



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“Evaluación hidrológica ambiental frente al cambio climático de la
cuenca alta del Rio Chillón, Nevado Rajuntay – Marcapomacocha,
2020”

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:
Bachiller en Ingeniería Ambiental

AUTOR(ES):

Velásquez Fernández, Roly (ORCID: 0000-0003-2269-5723)
Yaricahua Esteban, Deysi Shirley (ORCID: 0000-0001-6868-7337)

ASESOR:

Mg. Reyna Mandujano, Samuel Carlos (ORCID: 0000-0002-0750-2877)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA – PERÚ

2020

Índice de contenido

Índice de tablas	iii
Índice de figuras	iv
Resumen	v
Abstract	vi
I.- INTRODUCCIÓN.....	1
II.- METODOLOGÍA.....	16
III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	18
IV. CONCLUSIONES.....	35
V. RECOMENDACIONES	37
REFERENCIAS	38
ANEXOS	43

Índice de tablas

Tabla N°1. Ubicación de Estaciones Hidrometeorológicas	23
Tabla N°2. Datos de precipitación máxima acumulada recolectados en la estación Hidrometeorológica Pariacancha en los últimos 50 años.	23
Tabla N°3. Datos de precipitación máxima acumulada recolectados en la estación Hidrometeorológica Huaros en los últimos 50 años.	24
Tabla N°4. Datos de precipitación máxima acumulada recolectados en la estación Hidrometeorológica Canta (Obrajillo), en los últimos 50 años.	26
Tabla N°5. Pérdida de masa glaciaria en la cordillera la viuda desde 1962 - 2007.....	30
Tabla N°6. Datos de temperaturas máximas recolectadas en la estación Hidrometeorológica Canta (Obrajillo), en los últimos 50 años.	33

Índice de figuras

Figura N°1. Modelo de tendencia	16
Figura N°2. Mapa de la cuenca del Río Chillón y su extensión por 03 Departamentos	20
Figura N°3. Mapa de abastecimiento hidrológico de la cuenca alta del Río Chillón	21
Figura N°4. Mapa de Centros poblados y vías de la cuenca alto Chillón	22
Figura N°5. Proceso evolutivo de la incidencia de precipitaciones máximas registradas por día (mm/día) en la estación PARIACANCHA	24
Figura N°6. Proceso evolutivo de la incidencia de precipitaciones máximas registradas por día (mm/día) en la estación HUAROS	25
Figura N°7. Proceso evolutivo de la incidencia de precipitaciones máximas registradas por día (mm/día) en la estación CANTA OBRAJILLO	26
Figura N°8. Hidrograma de Caudales del Río Chillón – Estación Obrajillo	27
Figura N°9. Mapa de Área Glaciar de la cuenca Alto Chillón.....	28
Figura N°10. Imagen satelital del Nevado Rajuntay perteneciente a la microcuenca “alto Chillón” – 2010.....	29
Figura N°11. Imagen satelital del Nevado Rajuntay perteneciente a la microcuenca “alto Chillón” – 2020.....	30
Figura N°12. Proceso evolutivo del área Glaciar de la Cordillera La Viuda	31
Figura N°13. Mapa de estaciones hidrometeorológicas y escenarios de radiación solar	32
Figura N°14. Proceso evolutivo de la temperatura y su comportamiento en función al tiempo.....	34

