Variabilidad pluviométrica y saber andino en la Cordillera del Vilcanota Cusco-Perú

Pluviometric variability and Andean knowledge in the Cordillera del Vilcanota Cusco-Peru

Rado Cuchills, Maxwell Samuel; Zúñiga Negrón, Juan José; Mattos Ojeda, Edison Santiago; Rado Vilca, Brenda Jocelyn

Maxwell Samuel Rado Cuchills
maxwell.rado@unsaac.edu.pe
Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. , Perú

Juan José Zúñiga Negrón
juanjozune@gmail.com
Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco., Perú

Edison Santiago Mattos Ojeda
edison.mattos@unsaac.edu.pe
Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco., Perú

Brenda Jocelyn Rado Vilca
th_jocelyn@hotmail.com
Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. , Perú

Guacamaya
Universidad de Panamá, Panamá
ISSN-e: 2616-9711
Periodicidad: Semestral
vol. 6, núm. 2, 2022
solismu@yahoo.com

Recepción: 13 Diciembre 2021
Aprobación: 10 Enero 2022

URL: http://portal.amelica.org/ameli/journal/212/2123306001/

Resumen: A partir del año 2010 tuvimos la suerte de contactar con pobladores alpaqueros de alta montaña para involucrarlos en una red de observaciones pluviométricas al pie de los glaciares de la Cordillera del Vilcanota (Cusco, Perú). El objetivo del estudio fue correlacionar el registro instrumentado de la variabilidad pluviométrica y el conocimiento que los pobladores altoandinos tienen sobre las variaciones climáticas de su entorno. Para recolectar la información pluviométrica se instalaron cinco puntos de registro en áreas próximas a los glaciares de la cadena del Vilcanota. La tarea de registrar la información recayó en los mismos alpaqueros, quienes hicieron el trabajo durante los años 2011 – 2017. Para recabar los conocimientos de los pobladores altoandinos sobre la variabilidad climática, se aplicaron entrevistas no estructuradas.
El hallazgo principal fue que las mediciones pluviométricas, que demuestran variaciones en regularidad, intensidad, estacionalidad y tipo, están perfectamente relacionadas a las interpretaciones que los pobladores alpaqueros tienen sobre el clima de su entorno. Es decir, tanto las mediciones instrumentadas como el conocimiento local han identificado la variabilidad de las precipitaciones en los glaciares de la Cordillera del Vilcanota.

Palabras clave: Saberes climáticos alto andinos, observación pluviométrica, cordillera del Vilcanota.

Abstract: Starting in 2010, we were lucky enough to contact high mountain alpaca residents to involve them in a network of rainfall observations at the foot of the glaciers of the Cordillera del Vilcanota (Cusco, Peru). The objective of the study was to correlate the instrumented record of rainfall variability and the knowledge that the high Andean inhabitants have about the climatic variations of their environment. To collect rainfall information, five recording points were installed in areas close to the glaciers of the Vilcanota chain. The task of recording the information fell on the alpaqueros themselves, who did the work during the years 2011 - 2017. To gather the knowledge of the high Andean inhabitants about climate variability, unstructured interviews were applied.
The main finding was that the rainfall measurements, which show variations in regularity, intensity, seasonality and type, are perfectly related to the interpretations that the alpaca settlers have about the climate of their surroundings. In other words,

both instrumented measurements and local knowledge have identified the variability of rainfall in the glaciers of the Vilcanota Mountain Range.

Keywords: High Andean climatic knowledge, observation of the Vilcanota mountain range.

Introducción

En la región del Cusco se tiene la idea generalizada de que el calentamiento global está ocasionando impactos negativos en la agricultura y la ganadería, especialmente en las cuencas altas y medias de la Cordillera del Vilcanota. En este contexto, el presente estudio quiere validar la hipótesis de que hay variabilidad de las precipitaciones en la cadena montañosa del Vilcanota según la percepción de los saberes populares ancestrales y del monitoreo instrumentado de las lluvias. De esta forma, el objetivo general es identificar, caracterizar y comprobar la variabilidad de las precipitaciones en áreas próximas a glaciares de la cadena del Vilcanota. Para el efecto, se han planteado los siguientes objetivos específicos: determinar la presencia o vigencia de los conocimientos y/o saberes ancestrales sobre el clima y el cambio climático por parte de los pobladores alpaqueros de la alta montaña, y determinar las variabilidades pluviométricas a partir de la instalación de pluviómetros manuales y el registro de las precipitaciones por parte de los mismos ciudadadnos alpaqueros. La metodología está basada en el estudio correlacional pluviométrico y perceptivo en cinco puntos de monitoreo.

La troposfera es frágil a las perturbaciones antropogénicas en especial a las emisiones que provienen del uso de combustibles fósiles (petróleo, carbón y gas). A parte de las emisiones de CO_2, y debido a la baja eficiencia de los procesos de combustión, se emiten grandes cantidades de monóxido de carbono y compuestos orgánicos (carbono reducido) volátiles y semi-volátiles (Seinfeld & Pandis, 1998). El albedo influye en el clima de nuestro planeta, puesto que determina cuánta de la radiación solar recibida es reflejada de nuevo hacia al espacio y cuánta es absorbida y disipada en forma de calor. En la Tierra, el albedo planetario depende del color y características de las superficies terrestre y marina, de la cobertura de nubes y de la concentración de aerosoles (Duarte, 2006).

