Bedón Pajuelo, Juan Alejandro Murga Ortiz, Manuel Morales Alberto.*
- Constitucionalización de los Derechos de los Pueblos Indígenas en el Perú. [Constitutionalization of the Rights of the Indigenous Peoples in the Peru]..... 159  
*Luis Robles Trejo.*
- Tutoría Virtual y Desempeño Académico en los Estudiantes de la Escuela Profesional de Educación de la FCSEC-UNASAM. [Virtual Tutoring and Academic Performance of the Students in the Educational Professional School at the FCSEC-UNASAM]..... 169  
*Rudecindo Penadillo L., Moisés Huerta R., Alberto Huamani G., Alfredo Zanabria P.*
- Patologías Obstétricas durante el embarazo, parto y puerperio de las Adolescentes atendidas en el Hospital Víctor Ramos Guardia, Huaraz, 2009. [Obstetric Pathology during pregnancy, labor and postpartum in Adolescents treated in the Hospital Victor Ramos Guardia, Huaraz, 2009]. ..... 177  
*Marcelo Arotoma O., Magna Guzmán A., Teresa Valencia V., Olga Cayra S.*
- Evaluación del rendimiento y la acción conservante en carne de cerdo del aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare L.*) cultivado en seis zonas altoandinas de Amazonas. [Performance Assessment and perservative action in pork and Oregano essential oil (*Origanum vulgare L.*) grown in six high Andes of Amazonas] ..... 185  
*M. Ventura; C.E. Millones; E.A. Auquiñivin; E.R. Vásquez y A.R. Tafur.*
- Caracterización de una colección de *Theobroma cacao L.* en Tingo María usando marcadores moleculares ISSR. [Characterization of a *Theobroma cacao L.* collection at Tingo Maria using ISSR molecular markers]. ..... 195  
*Julio Chia W., Luis Garcia C., Mery Suni N. and Bertus Eskes.*

Del aprendizaje colaborativo al aprendizaje por inmersión. [Of colaborative learning to immersive learning] ..... 203  
*Kenneth Delgado S.G.*

El cambio climático, la glaciología y los riesgos en la Cordillera Blanca Ancash – Perú. [Climate change, glaciology and risks in the cordillera Blanca Ancash - Perú]. ..... 208  
*César A. Portocarrero R.*

## El cambio climático, la glaciología y los riesgos en la Cordillera Blanca Ancash – Perú.

Climate change, glaciology and risks in the cordillera Blanca Ancash - Perú.

<sup>1</sup>César A. Portocarrero R.<sup>2</sup>

### INTRODUCCIÓN

El Parque Nacional Huascarán es la reserva natural ubicada en la zona centro norte del territorio peruano en el departamento de Ancash. Su elemento constitutivo principal es la Cordillera Blanca que alberga en sus cumbres la mayor masa de glaciares en el trópico terrestre, así como las

cumbres de mayor altura en la franja comprendida entre los trópicos. Esta reserva natural tiene una superficie de 3 400 kilómetros cuadrados con una longitud aproximada de 180 km y un ancho promedio de 20 km. La Cordillera Blanca posee 27 picos con alturas mayores de 6 000 m y alrededor de 200 con alturas mayores a los 5 000 m.



**Figura 1.** Las dos cumbres del Nevado Huascarán (cumbre norte 6768 msnm) el más alto de los Andes peruanos mostrando la belleza escénica de la Cordillera Blanca

<sup>1</sup> Coordinador de la Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos en la Cordillera Blanca Ancash-Perú.

<sup>2</sup> Ingeniero Civil

La Cordillera Blanca, ese adorno maravilloso que ha dado la naturaleza al habitante de la sierra del departamento de Ancash, constituye el majestuoso paisaje que adorna el valle del Río Santa, desde sus orígenes en la laguna Aguascocha hasta su límite septentrional en el área del nevado Champará. Desde tiempos muy antiguos este adorno majestuoso de los Andes peruanos ha llamado la atención de propios y extraños convirtiendo a cada uno de sus parajes y empinadas montañas en el deleite de los amantes de la montaña, no solamente

para tomar fotografías de cada uno de sus detalles, sino también para afrontar los desafíos de sus picos para los montañistas de todos los rincones del globo.

