

Glaciares y Minería: Impacto en la sostenibilidad hídrica en contextos de cambio climático



Glaciers and Mining: Impact on water sustainability in contexts of climate change

Geleiras e mineração: Impacto na sustentabilidade da água em contextos de mudanças climáticas

PhD Dani Eduardo Vargas Huanca, investigador del Centro Estratégico Transdisciplinario JHM del Perú. ORCID ID [0000-0001-9478-750X](https://orcid.org/0000-0001-9478-750X)

MSc. Lenny Araca Quispe, investigadora del Centro Global de Ciencia y Tecnología Estratégica de España. ORCID ID [0000-0001-6450-4564](https://orcid.org/0000-0001-6450-4564)

MSc. Wilber Vargas Huanca, investigador del Instituto de Educación Superior Tecnológico Público de las Fuerzas Armadas (IESTPFFAA) del Perú. ORCID ID [0000-0003-4504-9820](https://orcid.org/0000-0003-4504-9820)

Lic. Roger Vargas Huanca Investigador del Instituto de Investigación Interdisciplinaria Pacha III y la Universidad Mayor de San Andrés de Bolivia. ORCID ID [0000-0003-1837-3051](https://orcid.org/0000-0003-1837-3051)

Dra. Lourdes Barriga Barca investigador del Centro de Investigación del Instituto Científico Tecnológico del Ejército (ICTE) del Perú. ORCID ID [0000-0001-7158-3707](https://orcid.org/0000-0001-7158-3707)

Mg. Jaime Huanca Quispe Investigador del IIRCI, Universidad Nacional Mayor de San Marcos de Perú. ORCID ID [0000-0003-3323-7453](https://orcid.org/0000-0003-3323-7453)

Correo electrónico del equipo: centroestrategico2010@gmail.com

Resumen

Para prevenir conflictos y crisis humanitaria, ante los efectos de la crisis hídrica generado por el cambio global, los países del mundo han emprendido políticas públicas de protección de reservas de agua dulce. Sin embargo, en el Perú, se promueve mercantilismo minero sobre reservas de agua dulce, llegando a comprometer la sostenibilidad hídrica que depende de los glaciares en los andes. En la investigación, determinamos la presencia minera autorizado por la administración pública en una muestra significativa de nevados con glaciares tropicales que concentran las principales reservas de agua dulce del país. Mediante el geoprocetamiento y análisis de datos espaciales de las superficies glaciares (imágenes satelitales y catastro minero) y la verificación in situ, se descubrió que entre el 70 a 100% de la superficie de los glaciares ha sido posicionada legal o ilegalmente por actividad minera formal e informal, lo cual pone en riesgo la sostenibilidad hídrica a mediano y largo plazo. El fomento de políticas mercantilistas desde la administración pública compromete y pone en riesgo la existencia misma del Estado, al atentar contra las reservas de agua dulce que representa uno de los intereses vitales de las futuras y actuales generaciones.

Palabras clave: Explotación minera, seguridad hídrica, agua, territorio,

Abstract

To prevent conflicts and humanitarian crisis, faced with the effects of the water crisis generated by global change, the countries of the world have undertaken public policies to protect fresh water reserves. However, in Peru, mining commercialism is promoted on fresh water reserves, compromising the water sustainability that depends on the glaciers in the Andes. In the research, we determined the mining presence authorized by the public administration in a significant sample of snow-capped mountains with tropical glaciers that concentrate the main freshwater reserves in the country. Through geoprocessing and analysis of spatial data of glacier surfaces (satellite images and mining cadastre) and in situ verification, it was discovered that between 70 to 100% of the glacier surface has been legally or illegally positioned by formal mining activity and informal, which puts water sustainability at risk in the medium and long term. The promotion of commercial policies from the public administration compromises and puts at risk the very existence of the State, by attacking the fresh water reserves that represent one of the vital interests of future and current generations.

Palabras clave: Agua, Desglaciación, Ambiental, Teledetección, Imágenes satelitales.

Resumo

Para prevenir conflitos e crises humanitárias, diante dos efeitos da crise hídrica gerada pelas mudanças globais, os países do mundo têm empreendido políticas públicas para proteger as reservas de água doce. Porém, no Peru, o comercialismo da mineração é promovido nas reservas de água doce, comprometendo a sustentabilidade da água que depende das geleiras dos Andes. Na pesquisa, determinamos a presença mineira autorizada pela administração pública em uma amostra significativa de montanhas nevadas com geleiras tropicais que concentram as principais reservas de água doce do país. Por meio de geoprocessamento e análise de dados espaciais de superfícies glaciais (imagens de satélite e cadastro de mineração) e verificação in situ, foi descoberto que entre 70 a 100% da superfície glacial foi legal ou ilegalmente posicionada por atividade mineradora formal e informal, o que coloca em risco a sustentabilidade da água a médio e longo prazo. A promoção de políticas comerciais por parte da administração pública compromete e põe em risco a própria existência do Estado, ao atacar as reservas de água doce que representam um dos interesses vitais das gerações futuras e atuais.

Palavras-chave: Mineração, segurança hídrica, água, território.

1. Introducción

Las sequías y otros fenómenos naturales extremos, actualmente con el cambio climático, están causando el incremento de los índices de hambre, miseria, y problemas sociales que vulneran la seguridad nacional de los Estados, lo cual puede desencadenar conflictos interestatales en cualquier parte del mundo (Gleick, 2014; Postel, 2014; Lonergan, 2018). La economía del libre mercado, permite que las grandes corporaciones privadas creen escenarios que llevan a emprender políticas públicas para la privatización y la venta de fuentes de agua, bajo la hipótesis de la necesidad de una gestión eficiente de este recurso (Barlow y Clarke, 2017; Vargas-Huanca, 2017; Shiva, 2016), influyendo en la orientación mercantilista de las políticas públicas para la gestión hídrica en el Perú.

Los impactos sobre la seguridad ambiental desencadenados por el cambio climático, la escasez de recursos, los factores demográficos y las prácticas no sostenibles vienen cobrando fuerza y representan las amenazas más significativas a la seguridad multidimensional de un país (Vargas-Huanca, 2017; Galgano 2016). Los recursos hídricos como recurso vital y de particular importancia el agua dulce, es un recurso esencial para el cual no hay sustituto, y su cantidad es finita, y no se distribuye equitativamente en un sentido espacial (Lonergan, 2018; Galgano, 2016; Shiva, 2016). Hasta la actualidad, los conflictos sobre los recursos hídricos internacionales se han resuelto por medios cooperativos y los estados han confiado en la tecnología, el comercio y las soluciones diplomáticas (Galgano, 2016). Sin embargo, en los últimos años, el panorama de la seguridad ha cambiado profundamente, y la historia de la resolución cooperativa del conflicto del agua ya no es una guía confiable para el futuro. Los países donde estas estrategias ya son escasamente viables están en Medio Oriente y África; ahí las sequías y la contaminación ambiental han degradado los medios de subsistencia de la población humana (Vargas-Huanca, 2017; Galgano, 2016), generando una crisis humanitaria

con impacto en el desplazamiento demográfico que amenaza a los países del sur de Europa, elevando los índices de refugiados provenientes de estados fallidos de África y Medio Oriente Asiático.

El cambio climático y los desastres naturales son considerados como eventos disruptivos, ya que aumentan el riesgo de brotes de conflicto armado en países étnicamente fraccionados, esta hipótesis fue comprobado por Schleussner et al. (2016) mediante el análisis de coincidencia de eventos, sobre la base de los datos sobre los brotes de conflicto armado y desastres naturales relacionados con el clima para el período 1980-2010. Sus resultados muestran que la tasa de coincidencia es del 9% en relación con un brote de conflicto armado y la ocurrencia de sequías, durante ese período aproximadamente el 23% de brotes de conflictos en países étnicamente fraccionados tiene una robusta coincidencia con las calamidades climáticas. Esto tiene implicaciones importantes para las futuras políticas de seguridad ya que varios países de regiones como África, Asia y Latinoamérica son propensos a conflictos armados debido a su excepcional vulnerabilidad a la antropogénesis del cambio climático y caracterizado por profundas divisiones étnicas (Vargas-Huanca, 2017; Schleussner et al., 2016).