Los "aerosoles", como pequeñas partículas suspendidas en el aire, representan un componente más de la atmósfera, los que, según su composición y tamaño, intervienen en procesos tan importantes como la formación de nubes, la absorción y dispersión de radiación solar o en el transporte y deposición de elementos nutrientes y contaminantes. La actividad humana ha aumentado enormemente las emisiones y concentración de partículas en la atmósfera (Duarte, 2006).

El cambio climático expresado en el incremento de la temperatura y en los cambios de los regímenes hidrológicos causados por variaciones de los balances hidroglaciológicos a gran altura, tienen repercusiones aguas abajo, evidenciándose pérdidas dramáticas en los glaciares. En la Cordillera de Vilcanota, y Quelccaya, se observó un aumento de 1 a 10 de las pérdidas entre los años 1963-1978 (Francou *et al.,* 2010).

Según las percepciones de la población alto andina, en los últimos años hubo cambios en la temperatura admosférica y en las precipitaciones proximas a los glaciares. La pregunta es si tal variación está relacionada con la pérdida de masa glaciar y si la fusión que experimentan los glaciares de la región está vinculada con estos cambios de las últimas décadas. Al respecto, la temperatura interviene eficazmente a través de la naturaleza de las precipitaciones (o en su "fase"): si la temperatura sube más de 0,3 °C en la parte de la atmósfera que cubre el glaciar, entonces aumenta la probabilidad de que la precipitación sea líquida o nevosa como aguanieve o granizo, aunque estos últimos desaparecen inmediatamente al tocar el suelo. Se requiere la implementación de un ente conductor permanente en la región andina, que incluya la necesidad de contar con instrumentación

compleja para la generación de información de alta calidad, además de un grupo de científicos y técnicos especializados (Francou *et al.,* 2010)

Los pobladores andinos adoran a la "Pachamama" (madre-tierra) y a los Apus, que son los espíritus de las montañas y quienes proveen de agua y determinan el clima. Existen muchos rituales de agradecimiento a la Pachamama por todo lo que les ha otorgado. Estas ofertas no son un pago, pero sirven para reestablecer el equilibrio y la armonía en su relación con la naturaleza (Lindemann & Morra, 2007).

En general, el cambio climático es un fenómeno global cuya manifestación es el aumento de la temperatura promedio del planeta provocado principalmente por actividades humanas. La región andina concentra 95% de los glaciares tropicales del mundo, en ellos se observa un franco retroceso atribuible al calentamiento global, tal como fuera estimado por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), al señalar que el calentamiento en las regiones de alta montaña generaría una reducción o desaparición significativa de las superficies de nieve y hielo. Los pueblos indígenas que habitan zonas de glaciares se ven afectados por diversos peligros durante la época de lluvias (avalanchas, desbordes de lagunas, derrumbes, etc.). Perú concentra la mayor parte de los glaciares tropicales del mundo, en América del Sur se concentran más del 95% de los glaciares tropicales del mundo. El glaciar de mayor extensión es el Quelccaya, ubicado en la Cordillera de Vilcanota, en los Andes del sur. Tiene un diámetro de 17 Km y cubre una extensión de 54 Km_2 (Vittor, 2008).

En su informe de 2007, el IPCC afirma que el CO_2 (dióxido de carbono) en la atmósfera está en el nivel más alto y jamás registrado en los últimos 650 años, alcanzando 380 ppm (partes por millón), un 30% más que en 1800, cuando las concentraciones llegaban a 280 ppm. Entre 1906 y 2010, la temperatura global del planeta se ha incrementado entre 0,6 y 0,9 grados.

Considerando estos antecedentes, el IPCC afirma que la situación es delicada y que "estamos entrando en un territorio desconocido, donde las previsiones son cada vez más insuficientes" (Peredo, 2014). La región andina es una de las regiones más vulnerables a los impactos del cambio climático. Aquí, la desglaciación afectará a 70 millones de personas. También será el caso de la cadena de los Himalayas, donde al menos 1.500 millones de personas resultarán afectadas (Peredo, 2014, p. 20).

MaterialesyMétodos

Para el estudio de la variabilidad pluviométrica y el saber andino en la cordillera del Vilcanota basado en monitoreo de lluvias, se optó por la incorporación en la investigaciónde ciudadanos alpaqueros cariñosamente llamados "ciudadanos científicos de lla alta montaña" por las contribuciones a la información científica en el campo meteorológico, fueron reconocidos públicamente por la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Los ciudadanos (en su mayoría alpaqueros) recibieron capacitación para el manejo de pluviómetros, en cinco puntos de monitoreo georreferenciados, en caseríos de su propiedad denominados como "estancias". Los datos fueron colectados cada día, y fueron monitoreados de manera permanente para evitar alteraciones.

El estudio se enfocó en las precipitaciones en áreas próximas a los glaciares de la cadena del Vilcanota (denominados "Apus" o deidades consideradas benefactoras de la vida), los que muestran una alta sensibilidad a los cambios climáticos. En las últimas décadas, las nieves convertidas en nevizas y posteriormente en el hielo glaciar, experimentan una gran pérdida de su masa glaciar. Esta problemática es confirmada con vistas históricas de satelitales, archivos documentales, los grabados y fotografías antiguas de los glaciares de décadas pasadas y corroborados con los monitoreos científicos más puntuales con balizas en (zonas de ablación) en glaciares de Quisoquipina, Suyuparina, Quelccaya, etc., y validadas por mediciones instrumentales (estaciones hidro meteorológicas). Los observadores registraron los datos hidro meteorológicos en libretas de registro, ello incluyó las anomalías de las precipitaciones y vientos en el área mostrada en la figura 1.