Sin embargo, como ahora se conoce con mayor detalle, los hielos adheridos a las montañas no son más que una consecuencia del clima, y la variabilidad de las formas y volúmenes de las masas glaciares también han sido definidas por los diferentes cambios climáticos del planeta.



Figura 2. El nevado Huandoy (6395 msnm) visto desde la Cordillera Negra

En el valle del Río Santa las montañas han constituido un motivo de orgullo y también de honda preocupación. Las montañas han originado fenómenos catastróficos ocasionando miles de muertes y destrucción de ciudades, vías de comunicación, tierras de cultivo y numerosas obras de infraestructura, con la consiguiente detención o paralización del desarrollo de toda una región. El presente artículo intenta demostrar cómo el hombre peruano ha sabido enfrentar estos desafíos de la naturaleza, con el objeto de proporcionar seguridad y confianza al poblador común para continuar habitando en los parajes que el Callejón de Huaylas proporciona a propios y extraños.

Los fenómenos aluviónicos o GLOF (flujo por la

rotura de una laguna glacial), han ocurrido desde que los glaciares comenzaron a retroceder o a derretirse, y por lo tanto el espacio que iban dejando era ocupado por las lagunas. Estas a su vez se fueron desbordando, dependiendo de las características circundantes (un glaciar muy desestabilizado, taludes de su vaso muy inestables, gran volumen de la laguna, dique con material no consolidado, no cohesivo, declive valle abajo con bastante pendiente, entre otras).

La estadística de eventos catastróficos se conoce desde el año 1725 cuando se desbordó la laguna al pie del nevado Huandoy y sepultó al pueblo de Ancash. Los pueblos cuyos suelos con basamento netamente aluviónico es posible que hayan sufrido

también eventos similares, aunque no se guarda registros de tales acontecimientos. En 1932 el Sr. Hans Kinzl, de nacionalidad austriaca, efectuó el primer levantamiento topográfico de la Cordillera Blanca y durante su periplo detectó varias lagunas en formación que a la larga iban a ocasionar desbordes mortales, tal como ocurrió con la Laguna Palcacocha o Cojup que el 13 de Diciembre de 1941 destruyó la tercera parte de la ciudad de Huaraz causando presumiblemente la muerte de 4 a 5 mil personas. A partir de este momento es que el poblador de este valle inicia las acciones para contrarrestar los efectos devastadores de los fenómenos aluviónicos. En la década de los años 40 el Gobierno Peruano crea una Oficina de Control de Lagunas de la Cordillera Blanca, orientada básicamente en principio a inventariar las lagunas peligrosas y recomendar las acciones a tomar para disminuir su peligrosidad.

Desde aquella oportunidad hasta la fecha mucho ha evolucionado el trabajo de investigación aplicada en las montañas nevadas de Perú. Lo que en un principio estaba exclusivamente orientado a mitigar los peligros o amenazas que representaban las lagunas y glaciares peligrosos poco a poco se fue transformando en un análisis de la realidad circundante o del entorno, representado por los glaciares en sus diferentes formas y condiciones.

Y es así cómo se inicia en la década de los años 60 la toma de información de los glaciares referida a su balance de masas, es decir, si el glaciar ganaba o perdía volumen, y la magnitud de su movimiento (por definición, glaciar es hielo en movimiento). En esa época también se comenzó a tomar información referida a la variación del frente o zona terminal del glaciar, lo cual en los tiempos actuales ha cobrado singular importancia. Ello ha implicado el conocimiento de la razón de retracción o retroceso de los glaciares y son las imágenes multi temporales de dicho proceso que actualmente se muestran en exposiciones y en documentos que abordan la pérdida de las masas glaciares.

Secuencialmente se podría mencionar entonces que el siguiente paso ha sido, como es obvio, establecer la relación entre pérdida de glaciar y su relación con la hidrología de una cuenca, dada su tremenda implicancia en la vida misma, actividades y desarrollo de la gente que habita dicha cuenca.