Según estudios de las Naciones Unidas (2016), en Latinoamérica durante las próximas décadas, el Perú será el país más afectado por desastres asociados al cambio climático. El país se ubica en el tercer lugar a nivel mundial entre los países más vulnerables y uno de los efectos serían sobre la sostenibilidad de recursos hídricos dándose sequías prolongadas (Vargas-Huanca, 2017b; IPCC, 2014). En Latinoamérica y en Perú, hasta hace algunas décadas, por causa de las profundas brechas de desigualdad social, se ha vivido guerras internas con cientos de miles de muertos debido a la persistencia de formas de vida sumamente inhumanas de tipo feudal (Vargas-Huanca, 2017b).

El Perú, al ser un país tropical ubicado al sur de la línea ecuatorial cuenta con el 71% de glaciares tropicales del mundo. Históricamente, los glaciares han sido el sostén fundamental de la actividad agrícola de montaña, por ende, de la vida en las comunidades y los pueblos, tanto hacia la costa del pacífico y los Andes, como hacia la vertiente amazónica (Sánchez, 2011). La valoración científica ancestral de factores climáticos, geológicos y ecológicos por parte de las comunidades indígenas de los Andes llevó a generar estrategias para la conservación de los ecosistemas de montaña, como los nevados, orientados a la sostenibilidad hídrica, detalles que se pueden obtener en diversos textos de los siglos XVI y XVII (Morlon, 1992). Sin embargo, con la colonización europea todas las estrategias de conservación de nevados indígenas han sido desintegradas, la vigencia de la estructura y modelos de política pública colonial se mantiene aún, negándose otras visiones distintas al paradigma mercantil de tipo medieval, siendo esta última promovido como enfoque en las políticas desde las instituciones públicas. En las universidades se está dando escasa importancia a los conocimientos indígenas para la sostenibilidad de ecosistemas de montaña y glaciares (Vargas-Huanca; 2020). Actualmente las escasas investigaciones referidas a los glaciares en el país interpretan como una amenaza o riesgo natural a estos ecosistemas; afectado por el calentamiento global por emisión de gases de efecto invernadero que produciría riesgos naturales (CONCYTEC, 2018), provocando según estas instituciones, la inevitabilidad de la pérdida de masa glaciar, la desaparición de los nevados en pocos años y el incremento de riesgos naturales a consecuencia de la desglaciación.

Tanto en Chile, Argentina y otros países de Europa y Asia no han asumido con la misma certeza la hipótesis de inevitabilidad de la desglaciación promovida por el IPCC (2013), los dos primeros países, basándose en estudios de sus propios expertos y centros de investigación, crearon un sistema de protección de glaciares, con la que actualmente vienen reduciendo el impacto antrópico en ecosistemas con masa glaciar. Argentina y Chile, con el sistema de

protección de glaciares que poseen, regulan y prohíben actividades mineras, petroleras, turísticas y deportivas sobre la superficie de los glaciares. Las empresas mineras que han vulnerado la sostenibilidad de los glaciares han sido suspendidas, multadas y en algunos casos, se han confiscado sus bienes.

En el caso de la minera canadiense Barrick, que se estableció legalmente sobre los glaciares del Sur de Chile desde hace algunos años, pero que con la aplicación de la Ley y el Sistema de Protección de Glaciares, ha sido suspendida y recibió una multa millonaria del Estado Chileno, esta misma empresa en el Perú obtiene una utilidad millonaria por la explotación de minerales en zonas de glaciares y montañas de los andes del Perú (OBAAQ; 2018). En el libro “Glaciares Andinos, Recursos Hídricos y Cambio Climático: Desafíos para la justicia climática en el Cono Sur” publicado en el 2012 ya se refiere a los indicios del impacto negativo de la actividad minera sobre la sostenibilidad de los glaciares en Argentina, Chile y Perú, que estaban provocando la retracción glaciaria con creciente e irreversible pérdida de la seguridad hídrica en los territorios y poblaciones locales indígenas de los andes.

En el Perú, aún se mantiene un escaso interés de las instituciones públicas para detener la destrucción de los glaciares, tanto en Argentina y Chile, ya existen sistemas de protección de los glaciares. En el Perú no hay marco normativo particular o especial para los glaciares, las cordilleras o las cabeceras de cuenca. La Ley General del Ambiente (Ley 28611, 13/10/2005), Ley de Recursos Hídricos (Ley 29338, 30/03/2009) o el Reglamento Ambiental para las Actividades de Exploración Minera (Decreto Supremo 020-2008-EM, 02/04/2008), son insuficiente para el abordaje de fenómenos tan complejos como son la desglaciación y los efectos del cambio climático sobre las poblaciones y los ecosistemas (Sánchez, 2011). La Ley sobre el Cambio Climático, actualmente en proceso de reglamentación, no aborda en específico la necesidad de conservación de glaciares ni las estrategias para reducir la vulnerabilidad de los glaciares tropicales. Existen normas como la Ley sobre Cabeceras de Cuencas, promulgada en el año 2017, que es considerada como un mito por las autoridades nacionales (Los Andes, 2018) y, además, esta norma no incluye el interés de proteger de forma obligatoria todas las reservas de agua dulce como los glaciares, sólo aquellas que estarían libres de explotaciones mercantilistas (OBAAQ, 2018).

Desde un enfoque geo sistémico, debemos considerar que el impacto a los glaciares tropicales por cualquier actividad antrópica con intensa radiación térmica más la radiación cósmica, es doblemente catastrófico en comparación con los glaciares polares. La posición perpendicular y la distancia de los glaciares tropicales respecto a la radiación solar o cósmica, además del sistema de movimiento rotacional y traslacional del planeta, hace más vulnerable a los nevados tropicales en el sistema solar debido a que no les permite contar con estaciones invernales que favorecerían el enfriamiento provocado tanto por la radiación cósmica y el efecto antrópico de las estaciones de verano, además de resistir la radiación térmica de origen antrópico del invierno. Por las razones antes explicadas, la vulnerabilidad de los glaciares tropicales es mucho mayor que en los glaciares polares.

Considerando las experiencias internacionales sobre los sistemas de protección de glaciares por ser estratégicos (reservas de agua dulce), y viendo que los glaciares de países tropicales son doblemente vulnerables que los polares, ya que el impacto de cualquier actividad antrópica sobre los glaciares tropicales acelera la fusión por radiación térmica incrementado por efecto cósmico y siendo aún más catastrófico ya que generaría sequías extremas afectando a la seguridad hídrica, y la seguridad nacional; entonces, surge la necesidad de conocer las amenazas que se han establecido durante los últimos años en estos ecosistemas que están poniendo en peligro la sostenibilidad ambiental, hídrica y la seguridad nacional en el Perú. Por

lo cual el objetivo de este trabajo de investigación es determinar la presencia de actividades antrópicas de alto efecto térmico como son la explotación minera en cuatro nevados con glaciares tropicales usando imágenes Landsat y Sentinel 2A.

2. Métodos y materiales

Zona de estudio. - Se seleccionó un número representativo de nevados con glaciares tropicales de cuatro puntos geográficos distintos del Perú (extremo norte, extremo sur, oeste central y extremo este), tomando como referencia los nevados incluidos en el Inventario Nacional de Glaciares de la Autoridad Nacional del Agua; Apolobamba, Ticlla, Huallanca y Barroso, las cuales están ubicados en distintas latitudes del territorio nacional.

El nevado Huallanca (altitud 5,675 m.s.n.m.), se ubica en la cordillera occidental de los Andes del Norte del Perú, entre los paralelos 9°52' - 10°3' latitud sur y 76°58' - 77°6' longitud oeste, su eje estructural se extiende con 19 km en dirección Noroeste. Esta pequeña cordillera se localiza en el departamento de Ancash y Huánuco. En la cordillera Huallanca se origina el río Pativilca por la vertiente del Pacífico y por la vertiente del Atlántico las aguas de los glaciares drenan al río Marañón. La sostenibilidad de este sistema glaciar garantiza la disponibilidad de agua para las principales ciudades y poblaciones rurales de la región Ancash y Huanuco, además favorece el mantenimiento de ecosistemas de montaña con alta biodiversidad en el centro del país.