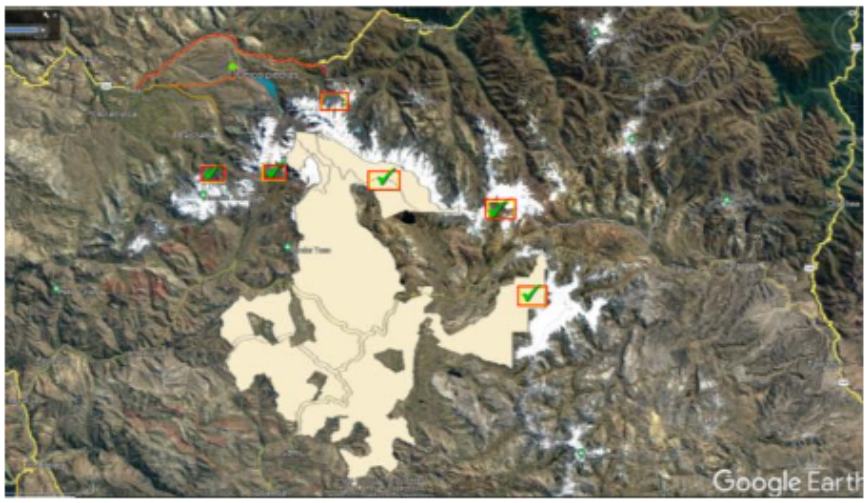

FIGURA1.
Mapa de glaciares estudiados en la cadenadel Vilcanota por el CICCGA
Nota. Elaboración propia
fuente Google Earth.

Según las recomendaciones para el monitoreo de los parámetros meteorológicos, una opción para observar los glaciares consiste en instalar estaciones permanentes en un perímetro de menos de 5-10 km de los glaciares. Esas estaciones ofrecen información de calidad, que superan la necesidad de vigilancia de los glaciares. Consecuentemente, se hace necesario la organización de una red de observación de los glaciares a escala regional como una herramienta de monitoreo del clima.

Desde 1974, el glaciar de Quelccaya, estudiado por L.G. Thompson y su equipo de la Ohio State University, conforme a los testigos de hielo obtenido de sus profundidades han permitido tener información climática hasta cerca de 2000 años antes de nuestra era, los análisis, isotópicos 16 y 18 de oxígeno (δ18O) y del polvo encontrado en el hielo, han permitido identificar la Pequeña Edad de Hielo que se terminó en 1880, el calentamiento del siglo 20, la evolución de las precipitaciones en varios siglos y el fenómeno de El Niño (Francou *et al.,* 2010).

En las precipitaciones en la cadena del Vilcanota, existe dos estaciones bien definidas: una temporada seca y otra húmeda, con precipitaciones sólidas, allí las poblaciones siguen conservando y practicando conocimientos climáticos ancestrales para poder sobrevivir. Entre algunos detalles se evoca el diálogo vivo y sensible con los seres divinos como los "Apus", la "Pachamama", la lectura de las nubes de lluvia "para-puyu" y "yunka-puyo", la nube húmeda, "agustu puyo", las nubes de primera siembra "yuraq-para", la llovizna en días nublados o los "pukllaq wayra", viento turbulento o vientos dominantes. También se toma en cuenta la visita de los "lequechos" o "leque leques", aves andinas que anuncian las primeras lluvias. Otra costumbre es el "sisiqunakuy", la "señal de rotación" o momento de traslado del caserío de alpacas hacia pastos en las partes más altas para la regeneración de pastos en las partes bajas (humedales). Por otra parte, en cinco puntos seleccionados se ha utilizado el método de medición de lluvias con pluviómetros según protocolo diariamente a hrs.07:00 am, en milímetros (mm), los registros y el monitoreos incluyen eventos extraordinarios: variabilidades climáticas y anomalías meteorológicas, el esquema de diseño aplicado se sintetiza en la figura 2.

FIGURA2.
Esquema dediseño utilizado
Donde:
O : (05) Puntos de monitoreo
X_1 ... X 10 : (VI), Medición de aguas de lluvia en 05 puntos de monitoreo
Y1 ... Y5 : (VD), Percepción de variabilidad pluviométrica en 05 puntos de monitoreo.
r : Relación entre variables independientes y variable dependiente.
Nota. Elaboración propia, esquema de diseño utilizado.

La metodología está basada en el estudio pluviométrico en cinco puntos de monitoreo georreferenciados (tabla 1), establecidos en función a equidistancias y correlacionados con los saberes ancestrales, el diseño de investigación es no experimental, transversal y correlacional, porque las variables no se manipulan deliberadamente. Se observó el fenómeno (precipitación) en un ambiente natural para luego analizar los datos colectados en un tiempo determinado (días con precipitación).

TABLA 1.
Puntos de observación pluviométricos

Puntos de Observación	Altitud msnm.	Lat /Long
Murmurani alto	5,050	-13.67870/-71.29324
Ruita Huanacuni	4,950	-13.91124/-70.88121
Quelccaya	4,877	-13.90011/-70.87780
Phinaya	4,750	-13.895865/ -70.974506
Pucarumi	4,150	-13.67870/-71.29324

Nota. Elaboración propia, a través financiamiento CICCGA-UNSAAC.

