

Desglaciación, avalanchas y deslizamiento de tierras – dimensiones sociales

Mark Carey

Universidad de Oregón, USA

presentado en el Coloquio:

Ciencia y Sociedad: “Desastres naturales”; Investigación Científica y Marco Institucional de Acción

22 de marzo de 2018 - Biblioteca Nacional del Perú

CONCYTEC

Con el retroceso glaciario durante los últimos 150 años, las cordilleras peruanas han perdido una gran cantidad de hielo además de producir desastres letales de grande escala (Vuille et al. 2018; Carey 2014). La mayoría de los peruanos han escuchado, por ejemplo, del alud de 1970 que sepultó casi completamente la ciudad de Yungay al pie de la Cordillera Blanca. El alud originó del nevado Huascarán cuando un terremoto liberalizó parte del glaciar y la roca del fondo, los cuales se fueron por abajo matando a miles de habitantes. Reportajes de ese entonces estimaron 15,000 muertos, aunque investigaciones más recién han calculado el número a aproximadamente 6,000, una cantidad inmensa y trágica (Evans et al. 2009). Treinta años anterior, había un aluvión que provino de la laguna glaciario de Palcacocha encima de la ciudad de Huaraz. La inundación violenta destruyó un tercer parte de la ciudad, matando a 1,800 almas (Wegner 2014). Había otros desastres de origen glaciario alrededor de la Cordillera Blanca en Ancash: un aluvión en Chavín de Huantar en 1945 con aproximadamente 500 muertos, un aluvión de la quebrada Los Cedros que destruyó el central hidroeléctrico Cañón del Pato en 1950 y el alud de Huascarán en 1962 que sepultó la comunidad de Ranrahirca, entre varios otros eventos más pequeños (Carey 2014). Peor aún, los riesgos siguen hoy en día. Han instalado un sistema de alerta temprana en la laguna 513 encima de Carhuaz y están construyendo otro sistema de alerta temprana en la laguna Palcacocha más arriba de Huaraz. Las dos lagunas ofrecen ciertos niveles de peligro para comunidades e infraestructura al pie de los nevados.

Los glaciares y lagunas glaciares inestables y peligrosos que tiene Perú no son inusual en el mundo. Hay lagunas inestables en Chile y Argentina, Nepal tiene una historia dolorosa de aluviones, Rusia ha tenido avalanchas trágicas y muchos países de América del Norte a Europa y Asia han tenido que vivir y morir por los glaciares (Huggel et al. 2015). Sin embargo, ningún país ha sufrido a raíz de los glaciares más que el Perú. Por lo menos, los científicos e ingenieros han hecho mucho contra los riesgos glaciares en el país. Perú tiene mucha experiencia adaptándose al cambio climático y reduciendo el riesgo de desastres glaciares, principalmente alrededor de la Cordillera Blanca y en el Callejón de Huaylas. Podemos aprender mucho de ésta historia de 75 años de adaptar frente los peligros del retroceso glaciario.

La Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos y, más recién, el Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM), han hecho proyectos importantes para

estudiar los glaciares, monitorear las lagunas glaciares y reducir el riesgo de desastres glaciares a través de obras de seguridad en las lagunas peligrosas o inestables. El gobierno central creó, en 1951, la Comisión de Control de Lagunas de la Cordillera Blanca, lo que más tarde llegó a ser la Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos que tenemos hoy en día. Desde 1951, la Comisión intentaba adaptar al cambio climático a través de la ciencia, ingeniería y la tecnología, enfocando principalmente en los proyectos de seguridad que desaguaban 35 lagunas peligrosas de la Cordillera Blanca. Esas obras importantes salvaron las ciudades, comunidades e infraestructura del Callejón de Huaylas, tal como Huaraz en 1959, Huallanca y otros pueblos del Callejón de Huaylas en 1970, Carhuaz en 1991, Huaraz en 2003 y Carhuaz nuevamente en 2010 – porque en cada ejemplo originaron desbordes de las lagunas que no llegaron a ser aluviones trágicos, gracias a las obras hecho por los expertos en glaciología y a pesar de grandes poblaciones en cuencas abajo de las lagunas (Carey 2014). Los ingenieros peruanos que han tabajado en glaciología –como Alcides Ames, Benjamín Morales, César Portocarrero, Marco Zapata, Marino Zamora, Jesús Gómez, Nelson Santillán y Alejo Cochachin, entre muchos otros—son expertos para la adaptación al cambio climático y el retroceso glaciar no solo en el Perú sino al nivel mundial. Han desarrollado estrategias para adaptar al crecimiento de las lagunas glaciares peligrosas, evitando aluviones y protegiendo poblaciones humanas.