El nevado de Ananea (altitud 5,500 m.s.n.m.), forma parte de la cordillera Apolobamba, que cubre territorio peruano y boliviano, y se encuentra localizado dentro de las cordilleras de los Andes Centrales y Sur del país, en el departamento de Puno, entre las coordenadas 14°25' - 14°44' de latitud sur y 69°13' - 69°32' de longitud oeste, se extiende con una longitud lineal aproximada de 40 km, desde la frontera con la Republica de Bolivia hasta las inmediaciones de la cordillera Carabaya. Además, La cordillera Apolobamba es la divisoria de aguas entre las cuencas hidrográficas del Atlántico y del Lago Titicaca. Por la vertiente noreste, drena hacia el río Huari Huari, que es un tributario del río Inambari. Por el flanco sur sus aguas fluyen hacia el Lago Titicaca por medio de los ríos Carabaya por una parte y Trapiche hacia el sur.

El nevado de Ticlla está ubicado a 5100 msnm de altitud, entre las coordenadas geográficas 12°13'48"-12°15'00" de latitud sur y 75°58' - 75°57' de longitud oeste en la cabecera de la cuenca del río Cañete, al nor-oeste. El nevado forma parte del ramal occidental de la Cordillera Central, hidrográficamente pertenece a la vertiente del Pacífico, el flujo hídrico producto de la fusión glaciar drena o escurre hacia la cuenca del río Cañete y la subcuenca Ticllacocha. La sostenibilidad de este glaciar garantiza ya por muchos siglos la disponibilidad de agua para las principales ciudades y poblaciones rurales de la región de Lima donde se concentra un tercio de la población nacional y se encuentra la ciudad capital del Perú, además de regiones como Junín.

El nevado Barroso (altitud 5,815 m.s.n.m.), se encuentra a 49 kilómetros al noreste de la ciudad de Tacna. Está comprendido entre los 16° 41' y 17° 37' de latitud sur, y los 69° 45' y 70° 40' de latitud oeste, atravesando los departamentos de Tacna (Provincias de Tacna, Tarata y Candarave) y Moquegua (Provincia Mariscal Nieto). Se extiende desde la margen izquierda del río Tambo en Perú hasta la frontera con Chile. La sostenibilidad de este glaciar garantiza por miles de años la disponibilidad de agua para las principales ciudades y poblaciones rurales de la región Tacna, Puno y Moquegua, además favorece el mantenimiento de ecosistemas de montaña con alta biodiversidad del sur del Perú.

Imágenes y procesamiento.- Se ubicaron los 4 nevados en la base de datos del MINAM, luego se identificaron las imágenes satelitales que contiene la información espacial en la base de datos

de la United States Geological Survey (USGS-NASA), descargándose dichas imágenes satelitales en formato TIFF de LandSat 8 OLI y Sentinel 2A de las zonas de glaciares en estudio (según viabilidad espectral), para conocer la presencia de riesgos antrópicos se realizó geoprocesamiento de la información espacial de la zona glaciar (raster) y la sobreposición de derechos mineros otorgados por INGEMET (vectorial). Se obtuvo el archivo en formato vectorial de superficies destinadas a la exploración y explotación por entes privados según el catastro minero de INGEMET. La superposición de actividades mineras sobre la superficie glaciar se realizó mediante la unión de capas ráster de imágenes satelitales LandSat 8 OLI y Sentinel 2A (formato TIFF) y la capa vectorial (formato shape) de catastro minero de GEOCATMIN de INGEMET. La cantidad de derechos mineros autorizados por el Ministerio de Energía y Minas se obtuvo de la cartografía del catastro minero del Portal de la Infraestructura de Datos Espaciales del Perú y del GEOCATMIN del INGEMMET, la validez y la fiabilidad de ambos datos tanto ráster y vectorial han sido constatados con la exploración en situ, con visitas a las zonas glaciares durante el mes de septiembre del 2017 hasta abril del 2018. Para geo-procesado de imágenes obtenidos y su análisis se empleó QuantumGIS y sus complementos.

Análisis de datos.- Previamente se ha realizado la revisión bibliográfica referente a la seguridad hídrica y desglaciación, así como obtención complementaria de información local de pobladores de las comunidades indígenas circundantes a la zona glaciar. Entrevistas y discusión con expertos indígenas del Instituto de Investigación y de Revaloración de Culturas Indígenas y Organización de Bases Aymaras, Amazónicas y Quechuas del Perú. Proceso de análisis y discusión entre autores y expertos interdisciplinarios en el tema (ciencias ambientales, seguridad y defensa, forestales, agronomía, climatología, entre otros).

3. Resultados

Los resultados muestran que en los últimos años en los cuatro nevados estudiados se han establecido actividades de exploración y explotación minera con alto impacto térmico sobre los glaciares, y con escasa presencia de las instituciones del Estado encargadas de fiscalización y control de la calidad ambiental, por lo que los tipos de explotación minera presentes sobre estos ecosistemas van desde la gran minería, y la minería informal hasta minería ilegal. Estos tipos de minería, con el uso de energía por combustión en cualquiera de sus formas para la extracción del mineral, aumentan la concentración de calor y por ley de la termodinámica eleva la temperatura de la zona glaciar acelerando con ello el proceso de desglaciación. Así mismo, aumentan el nivel de desglaciación, no sólo por causa de una elevada radiación calorífica que emite los diversos procesos industriales y tecnológicos mineros tanto en la etapa de exploración como en la explotación, sino también la presencia de actividades antrópicas directa e indirectamente relacionados a la minería lo cual repercute drásticamente en la caída de la sostenibilidad de la masa glaciar. A continuación, describimos y presentamos los resultados de cada uno de los 4 nevados analizados:

Obtención y procesamiento de la información espacial del nevado Huallanca; El estudio espacial de este glaciar, luego de la integración de capas ráster de superficie glaciar en formato TIFF obtenido en el inicio de la temporada seca (junio 2016) y la capa vectorial de la cartografía de catastro minero en formato shape de (julio 2018), se presenta en la Figura 2. La superficie glaciar determinada es de 9.7 km² (> 7 km² según ANA, 2014), y la cobertura de derechos mineros otorgados es del 100% de nevado, lo que pone en riesgo la sostenibilidad de la seguridad hídrica de más de 100 comunidades locales y más de 20 ciudades tanto en la vertiente del pacífico y el atlántico de la región de Ancash y Huánuco.