La investigación involucra el Área de Conservación Regional Ausangate, área protegida en el Perú. Fue creado el 12 de diciembre de 2019, mediante Decreto Supremo Nº 012-2019- MINAM. Tiene una extensión de 66,514.17 hectáreas. Involucra diversos caseríos familiares de camélidos, con paisajes pastoriles en puna alta y piso glaciar con presencia de pajonales y bofedales, o turberas, que son manejadas por las comunidades indígenas locales con pastoreo de alpacas, llamas y ovinos. Los observadores seleccionados refieren que las sequías en las áreas montañosas del Vilcanota son más frecuentes y tienen mayor duración que antes, con efectos negativos.

En las diferentes visitas a los glaciares se ha podido evidenciar acciones de adaptación frente a la problemática de la variabilidad del clima, la disminución de las precipitaciones y el estrés hídrico, como son: cosecha de agua, apertura y manejo de canales de agua, manejo de pozos y manantes. Consideramos que la

calidad de los ecosistemas acuáticos e híbridos, particularmente de los humedales alto andinos del Vilcanota, son esenciales para la conservación de la diversidad biológica y el bienestar de las comunidades del Área de Conservación del Ausangate y la cadena del Vilcanota y, consecuentemente, para su desarrollo económico. Durante la última década, producto del dialogo y entrevista a pastores alpaqueros de alta montaña en la cadena del Vilcanota llegamos a tener como conclusión que sus vivencias están relacionadas a los saberes y secretos para "leer" los mensajes de los vientos, las nuves y las estrellas.

Los campesinos ganaderos y agricultores permiten predecir las variaciones extremas del tiempo (heladas, nevadas, granizadas, lluvias torrenciales, sequías, entre otras). Los conocimientos tecnológicos - académicos y los conocimientos tradicionales deben articularse por las probabilidades de predicción frente a los eventos meteorológicos extremos, lo cual merece una atención etnoclimatólogica. Los campesinos observadores y gentes del lugar manejan con mucha comodidad los términos "señas" y "señales" y desconocen el término "indicadores". Muchos investigadores utilizan "señas" e "indicador" como sinónimos. También se considera que los campesinos denominan señas a los indicadores climáticos. Moya y Torres (2008), al referirse a las señas dice: "La presencia de fenómenos climáticos trae consigo una serie de cambios atmosféricos, claramente identificados por los campesinos, que sirven de indicadores para alertarlos" (Citado por Gobierno Regional de Huancavelica- GRH, 2015, p. 14). Por otro lado, se sostiene que las "señas" o indicadores son a la vez predictores climáticos (nubes, vientos, animales, plantas, rtc.) de permanenteobservancia y consulta ("conversación") por el campesino (GRH, 2015). Al respecto, ver Tabla 2.

TABLA 2.
Clasificación de señas meteorológicaspor pobladores alto andinos

SEÑAS / INDICADORES		CARACTERÍSTICAS
ASTRONÓMICOS	Vía Láctea ""allin wata"	Estrellas muy brillantes auguran precipitaciones.
	Auroras "Pakariq"	El intenso brillo del amanecer indica cese de lluvias regulares
	Nubes - "puyu"	Phuyu-para, nube oscura indica lluvia inicio de lluvias seguras Yuraq-Phuyu, alejamiento de lluvias inicio de sequias
HIDROMETEORO LÓGICOS	Heladas y lluvias	Santa Cruz rity, helada que anuncia será buen año. Para-wata, heladas de junio-julio, anuncian un año lluvioso.
	Vientos - "wayra"	Para-wayra, viento del norte que trae nubes de lluvia Uray-wayra, viento procedente del sur anuncia el verano
	Zorros que aúllan "atuq kaka kakan"	Aullidos claros y largos señal lluvias que se adelantan. Sus heces oscuras indica que será un buen año.
BIOLÓGICOS	Hongos "kallampa - tuqllu	Señal que las lluvias continuarán y buena producción de papa
	"Chikuru", "lapqi"	Su floración indica que durante el año no hubo mucho frío y habrá buena cosecha de papa y maíz

Nota. Adaptado de Gobierno Regional Huancavelica, 2015, p. 34.

La validación científica de las observaciones etnoastronómicas en los Andes, permiten reconocer los conocimientos tradicionales que practican los campesinos como estrategia real de supervivencia en condiciones climáticas adversas.

Moya y Torres (2008), presentan una propuesta de adaptación tecnológica de la crianza de alpacas en base a una exploración de las zonas alto andinas (Puno, Huancavelica y Arequipa), aunque centran su atención

en la región del Cusco. El estudio identifica la variabilidad climática y la presencia de eventos meteorológicos extremos como causas de la degradación de los pastos, la disminución de los recursos hídricos y la presencia de enfermedades. La situación es más grave si dichos eventos se presentan de manera recurrente y asociada, como, por ejemplo, una intensa nevada seguida de heladas.