Resumiendo, la glaciología en el Perú ha seguido los siguientes procesos:

- Estudio de lagunas peligrosas y consiguiente inventario de las mismas.
- Toma de información preliminar relacionada a la dinámica de los glaciares con respecto al cambio de masas, variación de la posición del frente y velocidad de movimiento.
- Inventario de las masas glaciares a nivel nacional considerando que 20 porciones de los Andes Peruanos tienen masas glaciares en sus altas cumbres.
- Correlación entre la variabilidad de las masas glaciares y la hidrología de las cuencas afluentes, orientada hacia el cálculo de los balances hídricos.

## CARACTERIZACIÓN DE LA CORDILLERA BLANCA

De acuerdo al inventario nacional actualizado de las cordilleras nevadas del país, se ha determinado en la Cordillera Blanca para el año 2003 la presencia de 755 glaciares, debidamente codificados de acuerdo a la normalización de datos promovido por el Inventario Mundial de Glaciares. Estos glaciares, que cubren un área de 527 km<sup>2</sup>, se concentran en la cuenca del Río Santa, con 548 glaciares, representando el 68% de la superficie glaciar. También, se ha inventariado 830 lagunas mayores de 5 000 metros cuadrados, cuyos volúmenes varían entre 100 mil a 79 millones de metros cúbicos.

Los glaciares se distribuyen en 14 sistemas. Si bien el 81% de ellos no sobrepasa de un km<sup>2</sup> (glaciares pequeños), su aporte es del 25% de la superficie glaciar total, siendo significativa la contribución de los glaciares mayores a un km<sup>2</sup>. Cabe resaltar que la mayor concentración de glaciares pequeños se da en los sistemas Pelagatos, Pacra, Champará, Pongos y Caullaraju y la mayor superficie glaciar, en los sistemas: Chinchey, Hualcán, Santa Cruz, Huandoy, Huantsan, y Huascarán.