Resumen

El Nevado Rajuntay – Marcapomacocha está situado dentro de la composición de la cordillera la Viuda del departamento de Lima, es un lugar turístico, el cual es visitado durante todas las estaciones del año, debido a que cuenta con zonas paisajísticas que favorecen al turismo. No obstante durante los últimos años se ha evidenciado la pérdida de masa glaciar, causando una gran preocupación para la población aledaña, esto se ha generado por los escenarios naturalmente dados frente al cambio climático, el cual es un factor que afecta de manera directa el glaciar. Por esta misma situación se ha puesto en peligro el abastecimiento hidrológico de la cuenca alta del Rio Chillón, debido a que este se encarga de abastecer a la población de los distritos de Lima Norte. Debido a esta situación se pretende realizar un estudio para comprender los procesos que conllevan al desabastecimiento hidrológico tales como la precipitación, temperatura y área glaciar, de tal manera que se pueda estimar los cambios en la composición del nevado a raíz del tiempo. Para determinar esta situación se realizará un estudio mediante imágenes satelitales, data referencial y el software ArcMap 10.5, para la obtención de un panorama conciso que conlleve a entender que la problemática del cambio climático es sigilosa pero avanza de forma rápida consumiendo ecosistemas naturales y cortando ciclos importantes para la sostenibilidad humana.

Palabras clave: Cuenca alta, data referencial, sostenibilidad, abastecimiento hidrológico, pérdida de masa glaciar, ArcMap 10.5

Abstract

The Nevado Rajuntay - Marcapomacocha is located within the composition of the Cordillera La Viuda in the department of Lima, is a tourist place, which is visited during all seasons, because it has scenic areas that encourage tourism. Nevertheless, during the last few years the loss of glacier mass has become evident, causing great concern for the surrounding population. This has been generated by the naturally occurring scenarios of climate change, which is a factor that directly affects the glacier. This same situation has endangered the hydrological supply of the upper basin of the Chillón River, because it supplies the population of the districts of northern Lima. Due to this situation, a study is being carried out to understand the processes that lead to the hydrological supply, such as precipitation, temperature and glacier area, in such a way that the changes in the composition of the snowfall as a result of the weather can be estimated. In order to determine this situation, a study will be carried out using satellite images, reference data and ArcMap 10.5 software, to obtain a concise panorama that leads to understanding that the problem of climate change is stealthy but advances rapidly, consuming natural ecosystems and cutting important cycles for human sustainability.

keywords: Upper watershed, reference data, sustainability, hydrological supply, loss of glacier mass, ArcMap 10.5

I.- INTRODUCCIÓN

La complejidad de la variabilidad en función al cambio climático, es la principal fuente de aparición de situaciones adversas a nivel Global. Existen indicadores como la temperatura, precipitación y caudal que han manifestado severos cambios climatológicos causantes de desastres naturales (inundaciones, olas de calor, sequías, friajes y otros), consecuentemente trayendo consigo procesos de pérdida de cobertura vegetal superficial, arrastre en masa, problemáticas territoriales y ambientales con gran déficit económico ([CONAM y SENAMHI, 2005](#)).

Según [CONAM y SENAMHI \(2005\)](#), El retroceso glaciar tropical se manifiesta con un incremento de cifras en relación al calentamiento global que hace referencia a los últimos 27 años. Contrastando esta idea según [BERNEX y TEJADA \(2010\)](#) sostienen que en la consideración de 30 años atrás el Perú ha experimentado aproximadamente una pérdida de sus glaciares en 22% de su totalidad, se ejemplifica claramente en la Cordillera Blanca la cual manifiesta una pérdida del 33% de su superficie glaciar, de esta misma manera la última evaluación realizada en el año 2007 identifica que el nevado Pastoruri manifiesta también un retroceso glaciar cuantificado en un 40%; Pero por el lado positivo [VARAS \(2017\)](#), indica que los glaciares se regeneran y retoman su posición en función a los elementos ecosistémicos que pone a disposición de la población, siendo capaz de brindar condiciones climáticas, adaptación a los fenómenos atmosféricos y todo el contexto característico actual del retroceso glaciar de la cordillera la Viuda, fuente naciente de abasto hacia la cuenca en su totalidad.

Para Perú, los glaciares son considerados la principal fuente de abastecimiento del recurso hídrico que a la vez funcionan como reservorios naturales, además de ser factores reflejantes de la evolución climática ([CONAM y SENAMHI, 2005](#)).