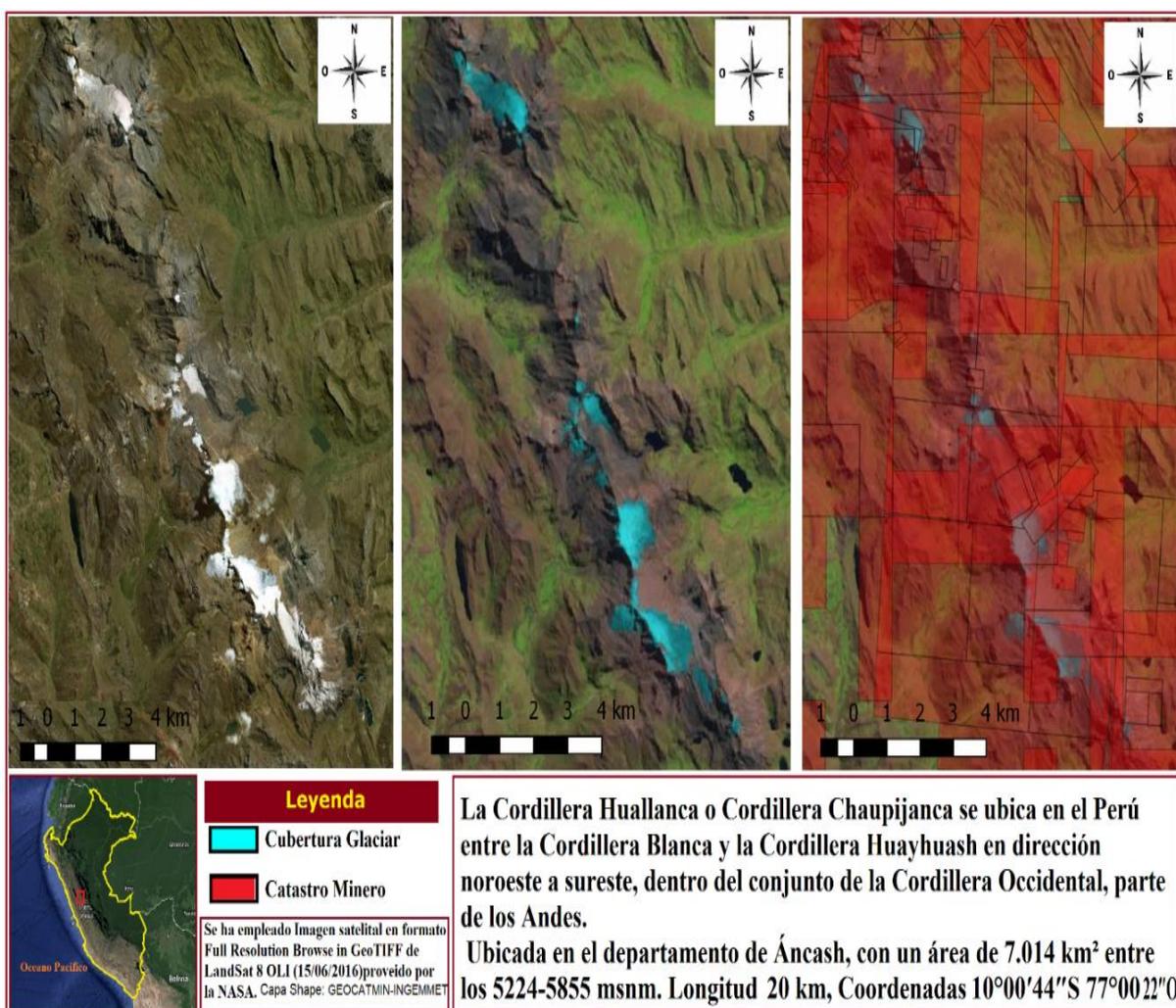


Figura 1.- Nevado Huallanca y unión de capas con catastro minero sobre glaciares.

Se presenta tres mapas; la primera muestra la superficie del glaciar Huallanca en vista natural, el segundo formato Geo Tiff obtenido de Landsat 8 OLI, el tercero nos muestra la cobertura de los derechos mineros sobre el glaciar Huallanca otorgados por el Ministerio de Energía y Minas a entes privados para su exploración y/o explotación

Obtención y procesamiento de la información geográfica del nevado Ananea; La sostenibilidad de este sistema glaciar garantiza la disponibilidad de agua para las principales ciudades y poblaciones rurales de la región de Puno y Madre de Dios, y hasta tres departamentos del Estado Plurinacional de Bolivia, además favorece el mantenimiento de ecosistemas de montaña con alta biodiversidad en el altiplano puneño, como la meseta del Collao, zona de origen de especies de la agrobiodiversidad autóctona de alto valor funcional y nutricional (Vargas-Huanca, 2015). El estudio espacial de este glaciar, luego de la integración de capas ráster de superficie glaciar en formato TIFF obtenido a finales de la temporada seca (septiembre 2017) y la capa vectorial de la cartografía de catastro minero en formato shape de julio de 2018, se presenta en la Figura 3. La superficie determinada es de 48.5 km² (45.2 km² según ANA, 2014), y la cobertura de derechos mineros otorgados es al 100% de nevado que pone en riesgo la sostenibilidad de la seguridad hídrica de más de 100 comunidades locales y más de 20 ciudades tanto en la vertiente del Titicaca y el Atlántico (IIRCI, 2018).

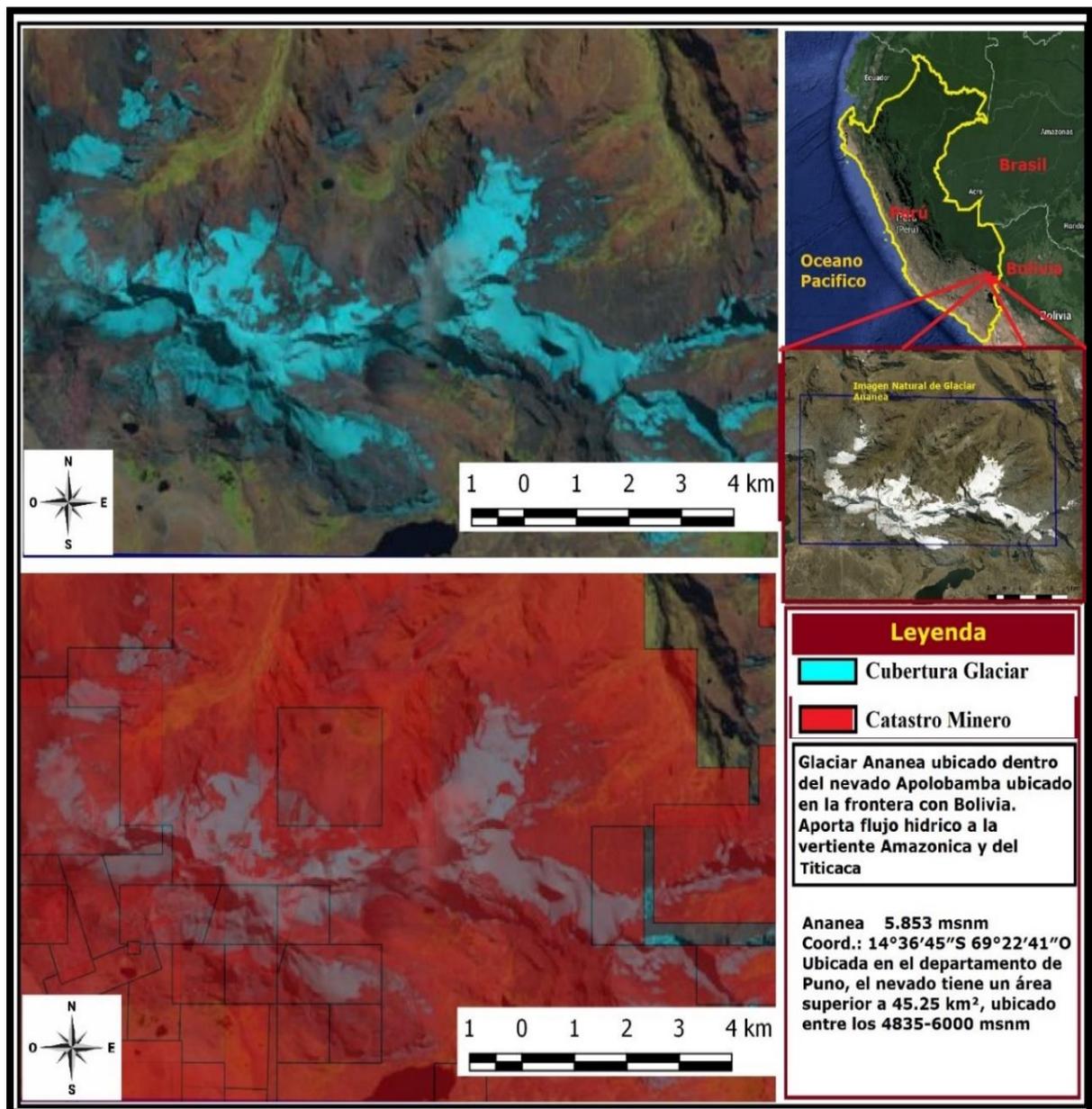


Figura 2 Nevado Ananea y unión de capas con catastro minero sobre glaciares.