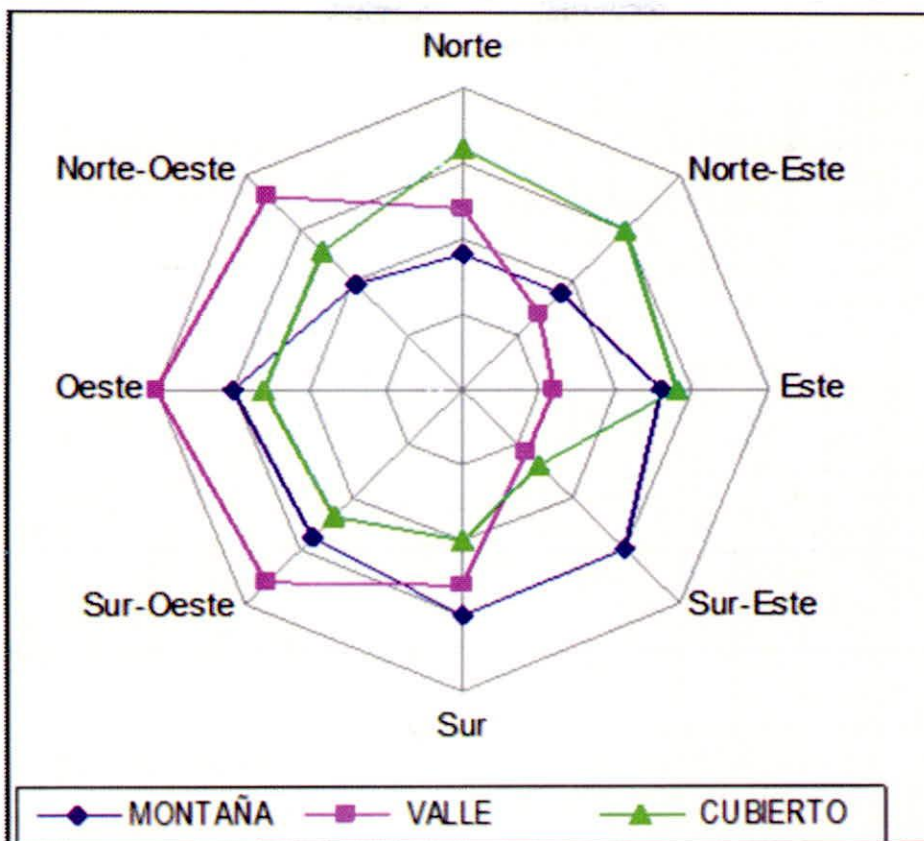


Figura 3. Orientación de los glaciares en la Cordillera Blanca

Los glaciares de la Cordillera Blanca se orientan preferentemente hacia el Sur y al Sur-Oeste, localizándose en relieves con declives superiores al 25% de pendiente y en la franja altitudinal desde 4 249 msnm hasta 6 701 msnm.

Los límites altitudinales estimados de la línea de equilibrio indican que en el 80% de los glaciares, éstos fluctúan principalmente entre los 5 001 a 5 500 msnm, con una clara tendencia a posicionarse en niveles altitudinales más elevados en el sector occidental (cuencas de los Ríos Santa y Pativilca). De acuerdo al sistema de clasificación de glaciares GLIMS, el 92% son glaciares de montaña, el 6% son de tipo valle y el 2% son glaciares cubiertos. Los glaciares de montaña se localizan en topografías agrestes y flancos accidentados, y su perfil longitudinal es de tipo cascada, con un frente abierto sin drenaje común. Los glaciares de valle en mayor parte se localizan en cuencas simples y compuestas, con un frente definido y perfil longitudinal de tipo cascada. Los glaciares

cubiertos se localizan también en zonas de relieve suave y gran parte de ellos pertenecieron a antiguos glaciares de valle.

Habiendo transcurrido más de 30 años desde el primer Inventario de Glaciares, han desaparecido 151 glaciares (Figura 4), todos ellos con una superficie menor a 1 km<sup>2</sup>, 112 glaciares han experimentado procesos de fragmentación (que no es más que una consecuencia del adelgazamiento y de la mayor exposición a la radiación solar de algunos glaciares). La masa glaciaria total cuantificada en la década del 70 se ha reducido hasta en un 27% (196 km<sup>2</sup>) y a la fecha se puede afirmar que la reducción está cercana al 30%. El 65% de los glaciares muestran un índice de recesión de moderado a crítico, siendo los glaciares de superficie mayor a un km<sup>2</sup> los de menor recesión.