Es fundamental propiciar el diálogo de saberes para pensar otros paradigmas posibles, a fin de superar la concepción consumista del desarrollo actual. El conocimiento local y el conocimiento formal se integran en la búsqueda de alternativas más profundas. La convivencia de los pobladores alpaqueros alto andinos con su medio está muy vinculado a la cosmovisión andina y a la observación de "señas" y mensajes de la naturaleza. Las zonas ganaderas de camélidos americanos, fundamentalmente de alpacas, corresponden a los pisos ecológicos puna alta y el piso rit'i, según la clasificación climática de Jorge de Olarte Estrada. Los indicadores, desde la visión campesina, son datos precisos y de lectura mecánica o científico. La concepción andina de los indicadores es entendida como señas, o avisos, entendidos y respondidos en un diálogo vivo y sensible con los seres de la "Pachamama" (Llosa *et al.,* 2009).

En el caso de Quelccaya, es muy evidente el retroceso glaciar, la degradación de bofedales de su entorno, el estrés hídrico etc., pensamos está relacionado con las variaciones de los patrones de precipitación (estacionalidad, duración e intensidad) que mencionan los ciudadanos alpaqueros. La sociedad pastoril, por su parte, rediseña tanto sus instituciones comunales para el acceso y control de los recursos, como los patrones de movilidad del ganado. Las respuestas de las familias de Quelccaya al cambio climático se expresan principalmente en decisiones sobre el uso del suelo que co-evolucionan con cambios de cobertura del mismo (Postigo, 2009). Específicamente, algunas de las respuestas de las familias de Quelccaya frente a los efectos del cambio climático se relacionan con el manejo del recurso hídrico, a saber: la irrigación de los bofedales y la reciente realización, en los últimos 20 años, de agricultura -papas amargas- con riego por gravedad. Asimismo, la creciente irregularidad de la precipitación ha incrementado la importancia del manejo de canales rústicos para mantener pastizales en la época de estiaje (Postigo, p. 22).

Sin embargo, desde la perspectiva de las ciencias sociales, el clima es ante todo el resultado de la forma en que los individuos perciben, se apropian e interpretan los eventos meteorológicos y climáticos que ocurren a su alrededor. Por lo tanto, el concepto de clima es una construcción cultural que se elabora a partir de procesos materiales y simbólicos, y que denota aspectos culturales, espaciales e históricos (Mariño, 2011). En el caso de las percepciones climáticas de la población alpaquera de la Cordillera del Vilcanota, de forma similar, evidencian la existencia de variabilidades en las manifestaciones del clima a lo largo de la cadena de glaciares y en su entorno. Así también, consideran que los efectos de las variabilidades climáticas y del cambio climático en el Vilcanota, en las últimas décadas, ha repercutido en la salud de los camélidos, en la escasez de sus alimentos y en el desecamiento de los humedales. Esto también afecta la economía familiar del poblador alto andino, porque los costos de la carne y la fibra de alpaca se deprecian.

Diversos estudios interdisciplinarios efectuados en esta región han buscado evaluar las repercusiones de los cambios climáticos sobre el ciclo hidrológico, los ecosistemas y la biodiversidad, los glaciares y los paisajes, al igual que en los campos económicos y sociales. Estos cambios provocan, además, una intensificación de los riesgos de desastres naturales (Walter, 2017). Los glaciares, ancestros vivos, son benévolos porque abastecen de agua y de vida, pero, por otro lado, son caníbales, porque provocan numerosas catástrofes naturales en el curso de los siglos.

Resultadosy Discusión

Los hallazgos más importantes radican en que, los datos obtenidos de los registros pluviométricos de la cadena del Vilcanota demuestran que, en la última década hay variabilidades en las precipitaciones diarias, mensuales y anuales en las altas montañas del Vilcanota (variabilidad en volumen, intensidad y eventos extraordinarios).

La interpretación de la variabilidad del clima y las precipitaciones por ciudadanos alpaqueros son vigentes conforme a sus saberes ancestrales, los que están en relación al incremento de la contaminación ambiental y el crecimiento explosivo de la población. Los resultados demuestran que la variabilidad encontrada en las mediciones de la intensidad de las precipitaciones con pluviómetros guarda una perfecta relación con la percepción ambiental de los ciudadanos alpaqueros de la Cordillera del Vilcanota.

En la región del Cusco el uso generalizado de conbustibles fósiles (petróleo, carbón y gas natural) por el incremento del parque automotor, la quema generalizada de masas forestales para ampliar las zonas cultivables en la ceja de selva, los incendios forestales, el incremento de las emisiones de gases contaminantes y materiales particulados como el carbón negro, tienen efectos poderosos en la fusión glaciar y en el retroceso glaciar y sus efectos colaterales en los ecosistemas acuáticos, terrestres e híbridos. Los niveles de BC varían sustancialmente según la temporada, aumentando sus valores más altos al final de la temporada seca, que coincide con la quema de pastizales y biomasa para la cocción de alimentos de las poblaciones del lugar (Soto *et al.,* 2020). Las concentraciones de carbón negro encontrados en los glaciares Salkantay, Ausangate, Callangate, Chumpe, Qolque Cruz, Ciccagayog, Suyuparina, Quisoquipina y Quelccaya nos permiten señalar que, son factores que inciden en la fusión y el retroceso glaciar, así nos indican los filtros con las muestras de BC en la figura 3.

FIGURA3.