Sin embargo, hay obstáculos y desafíos que han limitado los éxitos para lograr adaptar al cambio climático. La Unidad de Glaciología y el INAIGEM no tienen recursos suficientes para dirigir programas y proyectos de adaptación que incluyen obras de seguridad. Es un problema de la política, no de la naturaleza ni el técnico. En este momento, la laguna Palcacocha tiene más agua que tenía en 1941 cuando produjo el aluvión mortal que mató a 1,800 huaracinos (Emmer, Vilímek, and Zapata 2016; Rivas et al. 2015; Somos-Valenzuela et al. 2016). Han instalado unos tubos de sifonaje durante los últimos años, pero no es suficiente para asegurar y controlar la laguna como una obra permanente, lo que hicieron en otras lagunas anteriormente cuando el gobierno central contó con el personaje técnica y entregó recursos y fondos a la Unidad de Glaciología. El obstáculo hoy en día, en otras palabras, es la política y la entrega de dinero para hacer la obra de seguridad en la laguna Palcacocha, no por la falta de tecnología ni la ausencia de conocimiento.

Además, los habitantes de las zonas de riesgo al pie de la Cordillera Blanca se enfrentan muchos riesgos, no solamente los de aluviones y avalanchas (Oliver-Smith 1999). Muchos piensan diferente, posean otro conocimiento e identifican riesgos distintos comparado con los ingenieros y políticos que toman decisiones. Los habitantes clasifican y responden a varios riesgos dados sus condiciones socioeconómicas, sus perspectivas y valores, el contexto político y las relaciones sociales, especialmente su marginalidad en la escala nacional y regional. Mientras los científicos investigan los glaciares y los ingenieros piensan en la seguridad de las lagunas glaciares, los ancashinos enfocan en sus cosechas, el acceso al trabajo, la educación de sus hijos y su salud, entre otras cosas. En Huaraz, por ejemplo, miles de personas han construido casas en la zona de peligro, tal como Centenario y Nueva Florida, donde un aluvión de Palcacocha (y otras

lagunas) inundaría sus hogares y comunidades. Viven en Nueva Florida por varios motivos, tal como el precio bajo de terreno y el acceso al empleo, la educación y los mercados, entre otros factores. Para esas habitantes, perciben que el riesgo asociado con el cambio climático y las lagunas glaciares no es tan importante o urgente comparado con su vida cotidiana. O, es posible que no pueden escoger otro sitio por su falta de recursos y dinero. Un programa de adaptación al cambio climático o para reducir el riesgo a los desastres naturales debería tener en cuenta todos los riesgos no solo el riesgo glaciar. Sabemos muy bien que las poblaciones más ricas, las con más igualdad y menos racismo y pobreza, frecuentemente con más opciones de medios de subsistencia y empleo, son menos vulnerables frente el cambio climático y los desastres naturales.

A pesar de reconocer la geografía social de desigualdad y vulnerabilidad, tendemos a abordar el problema de desastres ambientales enfocando principalmente en las condiciones y procesos medioambientales—es decir, en el clima, los glaciares, las lagunas, las placas tectónicas, la hidrología, la precipitación, las heladas, etc. Ha pasado al menos de tres décadas desde que los investigadores comenzaron conceptualizar desastres como social, no natural (Lavell and Franco 1996; Maskrey 1993; Taype R. 1979). Como dice Maskrey (1993), <<los desastres no son naturales.>> Ya sabemos que el riesgo cuenta con dos aspectos generales: el peligro de la naturaleza y la vulnerabilidad de la sociedad. Sin embargo, la gran mayoría de las investigaciones y planificaciones para reducir el riesgo enfocan en la naturaleza, la ciencia e ingeniería sin dedicar tanta esfuerzo estudiar las condiciones sociales y de la vulnerabilidad humana. Entendemos que los desastres no son naturales, pero las investigaciones sí son enfocados en la naturaleza para que aprendamos más sobre las condiciones meteorológicas del fenómeno El Niño que la vulnerabilidad de la población de la costa, por ejemplo. Si hablamos de las inundaciones del río Rimac, pensamos primero en el caudal del río, la hidrología y las condiciones atmosféricas, y menos en la geografía humana del riesgo, la historia del racismo, desigualdad y pobreza a través de Lima. Tendemos pensar menos en la antropología, sociología e historia para entender los desastres, sin apoyar estudios y proyectos de investigación que preguntan ¿Cómo han llegado a ser vulnerable ciertos sectores de la población? Construimos diques artificiales, instalamos sistemas de alerta temprana, medimos el caudal del río y ofrecemos pronósticos del tiempo. Pero no nos preguntamos tanto ¿Quién está en peligro y, más urgente, por qué? Hay pocos fondos para investigar desde las ciencias sociales y humanidades, menos aún considerar el conocimiento tradicional y colaborar con comunidades locales para la disminución del riesgo. La ciencia y la ingeniería son importantísimo para luchar contra los desastres, pero hasta que tenemos en cuenta e investigamos y planificamos iguales entre los peligros de la naturaleza y la vulnerabilidad humana, vamos a continuar conceptualizar los desastres como natural, no social como la literatura actual recomienda.