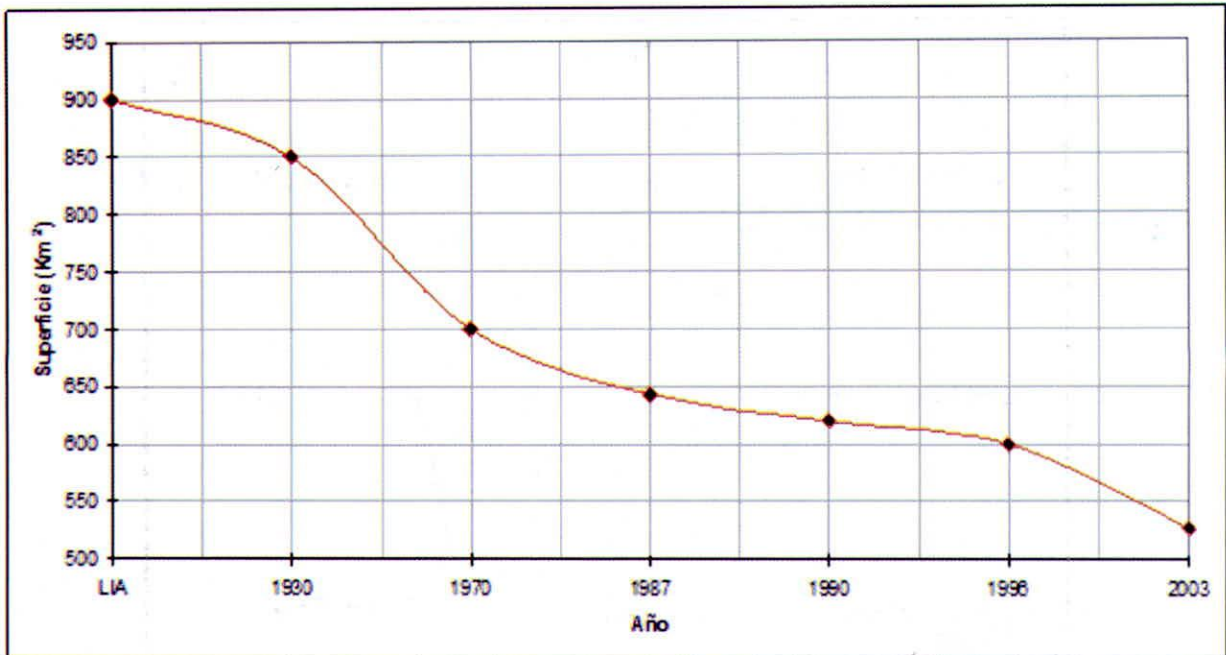


Figura 4. Fluctuación de la masa glaciar desde la pequeña Edad de Hielo.

Se debe mencionar también que el retroceso o retracción glaciar depende mucho del tamaño de los glaciares, ya que los más pequeños responden más rápidamente a los cambios de clima. Por ello las cordilleras con masas de hielo pequeñas experimentan el mayor retroceso. En la Cordillera Blanca entre 1970 y 2010 es del 30%, en la Cordillera Huayhuash entre 1970 y 2007 es del 35%, en la Cordillera Huallanca entre 1970 y 2007 es del 66%, en la Cordillera Raura entre 1970 y 2007 es del 63% y en la Cordillera Vilcanota en los últimos 30 años alcanza el 50%.

#### AMENAZAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO Y OTROS EVENTOS RECIENTES EN GLACIARES DE PERÚ

La elevación de la temperatura del medio ambiente terrestre está causando el derretimiento acelerado de los glaciares y, al mismo tiempo, el cambio de la morfología de los mismos, considerando que la adherencia de los hielos a la roca base está siendo modificada por el incremento de la temperatura.

Este fenómeno trae como consecuencia dos impactos sumamente negativos que son, en principio, la disminución del recurso hídrico almacenado en los glaciares y en segundo lugar la desestabilización de las masas glaciares. Ello ocasiona el deslizamiento de grandes masas de hielo muchas veces mezcladas con roca, formando avalanchas de gran magnitud.

Se considera que las avalanchas son avisos de la naturaleza para incentivar las medidas de prevención tanto estructurales como no estructurales en las diversas cuencas que bajan de las cordilleras nevadas del país. En la Figura 5 se puede ver la masa glaciar que se desprendió este año (2010) del Nevado Hualcán con un volumen inicial aproximado de 400,000 m<sup>3</sup> para luego arrastrar consigo una masa similar tanto de hielo como de roca y presumiblemente llegar al millón de metros cúbicos.





Figura 5. Zona donde se inició la avalancha de glaciar y roca

Esta avalancha provocó el oleaje en una laguna en la cual se habían realizado obras de seguridad hace 18 años. En esa oportunidad se dejó un borde libre de

20 metros contra posibles oleajes ocasionados por avalanchas de hielo y roca sobre la laguna (Figura 6) en un dique de roca muy competente, luego de horadar un túnel que conectó la laguna a 20 metros



Figura 6. Borde libre y las conexiones al túnel de descarga. La diferencia de nivel entre el nivel del espejo de agua y la coronación del dique rocoso es de 20 metros.

de profundidad, bajando el nivel del espejo de agua. La avalancha ocurrió el 11 de Abril de 2010 y se deslizó por una pendiente de más de 30 grados, arrastrando consigo más masa glaciar y rocas. Este deslizamiento originó una ola de más de 20 metros, que puso en zozobra a toda la población de la cuenca del Río Chucchún, en la localidad de Acopampa en Carhuaz-Ancash. La avalancha ocasionó un rebose temporal en la laguna, cuyo volumen supera los ocho millones de metros cúbicos teniendo una profundidad de 83 metros.