Imagen Nevado Ananea (derecha) sobreposición de catastro minero (izquierda). Se presenta dos mapas; la primera muestra la superficie del glaciar Ananea en formato Geo TIFF obtenido de LandSat 8 OLI, el segundo muestra la cobertura de los derechos mineros sobre el nevado de Ananea otorgados por Ministerio de Energía y Minas a entes privados para su exploración y/o explotación.

Obtención y procesamiento de la información espacial del nevado Ticlla; El estudio espacial de este sistema glaciar, luego de la integración de capas ráster de superficie glaciar en formato TIFF y la capa vectorial de la cartografía de catastro minero en formato shape, observamos en la Figura 4, que de una cobertura de 86 km², el 70% de la superficie glaciar está amenazada por flujo térmico minero, lo cual puede tener repercusiones catastróficas en las próximas décadas para más de un tercio de la población peruana, asentada en la región Lima.

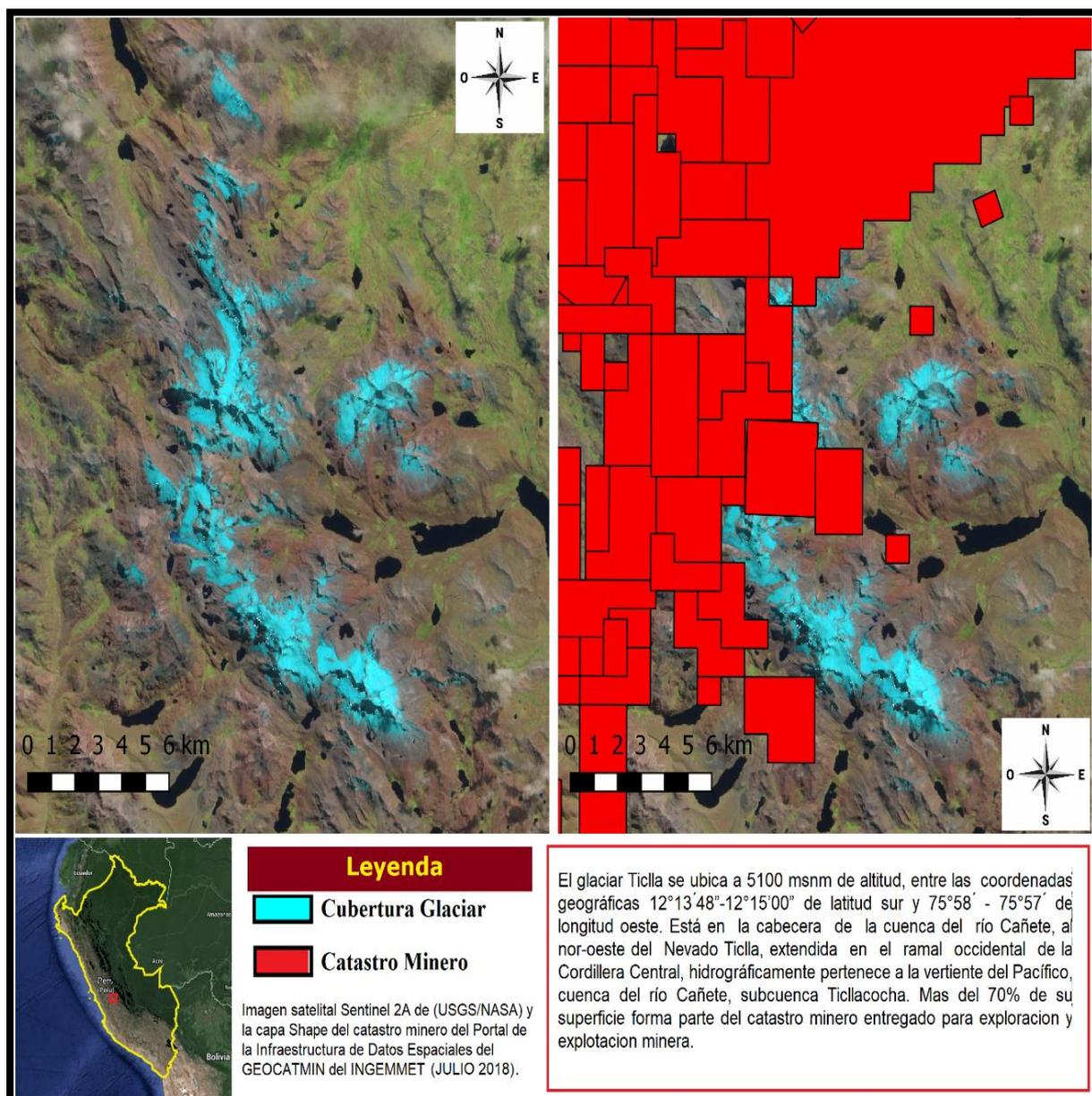


Figura 3. Nevado Ticlla y unión de capas con catastro minero sobre glaciares.

Nevado Ticlla (derecha) y Cubertura de catastro minero sobre glaciares (izquierda). Se presenta dos mapas; la primera muestra la superficie del glaciar Ticlla en formato Geo TIFF obtenido de LandSat 8 OLI, el segundo muestra la cobertura de los derechos mineros sobre el glaciar Ticlla otorgados por Ministerio de Energía y Minas a entes privados para su exploración y/o explotación.

Obtención y procesamiento de la información espacial del glaciar Barroso. El estudio espacial de este sistema glaciar, luego de la integración de capas ráster de superficie glaciar en formato TIFF y la capa vectorial de la cartografía de catastro minero en formato shape, observamos en la Figura 5. De una cobertura total de 42.6 km², el 75% de la superficie glaciar está amenazada por flujo térmico minero, lo cual puede tener repercusiones catastróficas en las próximas décadas para Tacna, una de las regiones que tiene alto riesgo de estrés hídrico.