Necesito insistir que, obviamente, no estoy contra la ciencia y la ingeniería porque las dos reduzcan el nivel de riesgo dramáticamente. Mi libro (Carey 2014), por ejemplo, es en algunos sentidos una celebración de la historia extraordinario de los ingenieros y científicos peruanos que

han trabajado en la Cordillera Blanca para reducir el riesgo de aluviones y avalanchas. Recordando los dos aspectos del riesgo (los peligros ambientales y la vulnerabilidad humana) es obvio que necesitamos entregar recursos económicos y dedicar recursos humanos a los científicos e ingenieros, además de los institutos, agencias, universidades y ONGs para investigar, evaluar, predecir, monitorear e intentar controlar los peligros ambientales. Como mencionó más arriba, la historia de controlar peligros glaciares en la Cordillera Blanca tenía mucho éxito, especialmente relacionado con las obras de seguridad en 35 lagunas glaciares. Es más, la población local en muchos casos quería tener más obras de seguridad para su protección contra el retroceso glaciar. El control de lagunas fue la medida de control preferible para la mayoría de los ancashinos desde los años 40. Es mucho más fácil drenar una laguna que reubicar una ciudad situada en la zona de inundación. Si pueden identificar el peligro de un aluvión y eliminarlo a través del drenaje de una laguna y la construcción de diques artificiales, los técnicos pueden disminuir el riesgo a su fuente, en la laguna glaciar. Ésta medida es muy importante, especialmente dado la historia de evitar y protestar contra las leyes que prohibía la construcción de casas dentro la zona aluviónica de Huaraz. Después del aluvión de 1941 y el terremoto de 1970, las autoridades prohibían reconstruir dentro de la zona aluviónica, el espacio donde pasó el aluvión de 1941 que podría ser inundado en el futuro. En los dos casos, la población huaracina rechazó dichos planes de prohibir la construcción dentro la zona aluviónica, lo cual subraya la importancia de las investigaciones científicas sobre los glaciares, el monitoreo de los glaciares y lagunas glaciares y las obras de seguridad hechos por los ingenieros en las lagunas glaciares nuevas y inestables a través de la Cordillera Blanca.

Sin embargo, solo hacer estudios científicos y cumplir obras técnicas es insuficiente para reducir el riesgo porque ignora los factores que generan la vulnerabilidad humana que también son parte de la conceptualización de desastres que no son naturales. En primer lugar, la ciencia y la ingeniería tienen sus contextos políticos, económicos, sociales y culturales. En la Cordillera Blanca, por ejemplo, el gobierno creó una oficina dedicada al control de lagunas peligrosas en 1951, después del aluvión de Los Cedros que destruyó la central hidroeléctrica Cañón del Pato en vez de establecerla después del aluvión de 1941 que mató a casi 2,000 huaracinos o el aluvión de 1945 que destruyó parte de la ciudad y las ruinas de Chavín de Huantar, matando a aproximadamente 500 personas. Puede indicar que la infraestructura fue más valiosa al gobierno central que las vidas humanas, aunque no es tan simple ponerlo en términos así. El gobierno central quería desarrollar el Cañón del Pato porque iba a apoyar la expansión del puerto de Chimbote, la siderúrgica y minería ancashina, la irrigación de la costa y el ferrocarril entre la costa y la sierra. Las decisiones tomadas en Lima para establecer en 1951 la Comisión de Control de Lagunas de la Cordillera Blanca para prevenir los aluviones de lagunas glaciares fueron basados fundamentalmente en la política y economía nacional.