Los impactos y destrozos que ocasionó este desborde afectaron principalmente a todas las instalaciones, actividades productivas, agricultura y viviendas ubicadas cerca al cauce del Río Chucchún. Contraviniendo lo señalado por la Ley de Aguas allí no se conservó la faja marginal que se estipula justamente para evitar los efectos que ocurrieron.

El volumen desplazado de agua como es obvio tuvo un par de impulsos iniciales con un gran caudal. Sin embargo minutos después de iniciarse el fenómeno, el caudal se limitó a la capacidad que permitía pasar el túnel de seguridad construido para tal efecto, cumpliendo consiguientemente la finalidad de prevención para la cual había sido construido 18 años antes. Esta ha sido una de las señales claras que proporciona la naturaleza, advirtiendo que efectivamente las masas glaciares están perdiendo adherencia al lecho rocoso por efectos del calentamiento global. Por ello se debe esperar en el futuro cercano eventos similares en otros lugares de las cordilleras nevadas.

Efectivamente, un evento también relacionado a la intervención de un glaciar sobre un cuerpo de agua ha ocurrido recientemente en el Nevado Chicón de la Cordillera Urubamba. El 17 de Octubre de 2010 se desprendió una masa de glaciar y cayó sobre una laguna nueva, ocasionando un flujo de no más de 50 000 metros cúbicos y causando pánico y ciertos destrozos en la localidad de Urubamba, que es una provincia del departamento de Cusco, al sur del país.

La gestión del riesgo de desastres, por un lado es un conjunto coherente y ordenado de estrategias, políticas, programas y proyectos para orientar las actividades de prevención y mitigación de riesgos así como los preparativos para la atención de emergencias y tareas de rehabilitación en caso de ocurrir un desastre. Pero al mismo tiempo y fundamentalmente, la gestión del riesgo busca el desarrollo de las capacidades de la sociedad y de sus actores para modificar las condiciones de riesgo, actuando prioritariamente sobre las causas que lo producen. Por otro lado la gestión del riesgo de desastres constituye la intervención destinada a modificar las condiciones generadoras de riesgo, con el fin de reducir los niveles del mismo y eliminarlos hasta donde sea posible. Por lo tanto, en cuanto se refiere a los glaciares eso es lo que se ha hecho en la Cordillera Blanca en forma específica desde la década de los años 40.

## **INVESTIGACIÓN GLACIOLÓGICA EN PERÚ**

La Glaciología en Perú se inicia ante la imperiosa necesidad de conocer la dinámica de las masas de hielo que originaron secularmente catástrofes con miles de fatalidades, destruyendo ciudades, obras de infraestructura y sobre todo promoviendo la migración de los pobladores hacia las ciudades costeras. Las mediciones que se han efectuado en glaciares piloto o representativos han estado relacionadas con el cálculo del balance de masas glaciares, la velocidad del movimiento de los glaciares y verificar instrumentalmente la variación del frente glaciar a través del tiempo. Como resultado de tales mediciones la Figura 7 muestra el aumento paulatino del retroceso glaciar en varios glaciares representativos del Perú.