En este sentido se debe reconocer que la fuente naciente del recurso hídrico en las alturas es la laguna Chonta próxima a la Cordillera la Viuda, la cual adopta al Nevado Rajuntay - Marcapomacocha, y transcurre una longitud de 126 km para llegar al Océano. En las partes altas existen una gran variedad de lagunas que funcionan como reguladoras en la recepción de descargas provenientes de las zonas altas de tal manera que estas son la principal fuente de abastecimiento

agrícola de Lima Metropolitana y al mismo tiempo sirve para abastecer de agua potable (Previamente tratada) para uso doméstico ([INDECI, 2013](#)).

Por otra parte [PORTOCARRERO \(2009\)](#) hace referencia al efecto invernadero y su relación con la temperatura y su influencia en la pérdida de glaciares en el Perú que por consecuencia dejará cambios en el ciclo hidrológico. Al proceso de pérdida de masa glaciar se le ha atribuido una variable creciente en función a las actividades antropogénicas ya que está comprobado que la humanidad es considerada como un factor de riesgo climatológico. Añade también que el Perú refleja una gran extensión de glaciares trópicos que alcanza hasta los 2000 Km² aproximadamente, suma también data específica de la cordillera Blanca que abarca 720 Km² presentando una pérdida de masa glaciar de hasta 195 Km² y que por otra parte la cordillera la Viuda abarca 29 Km² presentando una pérdida de masa glaciar de hasta 21 Km², dando así una escala crítica a la situación de la Cordillera de la Viuda constituida en parte por el Nevado Rajuntay – Marcapomacocha. Por consecuente se puede atribuir a la variabilidad climatológica la pérdida dinámica de la masa glaciar y las formaciones naturales de lagunas potencialmente peligrosas contribuyentes a los desastres naturales dados en la última década.

Sintetizando [VARAS \(2017\)](#), determina que los temas de glaciares y abastecimiento hidrológico deben ser objeto de estudio en la agenda global científica con fines de previsiones futuras. La mayor importancia de un análisis dentro de una cuenca está basada en aspectos biofísicos naturales, teniendo en cuenta las probables causas de variabilidad climática y el manejo de sus sistemas ecológicos.

Por lo tanto, el enfoque principal será dirigido a la evaluación hidrológica ambiental de la Cuenca alta del Río Chillón y la regularidad del abastecimiento del recurso, a pesar de la variabilidad climatológica progresiva con el transcurrir del tiempo; que tiene como factor común la pérdida de masa glaciar y acelerada formación de lagunas. De acuerdo a lo mencionado se considerarán escenarios pasados y actuales con la finalidad de predecir acontecimiento de inestabilidad de abastecimiento hidrológico naciente de la Cordillera la Viuda (Nevado Rajuntay – Marcapomacocha), hacia las partes bajas del Río Chillón.

Habiendo planteado la problemática del escenario de la cuenca alta del Rio Chillón, Nevado Rajuntay Marcapomacocha. Se establecieron las siguientes interrogantes: ¿Cuál será la efectividad de evaluar la disponibilidad hidrológica ambiental de la cuenca alta del Rio Chillón, Nevado Rajuntay – Marcapomacocha, 2020?; ¿Cuál es la influencia del área de pérdida de masa glaciar hallada mediante imágenes satelitales y data referencial?; ¿Qué características tiene el comportamiento de la temperatura para generar una proyección de desabastecimiento hidrológico en la cuenca alta del Rio Chillón?

Consecuentemente se estimará que la efectividad es alta, para la evaluación de la disponibilidad hidrológica ambiental de la cuenca alta del Rio Chillón, Nevado Rajuntay – Marcapomacocha; así mismo se verá la influencia del área de pérdida de masa glaciar es negativa debido al avance acelerado del cambio climático hallado mediante imágenes satelitales y data referencial; Por otra parte el comportamiento de la temperatura actúa de forma creciente, lo que facilitará generar la proyección de desabastecimiento hidrológico en la cuenca alta del Rio Chillón.