Vemos actualmente otro ejemplo de la influencia política en la ingeniería y la ciencia relacionado con las obras de seguridad para proteger a la población del Callejón de Huaylas. Hace aproximadamente 10 años, los científicos descubrieron que la laguna Palcacocha tiene más agua

que tenía en 1941 cuando produjo el aluvión mortal que mató a 1,800 huaracinos. Han instalado unos tubos de sifonaje durante los últimos años, pero no es suficiente para asegurar y controlar la laguna como una obra permanente—o sea, una obra similar a las obras de seguridad realizadas anteriormente, cuando el gobierno central contó con, y entregó, recursos y fondos para la Unidad de Glaciología. Hoy en día, la Unidad de Glaciología y el INAI GEM no tienen recursos suficientes para dirigir programas de adaptación que incluyen obras de seguridad. Además, por las últimas dos décadas, la Unidad de Glaciología ha podido dedicar muy pocos recursos a las obras de seguridad, enfocando solamente en los estudios y el monitoreo, sin capacidad ni permiso hacer obras técnicas para proteger a la población. Desde la descentralización del Estado a partir de la presidencia de Toledo, ha sido una división de responsabilidad para reducir el riesgo frente los peligros glaciares de la Cordillera Blanca. La Unidad de Glaciología sigue con el monitoreo e inventarios de glaciares y lagunas glaciares, el INAI GEM está haciendo estudios e investigaciones y la Defensa Civil está trabajando en las comunidades. Además, hay instituciones regionales y municipalidades involucrado, principalmente para hacer obras de seguridad en Palcacocha. Hay un cierto nivel de confusión institucional comparado con décadas anteriores cuando había una sola oficina del gobierno central encargada de los estudios, el monitoreo y las obras de seguridad. La falta de acción en la laguna Palcacocha es, en otras palabras, un problema de la política, no de la naturaleza ni el técnico. Es decir: la ingeniería y ciencia son basados hasta ciertos puntos en la política porque el gobierno tiene que dedicar (o no dedicar) recursos para investigar, monitorear y controlar los riesgos. Encima de todo, y para hacerlo más compleja aun, el problema de Palcacocha es últimamente causado por las empresas multinacionales y los países del Norte que han contribuido al cambio climático global a través de la contaminación atmosférica que ha resultado con el retroceso glaciar y el crecimiento de la laguna glaciar de Palcacocha. Las emisiones también son parte de la política y la economía internacional, demostrando otra vez la necesidad de conceptualizar los desastres como desastres sociales y no naturales.

Además de entender las dimensiones políticas de la ciencia e ingeniería, es importante también reconocer que otras formas de conocimiento existen y pueden ayudar o desafiar la reducción del riesgo. Una manera de avanzar frente el cambio climático y los desastres ambientales es reconocer y aprovechar del conocimiento local. Hay muchos estudios que discuten el uso del conocimiento tradicional como forma de entender el clima y adaptar al cambio climático (Mujica Bermúdez 2017), además de otras investigaciones que analizan o proponen formas de integrar el conocimiento tradicional con las ciencias naturales (Ford et al. 2016). Son temas importantes y el conocimiento tradicional es muy útil para las poblaciones que poseen ese conocimiento, especialmente cuando necesitan construir sus casas fuera de zonas de peligro, asegurar que sus cosechas tienen éxito y proteger sus familias de fenómenos como El Niño, terremotos, sequías, heladas, huacos y otros eventos. Sabemos que las sociedades andinas y peruanas siempre han tenido que adaptar a una zona difícil para vivir – una zona de altura, pendiente y con la escasez de agua. Han tenido que construir las terrazas agrícolas, desarrollar sistemas de explotar y trasladar el agua y aprovechar de varios pisos ecológicos a través de los sistemas

sociales como los ayllus y otras formas de intercambiar el alimento y los bienes. Las poblaciones andinas han desarrollado estrategias para su agricultura, como la distribución de las parcelas agrícolas en diversos sitios para reducir el riesgo de las cosechas. En Puno, hay pobladores que son capaz analizar el brillo de algunas estrellas durante la lluvia de estrellas de las Perseidas para predecir un Fenómeno del Niño o La Niña (Orlove, Chiang, and Cane 2000). Los residentes han estudiado las estrellas tanto para predecir el fenómeno varios meses antes de comenzar, para darles tiempo preparar y adaptar al cambio de clima. A través de la costa peruana hay una gran falta de agua, lo que ha requerido obras de irrigación por miles de años. En la zona de la Cordillera Blanca y el Callejón de Huaylas, los pobladores hablan de lagunas encantadas, y en muchos casos eso quiso decir que existía un cierto nivel de riesgo en esas lagunas (Yauri Montero 2000). Las lagunas encantadas puede ser una forma de conocimiento tradicional para analizar la naturaleza, especialmente dado la larga historia de aluviones que algunas veces originaban en lagunas encantadas. Además, cuando sucede un aluvión o avalancha de la Cordillera Blanca, históricamente las ciudades alrededor del río Santa han sido destruida. Estos son los lugares fundado por los españoles en el siglo XVI, no las aldeas o comunidades donde vivía la población indígena (Oliver-Smith 1999). Es decir, fue una forma de conocimiento tradicional vivir más arriba del río principal, para protegerse de huacos y aluviones.