Muestra de filtros y colectade muestras de zona de acumulación

Nota. Filtros de cuarzo con muestras de carbón negro obtenidos en glaciares de la región Hoy en día se aprecian los impactos del cambio climático retroceso glaciar, sequías e inundaciones cada vez más frecuentes y severas. El incremento de la temperatura, los cambios en los patrones de las precipitaciones y las temperaturas extremas, así como la desertificación, están afectando la disponibilidad de los recursos hídricos mediante cambios en la distribución de las lluvias, la humedad del suelo, el deshielo de los glaciares, las nieves perpetuas y las corrientes de los ríos y las aguas subterráneas (Llosa *et al.,* 2009).

Convalidados con la percepción y mediciones pluviométricas (figura 4).

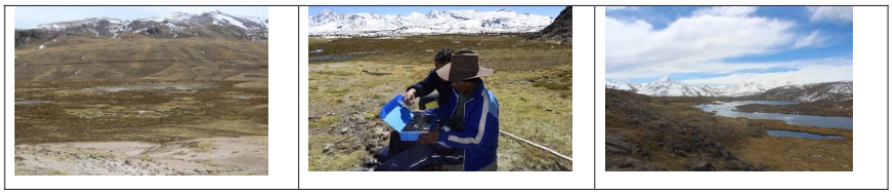

FIGURA4.

Canales de riego para humedal,y observador pluviométrico en Ruita Quelccaya

Nota. Elaboración propia. Humedales del Quelccaya y Ausangate

Ante la urgente necesidad de aumentar la disponibilidad del agua en los períodos secos, la población local opta por construir micro presas (qochas), depósitos de agua que se adaptan a la depresión natural del suelo (hondonadas naturales) o lagunas naturales, levantando para ello un dique de tierra compactada que permite contener el agua excedente del período de lluvias y almacenarla para su posterior uso mediante técnicas de riego. Se trata, así mismo, de lograr una lenta infiltración del agua, favoreciendo la recarga de los acuíferos subterráneos (Llosa *et al.,* 2009).

En la cadena del Vilcanota se ha perdido la cobertura vegetal de antaño, hay un proceso de desertificación, el aumento de la temperatura es común en las últimas décadas, ya no es posible advertir a los peces y

batracios nativos, el manto de nieve que solía cubrir las montañas es cada vez menor en comparación con años anteriores y el ciclo hidrológico muestra irregularidades. Las precipitaciones sólidas al pie de los glaciares son cada vez menores, a excepción de algunos años. En muchos casos, hay mayor escorrentía de los glaciares por la fusión glaciar durante los días calurosos. Los glaciares muestran manchas negras por el afloramiento rocoso, debido a la pérdida de masa glaciar. Los humedales se encuentran en un proceso de desecación y ya no abastecen la alimentación de camélidos, observándose como efecto de la variabilidad climática la degradación de humedales como el observado en la figura 5, humedal de Qoricalis próximo al glaciar Quelccaya.

FIGURA 5.
Humedal activo, humedal degradadoy observador pluviométrico en Qoricalis.
Nota. Elaboración propia, registro de la zona de estudio.

Los frentes glaciares de la cadena del Vilcanota han retrocedido ostensiblemente; también la actividad minera en áreas de glaciares se ha incrementado, afectando el recurso hídrico con la contaminación de las aguas. Se puede sentir el estrés hídrico, ya que hay disputa para derivar las aguas hacia humedales en desecación. Las lluvias, en muchos casos, son torrenciales y de poca duración y existe una alta evapotranspiración en la alta montaña.

Los pobladores alpaqueros indican que s e siente más frio y se ha intensificado el calor ambiental, existe acortamiento y retraso del periodo anual de las lluvias y las precipitaciones son irregulares. Ante esta problemática, en las últimas décadas la población local optó por el riego de los humedales, construcción de mini–represas rústicas para cosecha de agua, abastecimiento de agua a humedales en la época de estiaje, acciones acompañadas de rituales de ofrenda a la tierra que realizan los miembros mayores de las familias, que saben pronosticar el clima, observando los astros, entre ellos las estrellas, la luna, el sol y el florecimiento de plantas nativas.

Los alpaqueros próximos a los glaciares del Ausangate y Qallangate, mencionan que en los últimos años ha sido muy notorio la irregularidad de las lluvias, observan la disminución del recurso hídrico en la puna alta y en los humedales las lluvias son más intensas en tiempos cortos, durante el día incremento de la temperatura y en las noches el aumento del frío con heladas que generan desaparición de la cobertura vegetal y una puna desertificada con precipitaciones menos sólidas.

En las figuras 6 y 8 se muestran los resultados de variabilidad de las precipitaciones mensuales y anuales en milímetros (mm) en la cadena del Vilcanota específicamente en los glaciares próximos al Ausangate-Qallangate y Jampa, y Quelccaya-Suyuparina y Chumpe. Estos datos fueron posibles por los registros de los observadores (figura 7).