Para tener un mejor enfoque en el trabajo de investigación se plantearon los siguientes objetivos: Evaluar la disponibilidad hidrológica ambiental frente al cambio climático de la cuenca alta del Rio chillón, Nevado Rajuntay – Marcapomacocha, 2020; Determinar el área de pérdida de masa glaciar mediante imágenes satelitales y data referencial; Analizar el comportamiento de la temperatura para generar una proyección de desabastecimiento hidrológico en la cuenca alta del Rio Chillón.

Actualmente se amerita obtener conocimientos sobre la importancia de cada cordillera comprendida por el conglomerado de nevados a nivel mundial con una gran significancia de extensiones superficiales encargadas del abastecimiento hidrológico tanto de manera natural como por contribuciones antropogénicas que ayudan a la sostenibilidad de las cuencas poblacionales y sus diferentes actividades (doméstica, agrícola, ganadera e industrial). Por otra parte, el Perú cuenta con una gran variedad de nevados a su disposición, no obstante, a esta

riqueza natural, existe un factor negativo denominado “cambio climático”, influyente en la degeneración acelerada del medio ambiente, alterando sus indicadores más importantes (temperatura, caudal y precipitación) con el transcurrir del tiempo. Por ende, el presente trabajo de investigación es de suma importancia, dado que los Nevados son la principal fuente de abastecimiento hidrológico hacia las cuencas altas, medias y bajas de Lima y Departamentos aledaños.

La intención de realizar una evaluación hidrológica ambiental de la cuenca alta del Rio Chillón está basada en determinar la disponibilidad hídrica de la Cordillera la Viuda (Nevado Rajuntay – Marcapomacocha) con proyecciones futuras, debido a su alarmante pérdida de masa glaciar en los últimos 50 años, al mismo tiempo se busca relacionar el factor “cambio climático” con la variabilidad de la temperatura y la continuidad de las precipitaciones medias anuales. De esta manera se busca la implementación de un adecuado sistema de manejo sostenible en la Cordillera la Viuda para evitar su acelerado retroceso glaciar; ya que muchos glaciares en el Perú cuentan con sistemas de gestión y manejo sostenible que contribuyen con la disminución de su retroceso glaciar.

Es necesario añadir que el presente trabajo de investigación es de carácter bibliográfico con recolección de datos internacionales y nacionales para crear un espacio variado de enfoques que conlleven una correlación con el fin de modelar escenario futuros de pérdida de áreas glaciares e incluso categorizar los glaciares y su posible tendencia de desaparición con el transcurrir del tiempo.

La temática debe ser consistente y sustentada con fundamentos teóricos realizados a nivel internacional y nacional para poder establecer una correlación adecuada entre el cambio climático, evaluación hidrológica y todos los factores que influyen en este proceso, así mismo se tendrán en cuenta los siguientes aportes:

Viéndose así en el artículo de la revista Scientific American titulado “El rio Colorado está en peligro de un futuro seco” (en idioma Inglés), Resume [HALL S. \(2020\)](#), y hace referencia a particularidades que posee la pérdida de abastecimiento hidrológico; considera que el río Colorado es la fuente principal de abasto hídrico para 40 millones de habitantes y que tiene una estimación de

desaparición de medio siglo en adelante, con su desaparición se perderán un aproximado de 5 millones de parcelas agrícolas, vida silvestre y poblaciones aledañas. El modelamiento empleado está en función a la variabilidad climatológica progresiva que va de la mano con el incremento de la temperatura y la notable, poco usual disminución de precipitaciones, lo que conllevarán a insostenibilidad de la cuenca del Rio Colorado.