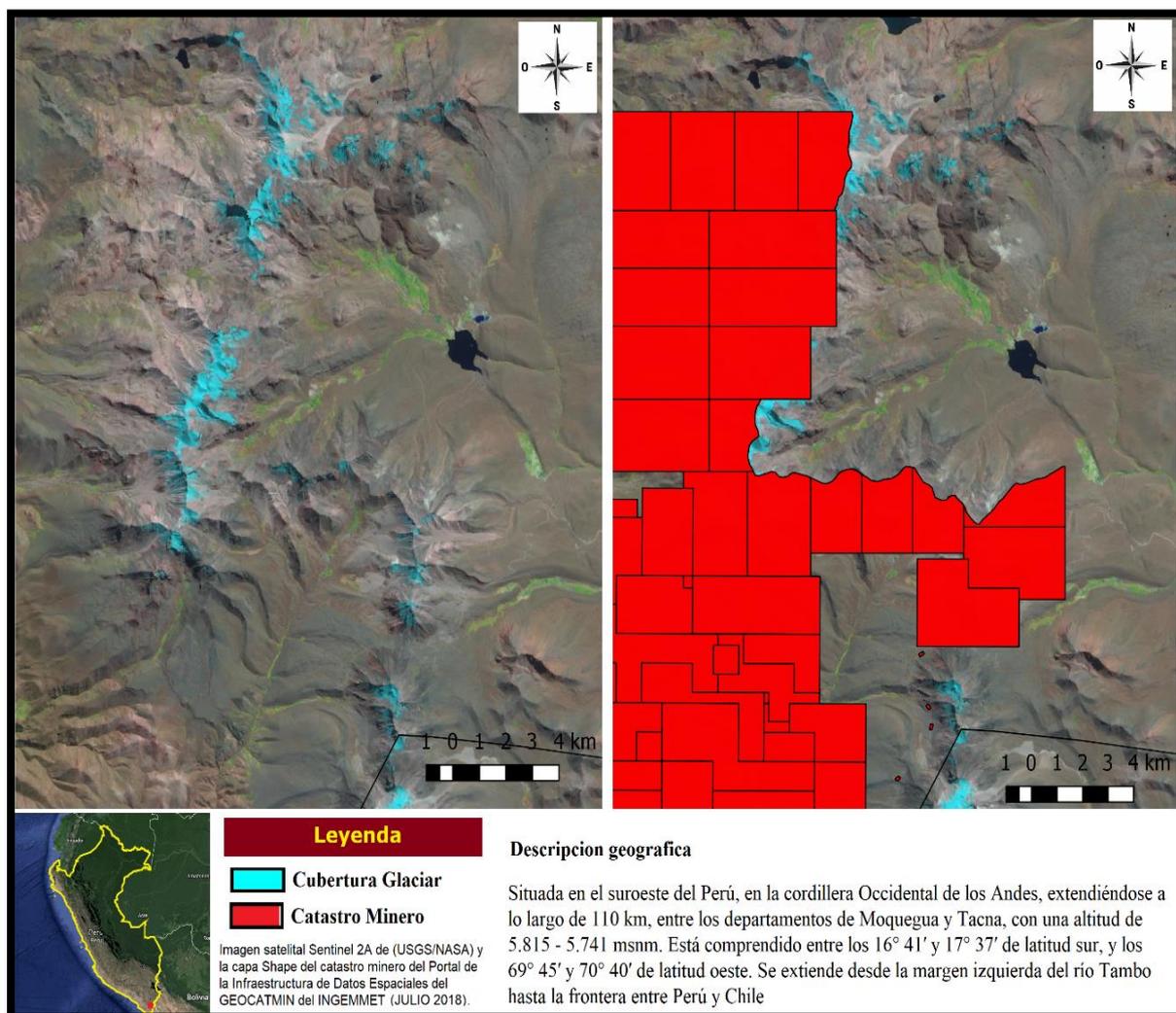


Figura 4.- Nevado Barroso unión de capas con catastro minero sobre glaciares

Superficie del nevado Barroso (derecha) y unión de capas de catastro minero/glaciares (izquierda) Se presenta dos mapas; la primera muestra la superficie del glaciar Barroso en formato Geo TIFF obtenido de Sentinel 2A MSI, el segundo muestra la cobertura de los derechos mineros sobre el glaciar Barroso otorgados por Ministerio de Energía y Minas a entes privados para su exploración y/o explotación.

4. Discusión

Los resultados nos muestran el fomento intensivo de iniciativas de políticas públicas mercantilistas que alientan el incremento de las actividades antrópicas en geografías que contienen reservas estratégicas de agua dulce nacional (glaciares), encontramos registros de derechos de exploración y explotación minera otorgados a entes privados que incluyen el 100% de la superficie glaciar del nevado Ananea, el 100% de la cobertura glaciar del nevado Huallanca o Chaupijanca, el 75% del nevado Barroso y el 70% del nevado Ticlla, las cuales están en proceso de destrucción. Además, los gobiernos de las últimas décadas han excluido del inventario nacional de glaciares de la Autoridad Nacional del Agua, numerosos glaciares ubicados en las cadenas de montañas de los Andes con potencial minero, según expertos de la Organización de Pueblos indígenas OBAAQ-Perú (2018), “para favorecer la inversión minera sobre los glaciares”.

La explotación minera en los glaciares (reservas de agua dulce) se promueve justificando la demanda del crecimiento económico, lo cual al tiempo de generar ingresos económicos se convierte en una importante fuente de conflictos sociales y, con ello, debilita la paz social ya que con la desglaciación se induce a la destrucción de los recursos de subsistencia de su población y de sus futuras generaciones (Vargas-Huanca, 2020). Aun cuando la ONU advierte que el Perú es el país más afectado por la crisis hídrica al 2030, y que las tendencias globales indican que la crisis hídrica a futuro incrementará la proliferación de conflictos armados (Galgano, 2016), las decisiones estatales para la explotación minera sobre los glaciares significarían la autodestrucción del Estado.

En los cuatro nevados analizados, el establecimiento de actividades económicas de alto impacto térmico provoca importantes alteraciones sobre los regímenes del flujo hídrico hacia las cuencas con poblaciones humanas, vulnerando gravemente la sostenibilidad hídrica y la seguridad nacional al generar riesgos naturales y a largo plazo escasez hídrica y sequías con efecto a la seguridad alimentaria regional y nacional. En los nevados estudiados, la actividad minera en comparación con otras actividades como la agricultura, el turismo o la ganadería, se caracteriza por una mayor emisión térmica al entorno, ya sea por empleo de tecnologías y maquinaria pesada, que demandan mayor uso de combustibles y energía eléctrica, como por el número de recursos humanos empleados en los yacimientos mineros que también liberan flujo de calor. En todos los casos, el incremento de la concentración de calor o energía de fusión sobre los glaciares aumenta el índice de deshielo, acelerando la desglaciación de los nevados reduciendo de esta manera las reservas de capa glaciar. Al incrementar la energía de fusión producida por la actividad minera, el derretimiento de mayor masa de hielo incrementa el flujo de agua líquida provocando la formación de lagos y lagunas generándose con ello riesgos naturales como avalanchas, derrumbes, deslizamientos, huaycos entre otros a corto y a largo plazo. Desde el enfoque multidimensional de seguridad, una vez agotadas estas reservas de agua se producirán escenarios de sequías severas, lo cual atenta contra la seguridad y los intereses nacionales del país entero en perspectiva hacia el futuro (Vargas-Huanca, 2017).

Inducir la destrucción de los glaciares, y las reservas de agua dulce asociadas, significa también renunciar u omitir la demanda de “sostenibilidad hídrica” o “seguridad hídrica”, pese a que es interés prioritario que está en la agenda de todos los países del mundo, promoviéndose en ellas medidas preventivas y de conservación de fuentes de reservas de agua dulce, mientras que en el Perú, la visión mercantilista de corte medieval de funcionarios y empresarios tiene prisa en sacar utilidades que pensar en la sostenibilidad del país (Vargas-Huanca et al, 2016).

En los ecosistemas de montaña con población humana y con nevados; además de haber aumentado la desglaciación, analizando la dinámica poblacional, se observa que ha incrementado el abandono de actividades económicas sostenibles como la agricultura de montaña, la selvicultura, o la ganadería de camélidos sudamericanos y que, en su conjunto, renuncian a sistemas agroalimentarios autosuficientes, obligados a optar por la dependencia alimentaria en las ciudades a las cuales migraron. Si en los cuatro nevados se muestra que se han otorgado derechos mineros entre el 70 a 100% de su superficie, es altamente probable que en el resto de los glaciares a nivel nacional se tenga la misma situación, poniendo en riesgo la sostenibilidad y la seguridad hídrica de los más de 30 millones de peruanos asentados en la costa del Pacífico, en los Andes y la Amazonia, y una incierta y trágica situación de disponibilidad de agua dulce para las futuras generaciones.

Constatamos también que la imposición de la actividad minera en los Andes sobre estos