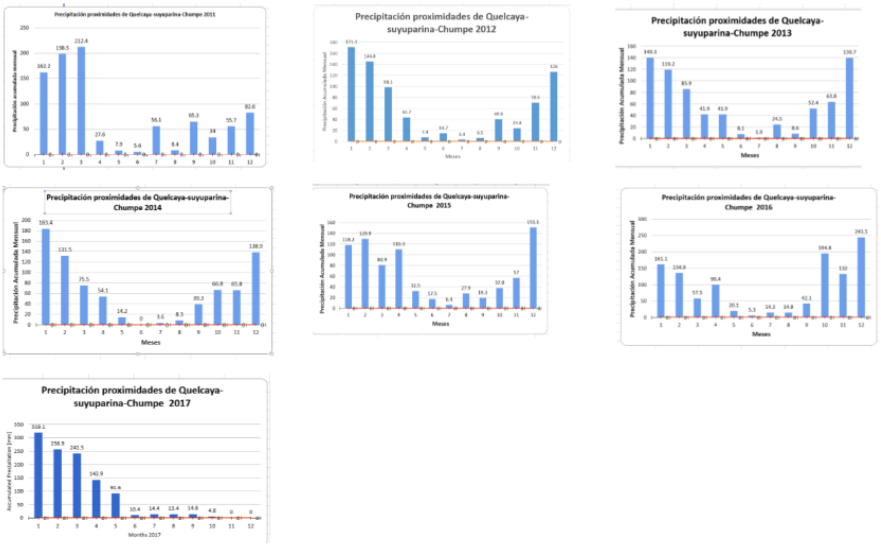

FIGURA6.
Registro pluviométrico de Quelccaya, Suyuparina y Chumpe, 2011-2017
Nota. Elaboración propia

FIGURA 7.
Observadores pluviométricos en lasproximidades del Ausangate y Quelccaya
Nota. Elaboración propia

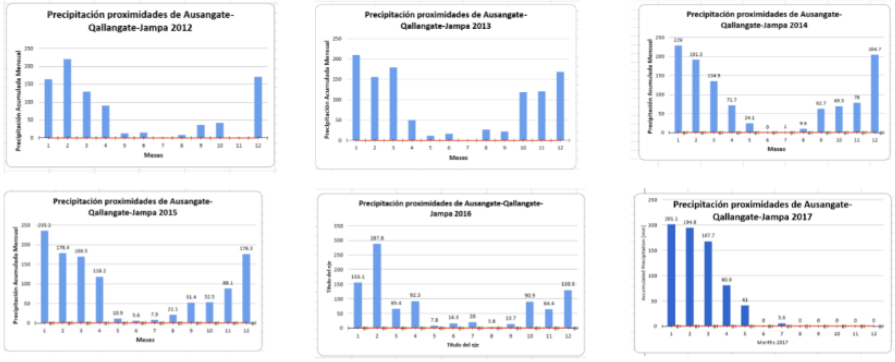

FIGURA8.
Registro pluviométrico de Ausangate,Qallangate y Jampa, 2012-2017
Nota. Elaboración propia

Las poblaciones dedicadas a la agricultura y la ganadería en los Andes peruanos aplican sus conocimientos ancestrales para comprender las variabilidades climáticas y las anomalías de la baja tropósfera y gracias a ello se adaptan permanentemente a los cambios. En este sentido sus observaciones climáticas en base a señales astronómicas y bioindicadores concuerdan con las mediciones pluviométricas realizadas es esta investigación. Cabe mencionar que la data oficial SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú)

se limita a pisos bajos y no cuenta con una red de equipos de alta montaña por lo tanto al respecto no se tiene con una data oficial sostenida en zonas de glaciares.

Por otro lado, el clima era manejado inteligentemente por el poblador local, sobre la base de la observación del comportamiento de los indicadores astronómicos y bioindicadores expresados por las manifestaciones de plantas y animales, que permitían sincronizar las siembras y tratar de obtener las mejores cosechas (Ortega, 2009, p. 260). Los pastores alpaqueros de la cadena del Vilcanota poseen conocimientos ancestrales sobre la interpretación del clima. Generacionalmente sus observaciones biológico ambientales y astronómicas les han servido para pronosticar el tiempo y el clima local. Aunque, en la última década los pastores tienen dificultades para pronosticar el clima por las anomalías y variabilidades generadas por el calentamiento global.

La percepción de las variabilidades del clima y las precipitaciones por ciudadanos alpaqueros se explica por el incremento de la contaminación ambiental, el crecimiento explosivo del parque automotor y el aumento de los incendios forestales y la quema de la tala de bosques en la ceja de selva para efectos agrícolas. Así, los resultados del análisis de la variabilidad diaria y mensual registrados en el monitoreo pluviométrico presentan una alta correlación con la percepción de los cambios climáticos que tienen los ciudadanos alpaqueros de la Cordillera del Vilcanota.

Conclusión

Los saberes ancestrales de los ciudadanos de alta montaña del Vilcanota (información cualitativa), se mantienen y se corroboran con la (información cuantitativa). La variabilidad se da en volumen e intensidad y en eventos extraordinarios. Vale decir que cada año es diferente respecto al volumen: las precipitaciones son más copiosas y con menor duración, y hay menor precipitación sólida que liquida en las zonas de los glaciares.

Las mediciones y el monitoreo de las lluvias en la última década, realizadas por ciudadanos alpaqueros de alta montaña, indican variabilidades en las precipitaciones estacionales. Los registros pluviométricos realizados en cinco puntos de la cordillera del Vilcanota aseveran las variabilidades de las precipitaciones en cantidad y en el tipo de precipitación (sólidas y liquidas). Consecuentemente existe una relación muy dinámica entre la percepción de la variabilidad del clima por parte de los ciudadanos alpaqueros y los registros pluviométricos instrumentales en la Cordillera del Vilcanota.