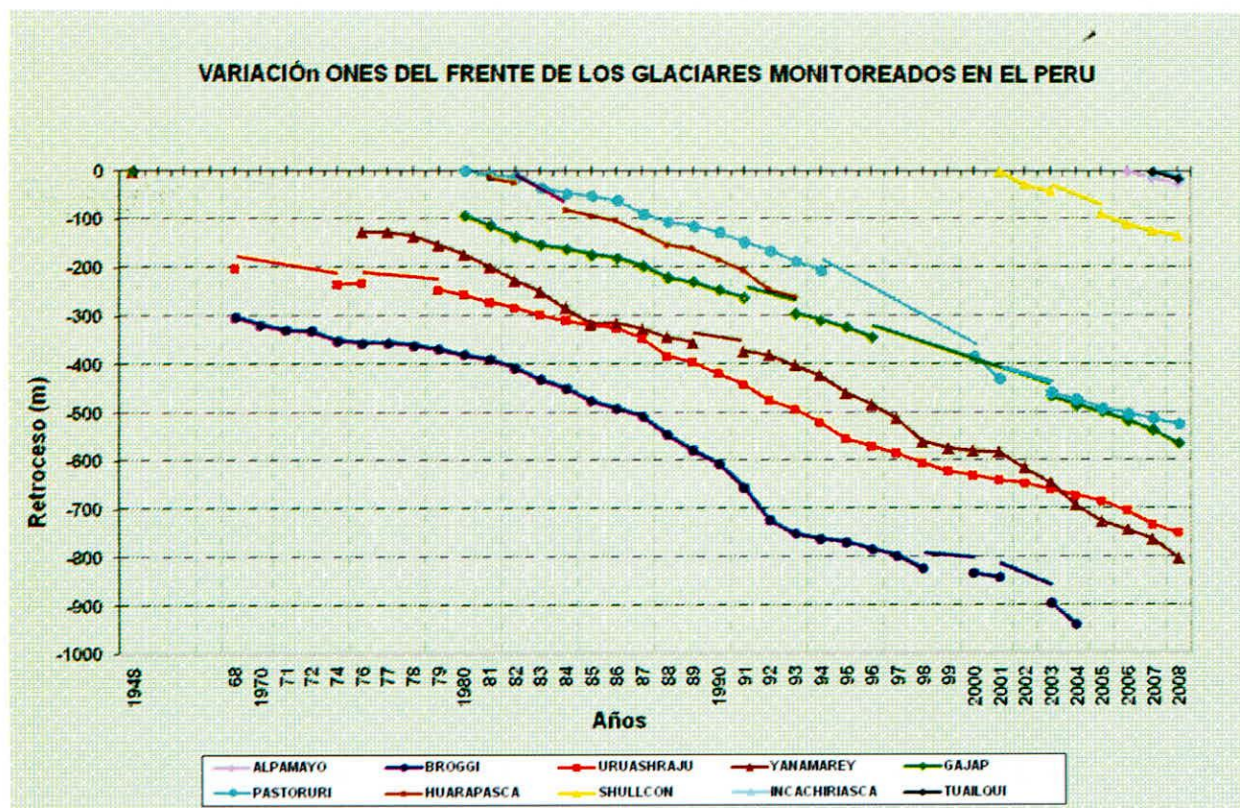


Figura 7. Retroceso de glaciares en Perú

**CONCLUSIONES**

Las siguientes son algunas conclusiones que emanan de los elementos anteriormente analizados:

1. En Perú los glaciares han comenzado a estudiarse a partir de la ocurrencia de fenómenos catastróficos ocurridos desde tiempos inmemoriales.
2. Estos estudios se han iniciado en la década de los años 60 y siempre se han obtenido resultados de balance de masas y retroceso negativos, lo cual significa pérdida de masa glaciar y naturalmente disminución de las reservas hídricas en todas las cuencas que tienen glaciares.
3. La información ahora disponible indica que la tasa de retroceso ha aumentado, teniéndose en cuenta que en los años 70 el promedio de retroceso ha sido de siete metros, en los años 80 de 20 metros, en los años 90 de 24 metros y en los años 2000 de 25 metros. Estos resultados coinciden con el aumento de temperatura global o calentamiento global causante del cambio climático.
4. Los impactos del calentamiento global originan dos efectos negativos, uno en la disminución de

las reservas de agua y otro en el incremento de fenómenos geodinámicos y geomorfodinámicos en las masas glaciares, con resultados muy destructivos tanto para poblaciones como para obras de infraestructura, propiedad pública y privada y naturalmente deterioro de la economía de las poblaciones.

5. Las obras de prevención que se han efectuado desde los años 1970 han mostrado su efectividad en las condiciones actuales de desestabilización de los glaciares, con lo cual se viene cumpliendo con la gestión del riesgo de desastres.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Autoridad Nacional del Agua. Inventario de glaciares y lagunas de las cordilleras nevadas del Perú. Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos. Autoridad Nacional del Agua.

Autoridad Nacional del Agua. Informes de actividades de la Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos. Huaraz, Perú.

**Correspondencia:**

César A. Portocarrero R.  
sesgo@hotmail.com