espacios no respeta el derecho internacional sobre la tierra y los territorios habitados por poblaciones indígenas de los Andes (OBAAQ, 2018; Vargas-Huanca, 2017a). Los habitantes de las comunidades indígenas rurales de las periferias de los glaciares en estudio confirmaron que no fueron consultados para el otorgamiento de derechos mineros, tal como exige el Convenio 169 de la Organización Internacional del Trabajo en su artículo 6 y la Ley de Consulta Previa del 2011; estas expresan que, para otorgar derechos a terceros deberá consultar a los pueblos interesados, mediante procedimientos apropiados, y en particular a través de sus instituciones representativas, cada vez que se prevean medidas legislativas o administrativas susceptibles de afectarles directamente. Las Consultas, en aplicación de este Convenio, deberían haberse efectuado de buena fe y de una manera apropiada a las circunstancias, con la finalidad de llegar a un acuerdo o lograr el consentimiento acerca de las medidas propuestas (Convenio 169/1989), lo cual nunca se han llevado a cabo (OBAAQ, 2018). En ese sentido, se ha llegado a tal punto de infravalorar las reservas de agua dulce vital para la vida, siendo esta actitud un ataque directo a los derechos de las etnias de los Andes y un atentado a las futuras generaciones de todo el país. Según Galgano (2016), en los próximos años presenciaremos un aumento en tres modos de conflicto, impulsados por la demanda de agua: la guerra étnica/racial posibilitada por el estrés ambiental y las tendencias demográficas; la guerra civil provocada por el estrés ambiental y el colapso económico; y las guerras interestatales de escala limitada. Las instituciones con competencias en la explotación de los recursos mineros, mediante la intervención de grupos empresariales, han empleado a las instituciones del Estado para emprender la entrega de recursos estratégicos en favor de las empresas, en su mayoría con nefastos antecedentes en el país y el mundo (OBAAQ, 2018). Estas inversiones no han tenido el mínimo interés por valorar el coste de oportunidad que perderá el país al renunciar a sus reservas estratégicas como los glaciares. Por otro lado, se ha generalizado la idea de “Perú país minero” aun cuando la historia de la minería en los países en vías de desarrollo en el mundo está llena de trágicos y nefastos resultados ambientales, debido a la escasa responsabilidad social y ambiental, además de un alto costo que demanda ser ambientalmente eficientes, hoy sigue extendiéndose en superficie y dejando territorios con crisis y degradación ambiental, (Vargas-Huanca, 2017b; Pérez, et al 2015) una tendencia visible de autoatentado nacional por parte de las instituciones del Estado.

La pérdida del interés de algunos funcionarios y empresarios por conservar el territorio y los recursos de subsistencia, los ha llevado a adoptar una mentalidad autodestructiva y depredadora al entregar las reservas de agua dulce para la minería. Es inconcebible que tanto los funcionarios del Estado como los empresarios mineros, con capacidades económicas para lograr una gestión sostenible del recurso minero del Perú, sean cómplices de la destrucción de los recursos de subsistencia de las futuras generaciones y la seguridad nacional de un país como el Perú, conociendo que desde la ONU expertos en sistemas hídricos y cambio climático vienen advirtiendo que el Perú será el país más afectado por la escasez del recurso hídrico en toda Latinoamérica al 2030.

Una de las más grandes inversiones mineras transnacionales sumamente publicitadas en el país fue el Proyecto Minero “Hilarión” de la Compañía Minera Milpo. Esta se ha establecido sobre el nevado de Chaupijanca, sin importarle los potenciales efectos térmicos sobre los glaciares y la sostenibilidad hídrica de cientos de miles de peruanos de la región Ancash y Huánuco, además de la contaminación no sólo de las fuentes de agua sino también de los suelos, el aire y la biodiversidad, tal como ya sucede con la minera Bambas en la región Apurímac donde a costa de destruir y extinguir la biodiversidad acuática de los ríos apurimeños extraen millones de toneladas de mineral, sin importarte el descontento social y la contaminación ambiental en las comunidades locales. Esta historia se repite una y otra vez y se tiene antecedentes en África y Asia, donde la destrucción de medios de subsistencia de las futuras generaciones muchas

veces ante la negatividad de las Fuerzas Armadas, las empresas han creado sus propias fuerzas paramilitares que resguardan la explotación de minerales.

La minería formal e informal asentada sobre los glaciares del nevado Ananea en la región de Puno, cuentan con sus propias fuerzas de seguridad, incluso estos portan armas de guerra proveídos por las empresas exportadoras de minerales burlando las normas nacionales de uso de armas (OBAAQ, 2018). En la cordillera de Apolobamba que comprende parte del territorio peruano y boliviano existen zonas liberadas controlado por grupos armados (paramilitares). En esta zona no sólo el Estado es indeseado, aparte de destruir los glaciares, los impactos ambientales son comprobables a cientos de kilómetros hacia donde el caudal de los ríos arrastra los desechos y sustancias altamente peligrosas para la salud humana, generados por el empleo de contaminantes para la explotación como: cianuro, mercurio y otros (Pérez et al., 2015). También se contaminan los suelos y el agua tanto por el empleo de los elementos químicos nocivos como por la maquinaria pesada (DIREM, 2011). La minería en los glaciares de Ananea genera afluentes mineros que están siendo vertidos al medio ambiente con exposiciones significativas de cianuro libre (Pérez et al., 2015), afectando los recursos suelo y fuentes de agua. Otros estudios, han comprobado riesgos de la actividad minera informal a la salud pública de las poblaciones humanas establecidas en las cercanías del centro poblado la Rinconada, asentada en el entorno glaciar (Goyzueta & Trigos, 2009).

La minería sobre los glaciares del nevado de Ananea también contamina los ríos con residuos de aluminio, arsénico, hierro y manganeso en cantidades que superan los límites máximos establecidos para la calidad de agua de acuerdo con las normas vigentes, confirmada por el Ministerio de Energía y Minas (DIREM, 2011). Se ha llegado a tal punto que los ríos Crucero, Santa Rosa, Ayaviri, Pucará y Llalimayo tiene contaminación en la Categoría 3, según un monitoreo realizado por la Dirección de Gestión de la Calidad de los Recursos Hídricos de la Autoridad Nacional del Agua en el 2011 (ANA), lo que significa que sus aguas no son aptas para el riego de tierras destinadas a la agricultura, ni para abreviar a los animales (DIREM, 2011).

No existe en el mundo explotación minera de países en vías de desarrollo que no haya tenido consecuencias ambientales negativas en su entorno. Esta es la razón por la que los países desarrollados tienen altas exigencias de estándares de calidad ambiental o mantienen en reserva de modo indefinido sus recursos mineros en subsuelo, esperando que en el futuro se inventen tecnologías ambientalmente eficientes. La degradación no solamente es ambiental, también se da a nivel social. Desde la década de los 90, estos poblados tienen problemas de violencia callejera, alcoholismo, delincuencia y prostitución (Kuramoto et al., 2001; Luna, 2015), problemas propios de un tipo de sociedad con escasa identidad territorial, que ha migrado a la zona glaciar desde las ciudades de la región y del país. En la actualidad, los índices de delincuencia organizada, alcoholismo, asesinatos, trata de personas para la explotación sexual, violencia de género han incrementado notablemente a tal punto de ser calificado zona con alto índice de trata de personas (Luna, 2015 pp. 101-110; IIRCI, 2018,).

En el Perú no existe un marco normativo particular o especial para lograr la sostenibilidad de los glaciares, las actuales normas ambientales, son insuficientes para el abordaje de la desglaciación y ecosistemas de montaña (Sánchez, 2011), pero existen muchas propuestas de proyectos de inversión para la mitigación ecosistémica del retraimiento glaciar andino (Valdivia-Herrera, 2014), que las instituciones del Estado han optado por excluir su valoración dentro del plan de inversiones para la seguridad hídrica.

5. Agradecimientos

A las autoridades de la Agencia Ejecutiva de Educación Audiovisual y Cultura de la Comisión Europea - EACEA y los líderes de los países de la Unión Europea por el financiamiento del presente proyecto de investigación. A los coordinadores del Proyecto ELARCH del Programa Erasmus Mundus, Profesor Michelangelo Laterza de la Universidad degli Studi della Basilicata de Italia. Al profesor Javier Mosteiro, Luis Garrote y a Dolores Ajat de la Universidad Politécnica de Madrid de España. A los profesores de la Universidad de Córdoba por su valiosa contribución en la aplicación de sistemas y tecnologías de información geográfica.