Aunque muchos hablan del conocimiento tradicional como herramienta para ayudar resolver los problemas del cambio climático y desastres naturales, es importante subrayar los limites del conocimiento local. En primer lugar, el conocimiento tradicional no es algo fácil aplicar a otros casos, fuera de su contexto local y cultural. En otras palabras, el conocimiento proviene de una historia especifica de esa misma comunidad y de ese mismo sitio, es basado en su cultura y las relaciones entre poblaciones específicas y la naturaleza a través de siglos o décadas. Pensar en el conocimiento tradicional como una herramienta para trasladar a cualquier sitio ignora el contexto clave del desarrollo de ese conocimiento. Es más, muchas comunidades indígenas consideran su conocimiento tradicional como propiedad intelectual, una forma de conocimiento como un patente, protegido por la ley. Sacar y explotar su conocimiento tradicional puede ser aún otra forma de imperialismo contra las poblaciones que pierden su propiedad intelectual sin recibir compensación alguna.

Hay límites del conocimiento tradicional porque durante los últimos años y décadas, los cambios medioambientales son tan extensos, raros, atípicos y fuera del rango habitual que, ocasionalmente, el conocimiento tradicional no sirve. Actualmente estamos en una situación en cual los ancianos y expertos de comunidades locales no poseen conocimiento suficiente para predecir las condiciones o guiar sus comunidades para actuar eficazmente frente los peligros ambientales. Hay grandes cambios en el Perú, como el aumento de sequías, heladas e inundaciones que hacen daño y son fuera de lo normal. Un gran problema del cambio climático es la comienza de condiciones biofísicas o eventos medioambientales como desastres naturales que son tan raros que las comunidades no saben preparar ni adaptar incluso con conocimiento tradicional.

Finalmente, cuando hablamos del conocimiento tradicional preservado por siglos, es importante que no consideremos que las comunidades indígenas son estáticas. Si decimos que las poblaciones poseen conocimiento basado en su historia de vivir en la región andina, no queremos asumir que esas poblaciones son iguales desde la época pre-colombina. Las comunidades son dinámicas, cambian y adaptan tanto en su relación con la naturaleza y su manejo de recursos naturales como en su cultura e incluso en su conocimiento tradicional que también cambia y desarrolla. Así como las ciencias naturales de las universidades que evolucionan con tiempo a través de nuevos descubrimientos, estudios y resultados, también lo hace el conocimiento tradicional.

Para reducir el riesgo frente los peligros ambientales y evitar los problemas de sacar y explotar el conocimiento tradicional fuera del contexto local, tanto para ayudar adaptarse al cambio climático, es importante trabajar con las comunidades locales para entender cuáles proyectos necesitan y cuáles quieren ellos mismos, en vez de imponer proyectos desde arriba o unilateralmente. A veces cada stakeholder tiene su propia perspectiva acerca de los riesgos. Por ejemplo, los científicos ven los peligros medioambientales y quieren estudiarlos, los ingenieros ven soluciones para confrontar los problemas, los políticos ven riesgos para toda la sociedad mientras piensan en elecciones y sus constituyentes, los líderes locales tienen que evaluar los varios riesgos y opciones para desarrollar mientras la población está muy diversa y tiene que enfocar en su vida cotidiana y la seguridad de su familia. Resuelta que los planes y proyectos para reducir el riesgo y disminuir la vulnerabilidad tienen que evaluar y considerar varias perspectivas, teniendo en cuenta que los ingenieros y científicos pueden identificar riesgos que la población local y los políticos regionales no identifican como peligro ninguno. Conversar, colaborar y tomar decisiones a través de procesos democráticos es crucial a la misma vez que instituciones nacionales estables son importantes también. Si no avanzan así, democráticamente, hay grupos que van a resistir e ignorar las medidas para proteger a ellos mismos, o van a mal-adaptar a los riesgos (Barnett and O'Neill 2010). Si pensamos primero en justicia, igualdad y estrategias para disminuir la pobreza—o sea, con un marco de referencia de justicia ambiental—vamos a tener más éxito en el largo plazo porque vamos a levantar toda la sociedad frente de cualquier desastre.