Agradecimientos

Los autores del presente trabajo expresamos nuestro agradecimiento al PhD. Baker Perry que en todo momento posibilitó con el financiamiento a los observadores pluviométricos en la cadena montañosa del Vilcanota, y siendo miembro honorífico del Centro de Investigaciones de Cambio Climático y Gestión ambiental de la UNSAAC hizo posible la colecta de las precipitaciones durante los años 2011 al 2017. Igualmente, a la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, que nos permitió de manera sostenida las salidas al trabajo de campo para la colecta de muestras y finalmente a los ciudadanos de alta montaña: Mateo Condori Huanca, Felipe Crispín, Pedro Godofredo, Soledad Yucra Mendoza, y Félix Pari Sayarini por su trabajo sostenido.

Referenciasbibliográficas

Duarte, C.M. (Coord.). (2006). *Cambio global. Impacto de la actividad humana sobre el sistema Tierra.* Consejo Superior de Investigaciones Científicas. http://aeclim.org/wp-content/uploads/2016/01/Cambio_global.pdf

Francou, B. R., Rabatel, A., Soruco, A., Sicart, J.E., Silvestre, E.E., Ginot, P., Cáceres, B., Condom, T., Villacís, M., Ceballos, J.L., Lehmann, B., Anthelme, F., Dangles, O., Gomez, J., Favier, V., Maisincho, L., Jomelli, V., Vuille, M., Wagnon, P., Lejeune, Y., Ramallo, C., & Mendoza, J. (2010). *Glaciares de los Andes Tropicales víctimas del*

Cambio Climático. Comunidad Andina; Proyecto de Adaptación al Retroceso Acelerado de Glaciares - PRAA; IRD. https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers14-07/010062800.pdf

Gobierno Regional de Huancavelica – GRH. (2015). *Conocimientos ancestrales y adaptación al cambio climático en comunidades altoandinas de la Región de Huancavelica.* GRH. http://www.regionhuancavelica.gob.pe/descargas/upload/DOCUMENTOS%20DE%20GESTION/ESTRATEGIAS%20REGIONALES/2526782_Conocimientos_Ancestrales_y_CC-Silvano_Ninfa.pdf

IPCC - Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. (2007). *Cambio Climático 2007. Informe de síntesis.* OMM; PNUMA.

Lindemann T., & Morra, D. (2007). *Afrontando cambio climático y globalización en los Andes Peruanos.* Food and Agriculture Organization of the United Nation - FAO.

Llosa Larrabure, J., Pajares Garay, E., & Toro Quinto, O. (Eds.). (2009). *Cambio climático, crisis del agua y adaptación en las montañas andinas: Reflexión, denuncia y propuesta desde los Andes.* Centro de Estudios y Promoción del Desarrollo - DESCO; Red Ambiental Peruana. https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/4598

Mariño, N. (2011). Reflexiones sobre la perspectiva cultural en las políticas de cambio climático en Colombia: un acercamiento al análisis cultural y espacial de las políticas públicas. En A. Ulloa (Ed.). *Perspectivas culturales del clima* (pp. 495-528). Universidad Nacional de Colombia.

Moya, E., & Torres, J. (Eds.). (2008). *Familias alpaqueras enfrentando al cambio climático. Propuesta de adaptación tecnológica de la crianza de alpacas frente al cambio climático en Cusco.* Comisión Europea; Soluciones Prácticas ITDG. https://www.mimp.gob.pe/webs/mimp/sispod/pdf/186.pdf

Oltra, C. (s.f.). *Psicosociología del cambio climático.* Centro de investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT); Universitat de Barcelona.

Ortega Dueñas, R. (2009). El agua en la agricultura prehispánica y la problemática asociada con el cambio climático global- Región Cusco. En J. Llosa, E. Pajares, & O. Toro (Eds.). *Cambio climático, crisis del agua y adaptación en las montañas andinas. Reflexión, denuncia y propuesta desde los Andes* (pp. 255-284). Centro de Estudios y Promoción del Desarrollo - DESCO; Red Ambiental Peruana. https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/4598

Peredo, E. (2014). *Cambio climático, glaciares y desafíos globales.* Fundación Solón.

Postigo, J.C. (2009). *Estrategias de adaptación y gestión del riesgo frente al cambio climático en tres regiones del sur andino peruano.* DESCO; CEPES.

Seinfeld, J. H., & Pandis, S. N. (1998). *Atmospheric chemistry and physics: From air pollution to Climate Change.* Wiley

Soto Carrión, C., Schmitt, C.G., Zuñiga Negrón, J.J., Jiménez Mendoza, W., Arbieto Mamani, O., Pozo Enciso, R. S., Guevara Sarmiento, S. J., & Rado Cuchills, M. S. (2020). Quantitative Estimation of Black Carbon in the Glacier Ampay-Apurimac. *Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environmet Systems,* 9(1), 1-15. http://dx.doi.org/10.13044/j.sdewes.d8.0342

Vittor, L. (2008). Región Andina: El cambio climático y efectos sobre los pueblos indígenas de los Andes. Servindi. Recuperado el 01 de noviembre de 2021 desde https://www.servindi.org/actualidad/3778

Walter, D. (2017). Percepciones tradicionales del cambio climático en comunidades altoandinas en la Cordillera Blanca, Ancash. *Revista de glaciares y ecosistemas de montaña*, (1), 9-24. https://doi.org/10.36580/rgem.i3.9-24n