6. Referencias bibliográficas

- ANA (2014); Inventario Nacional de Glaciares. Autoridad Nacional del Agua. Lima, Perú.
- Barlow, M., & Clarke, T. (2017); *Blue gold: the battle against corporate theft of the world's water*. Routledge.
- Camayo, T. C. (2018); Turismo sostenible ante retroceso glaciar, caso Huaytapallana, Junín. *Naturaleza y Sociedad*, 1(1).
- CAN (2012); Glaciares Andinos, Recursos Hídricos y Cambio Climático: Desafíos para la justicia climática en el Cono Sur”.
- Carey, M. (2014); Glaciares, cambio climático y desastres naturales. Ciencia y sociedad en el Perú, Lima, IEP e IFEA. 343 pp.
- CONCYTEC (2018); Coloquio sobre Riesgos Naturales 2018, organizado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Lima, Perú.
- Defensoría del Pueblo (2017); Distribución de Conflictos Socioambientales por Sector 2017. Lima, Perú.
- Del Castillo, L. (2015); Los Recursos Hídricos y la Seguridad Alimentaria en el Perú. *Debate Agrario*, (47), 77.
- DIREM (2011); *Plan de formalización de la Minería informal en la región Puno*. Jesús Álvarez Quispe, Dirección Regional de Energía y Minas Puno. Perú.
- Earls, J. (2009); Organización social y tecnológica de la agricultura andina para la adaptación al cambio climático en cuencas hidrográficas. *Tecnología y Sociedad*, 16(8), 13-32.
- FAO-OPS (2017); Informe “Panorama de la seguridad alimentaria y nutricional en América Latina y el Caribe 2017”, publicado por la FAO y la Organización Panamericana de la Salud (OPS). © Copyright Gestion.pe -Grupo El Comercio-
<https://gestion.pe/economia/fao-peru-tiene-100-mil-personas-mas-que-padecen-hambre-que-ocurrio-2202032>
- Galgano, F. A. (2016); Environmental Security and Trans-Boundary Water Resources. In *Military Geosciences and Desert Warfare* (pp. 169-189). Springer, New York, NY.
- García, J. (2017); Refugiados en el Cuerno de África.
- Ghotme Ghotme, R. A., Garzón Garzón, I. V., & Cifuentes Ortiz, P. A. (2015); Las relaciones internacionales de la guerra civil siria a partir de un enfoque regional: hegemonía y equilibrio en Medio Oriente. *Estudios Políticos*, (46).
- Gleick, P. H. (2014); Water, drought, climate change, and conflict in Syria. *Weather, Climate, and Society*, 6(3), 331-340.
- Goldstone, J. A. (2018); Demography, environment, and security. In *Environmental conflict* (pp. 84-108). Routledge.
- Goyzueta, G., y Trigos, C. (2009); Riesgos de salud pública en el centro poblado minero artesanal La Rinconada (5200 msnm) en

- Puno, Perú. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, 26(1), 41-44.
- IIRCI (2018); Aphas, Kuno Achachilas y sistemas ancestrales de gestión de nevados. Instituto de Investigación y de revaloración de Culturas Indígenas, Yunguyo. Perú.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2014); *Climate Change 2014—Impacts, Adaptation and Vulnerability: Regional Aspects*. Cambridge University Press.
- IPCC (2013); Informe para las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático 2016, del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.
- Kugelman, M. (2016); Why the India-Pakistan war over water is so dangerous. *Foreign Policy*.
- Kuramoto, J., y Desarrollo, G. (2001); La minería artesanal e informal en el Perú. Lima: Grupo de Análisis para el Desarrollo (GRADE).
- Lizarzaburu, J., Diehl, L., & Deza, J. (2016); El retroceso glaciar en la alta montaña de los Andes Peruanos. Caso: Santuario Nacional de Ampay, Apurímac. *Ciencia y Desarrollo*, 16(1), 5-16.
- Lonergan, S. C. (2018); Water and conflict: Rhetoric and reality. In *Environmental conflict* (pp. 109-124). Routledge.
- Los Andes (2018); Cabeceras de cuenca son un mito. Artículo periodístico <https://www.losandes.com.pe/Regional/20180802/116968.html>, revisado 03/08/2018
- Luna, E. (2015); La lucha del estado peruano contra el trabajo infantil y la trata de niños, niñas y adolescentes: Avances y desafíos. *Vox Juris*, 25(1).
- Martín, L., & Justo, J. B. (2015). Análisis, prevención y resolución de conflictos por el agua en América Latina y el Caribe.
- Merlinsky, M. G. (2017); Ecología política del agua y territorialización de las luchas sociales: la experiencia del foro hídrico de Lomas de Zamora. *Anthropologica*, 35(38), 119-143.
- Ministerio de Energía y Minas (2018); Catastro Minero a nivel nacional. MINEM. Lima, Perú.
- Morlon, P. (1992); De las relaciones entre clima de altura y agricultura de la sierra del Perú en los textos de los siglos XVI y XVII.
- OBAAQ, (2018); Aruskipawi, dialogo intercientifico entre investigadores indígenas en ciencias ambientales y forestales de la Organización de Bases Aymaras, Amazonicos y Quechuas del Perú. Yunguyo Perú.
- ONU (2016); Cambio Climático y la seguridad hídrica en Latinoamérica.
- Paredes, M., & Thorp, R. (2011); *La etnicidad y la persistencia de la desigualdad: el caso peruano*. Lima.
- Pérez, G., Coello, H., y Vilca, J. (2015); Determinación analítica por exposición a cianuro libre en afluentes mineros, planta artesanal poderosa Ananea—Puno. *Cátedra Villarreal*, 2(1).
- Rivera, R. V. (2008); *Seguridad multidimensional en América Latina*. Flacso-Sede Ecuador.
- Sánchez, E. P. (2011); Glaciares, cambio climático y actividades productivas: el caso de Perú. *Fundación Heinrich Böll*, 41.
- Schleussner, C. F., Donges, J. F., Donner, R. V., & Schellnhuber, H. J. (2016); Armed-conflict risks enhanced by climate-related disasters in ethnically fractionalized countries. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(33), 9216-9221.
- Shiva, V. (2016); *Water wars: Privatization*,

- pollution, and profit*. North Atlantic Books.
- Valdivia-Herrera R (2014); Proposal for ecosystemic mitigation of andean glacier retreatment Propuesta para la mitigación ecosistémica del retraimiento glaciar andino, ECI 2014.
- Vargas-Huanca D., (2016); Defensa Ambiental; desarrollo de investigación para el cambio climático. Pensamiento Conjunto, 2016 (2), 73- 81. Lima Perú.
- Vargas Huanca D., (2017a); Sistema de conocimientos aymaras para la sostenibilidad de la agro biodiversidad y protección ambiental en un contexto de crisis global. Tesis Doctoral. UAB, España.
- Vargas-Huanca D., (2017b); Desequi-librios entre Defensa y Desarrollo; Conflictos Armados y Degradación Ambiental. Pensamiento Conjunto, 2017 (3), 76-88. Lima Perú
- Vargas-Huanca, D., (2020); Estrategias de Defensa para la Seguridad hídrica y Desarrollo. Ciencia y Tecnología para la Defensa, 2020 (1), 5- 15. Lima Perú
- Ziegler, J. (2013). Destrucción masiva. Geopolítica del hambre. *Historia Agraria*, 59, 193-245.
- INGEMMET (2018), Mapa en web (WMS) del catastro minero segun estandares (Open Geospatial Consortium Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. <https://www.ingemmet.gob.pe/catastro-minero-google-earth>.
- USGS (2019) Datos de teledetección, imágenes satelitales (GloVis). <https://glovis.usgs.gov/>
- MINDEF (2017) Libro blanco Perú https://www.mindef.gob.pe/libro_blanco_mindef.php
- Bases de datos**
- GEOCATMIN del INGEMMET
- Infraestructura de Datos Espaciales del Perú, GeoIDEP del MINAM.
- United States Geological Survey (USGS), imágenes de satelitales Landsat 8 OLI y Sentinel 2A MSI de la NASA.
- Normas internacionales y nacionales**
- Convenio 169 de la Organización Internacional del Trabajo de 1989
- Ley sobre el Cambio Climático
- Ley de Protección de Glaciares de Argentina
- Ley de Protección de Glaciares de Chile
- Ley de Recursos Hídricos (Ley 29338, 30/03/2009).
- Ley General del Ambiente (Ley 28611, 13/10/2005).
- Ley Peruana de Consulta Previa de 2011.
- Ley sobre Cabeceras de Cuencas.
- Reglamento Ambiental para las Actividades de Exploración Minera (Decreto Supremo 020-2008-EM, 02/04/2008)