BIBLIOGRAFÍA

- Barnett, Jon, and Saffron O'Neill. 2010. "Maladaptation." *Global Environmental Change* 20: 211-213.
- Carey, Mark. 2014. *Glaciares, cambio climático y desastres naturales: Ciencia y sociedad en el Perú*. Lima: Instituto Francés de Estudios Andinos/Instituto de Estudios Peruanos.

- Emmer, A., V. Vilímek, and M.L. Zapata. 2016. "Hazard mitigation of glacial lake outburst floods in the Cordillera Blanca (Peru): the effectiveness of remedial works." *Journal of Flood Risk Management*. doi:10.1111/jfr3.12241.
- Evans, SG, NF Bishop, LF Smoll, PV Murillo, KB Delaney, and A. Oliver-Smith. 2009. "A Re-Examination of the Mechanism and Human Impact of Catastrophic Mass Flos Originating on Nevado Huascarán, Cordillera Blanca, Peru in 1962 and 1970." *Engineering Geology* 108 (102): 96-118.
- Ford, James D., Laura Cameron, Jennifer Rubis, Michelle Maillet, Douglas Nakashima, Ashlee Cunsolo Willox, and Tristan Pearce. 2016. "Including indigenous knowledge and experience in IPCC assessment reports." *Nature Climate Change* 6: 349-353.
- Huggel, Christian, Mark Carey, John Clague, and Andreas Kääh, eds. 2015. *The High-Mountain Cryosphere: Environmental Changes and Human Risks*. New York: Cambridge University Press.
- Lavell, Allan, and Eduardo Franco, eds. 1996. *Estado, sociedad y gestión de los desastres en América Latina: en busca del paradigma perdido*. Lima: La RED/FLACSO/ITDG.
- Maskrey, Andrew, ed. 1993. *Los desastres no son naturales*. Bogotá, Colombia: La Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina.
- Mujica Bermúdez, Luis. 2017. *Pachamama kawsan. Hacia una ecología andina*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú y Instituto de Ciencias de la Naturaleza, Territorio y Energías Renovables (INTE-PUCP).
- Oliver-Smith, Anthony. 1999. "Peru's Five-Hundred-Year Earthquake: Vulnerability in Historical Context." In *The Angry Earth: Disaster in Anthropological Perspective*, edited by Anthony Oliver-Smith and Susanna M. Hoffman, 74-88. New York: Routledge.
- Orlove, Benjamin S., John C.H. Chiang, and Mark A. Cane. 2000. "Forecasting Andean Rainfall and Crop Yield from the Influence of El Niño on Pleiades Visibility." *Nature* 403: 68-71.
- Rivas, D.S., M.A. Somos-Valenzuela, B.R. Hodges, and D.C. McKinney. 2015. "Predicting outflow induced by moraine failure in glacial lakes: the Lake Palcacocha case from an uncertainty perspective." *Natural Hazards and Earth System Sciences* 15: 1163-1179.
- Somos-Valenzuela, Marcelo A., Rachel E. Chisolm, Denny S. Rivas, César Portocarrero, and Daene C. McKinney. 2016. "Modeling a glacial lake outburst flood process chain: the case of Lake Palcacocha and Huaraz, Peru." *Hydrology and Earth System Sciences* 20: 2519-2543.
- Taype R., V. 1979. "Los desastres naturales como problema de Defensa Civil." *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú* 61: 101-111.
- Vuille, Mathias, Mark Carey, Christian Huggel, Wouter Buytaert, Antoine Rabatel, Dean Jacobsen, Alvaro Soruco, Marcos Villacis, Christian Yarleque, Oliver Elison Timm, Thomas Condom, Nadine Salzmann, and Jean Emmanuel Sicart. 2018. "Rapid decline of snow and ice in the tropical Andes — Impacts, uncertainties and challenges ahead." *Earth-Science Reviews* 176: 195-213.
- Wegner, Steven A. 2014. *Lo que el agua se llevó. Consecuencias y lecciones del aluvión de Huaraz de 1941*. Lima: Ministerio de Ambiente.
- Yauri Montero, Marcos. 2000. *Leyendas ancashinas*. Sexta Edición ed. Lima: Lerma Gómez eirl.