Señala [VICTORIANO A., \(2018\)](#) dentro de su objetivo principal la clara reflexión del título, pero se trazaron objetivos específicos como caracterizar la cuenca de montaña, estudiar los procesos hidrogeomorfológicos acontecidos y por último aplicar los resultados para un posible plan de gestión de riesgos. Según el autor, realizar una predicción hidrogeomorfológica en una zona torrencial es muy complejo debido a la inestabilidad climatológica y meteorológica, No obstante, a esta variable las cuencas tienen la característica de adaptabilidad de escorrentía, pero con un cierto límite de carga de caudal. Se puede estimar factores de inestabilidad en el abasto de una cuenca y la vulnerabilidad que pueden tener las montañas bajas en función a la presencia antropogénica y sus actividades de arrancamiento de coberturas vegetales fundamentales en las precipitaciones torrenciales a las que se ve expuesta esta zona por temporadas.

Según el artículo científico publicado por el Revista Geoparque Mundial de la UNESCO, sintetizado por el autor [BELMONTE \(2017\)](#), Los glaciares son considerados como uno de los principales agentes geodinámicos expuestos, los cuales presentan una gran condición morfogenética y una temática de caracterización compleja que en siglos pasados cubrían en grandes proporciones extensiones territoriales de la superficie terrestre, en la actualidad se percibe diferente la apariencia superficial por un fenómeno climatológico denominado “Calentamiento Global”, añadiendo así el incremento de formaciones deposicionales del recurso hídrico (lagunas), esto también es un indicador que muestra las consecuencias del cambio climático, por lo que las sugerencias institucionales se ven obligadas a trabajar en función a la introducción de programas que contribuyan a los análisis del retroceso glaciar y los diversos mecanismos de erosividad de la actualidad.

Según el artículo científico publicado por la Revista Scientific American Español titulado “Temperaturas del último periodo interglaciar sugieren que tendremos un incremento del nivel del mar” en su planteamiento el [SINC \(2017\)](#), La temática de esta investigación está constituida por la comparación de data referencial obtenida del núcleo de sedimentación y modelos térmicos propuesto en las décadas de los 70', 80', 90' y la actualidad; referencias pasadas atribuyen que existió una interglaciación hace 129.000 años que tenía características muy similares de la temperatura en la década de los 70' y 80' denominada “estable”, pero no obstante a eso se estimó que hace 125.000 años la temperatura inicio una variabilidad en el océano de 0.5°C aproximadamente, presentándose así similitudes climatológicas a las de la época actual (2020), lo que conlleva a una alteración en el ciclo hidrológico y aceleración en el retroceso glaciar.

Según la información técnica para la comprensión del incremento de la temperatura y su repercusión hacia el recurso hídrico; [NEPAL \(2016\)](#), sostiene que se debe brindar mayor importancia a la gestión del recurso hídrico. El enfoque de su estudio se desempeñó en la evaluación del comportamiento climatológico en función de acontecimientos pasados para realizar proyecciones a futuro mediante programas estadísticos. El modelo que se puso en manejo para las proyecciones fue denominado J2000 capaz de trabajar con data del año 1995 hasta el 2096, prediciendo variabilidades climáticas futuras. Demostró que la cuenca del Rio Koshi incrementó su temperatura en 0.058 °C/año como tasa más alta y 0.014 °C/año como tasa más baja. La problemática del año 2010 hacia adelante será la evapotranspiración y su repercusión ante las nevadas y cordilleras frente al evidente incremento de la temperatura y a su consecuente incremento de escorrentías.

Por consiguiente en el artículo de la revista Scientific American titulado “Hielo de macizo Boliviano será salvado para generaciones futuras” (en idioma Inglés), Constituye su idea plasmada por [MOLINA F. \(2016\)](#), se refiere a el Nevado Illimani como el emblema principal de la cordillera de los Andes Bolivianos, característico por la altura sin precedente que alcanza los 6.462 m.s.n.m con un aproximado de 8 Km de longitud perimetral. Este gran patrimonio fue objeto de estudio para una técnica innovadora de conservación del hielo, la base

experimental fue recolectada para su transportación hacia la Antártida, con fines de sepultarla en 10 metro bajo la capa superficial de hielo a un promedio de temperatura que bordea los -54°C y de esta manera desarrollar la conservación del hielo para generaciones futuras y evitar su contacto con medios contaminantes. El fundamento básico de la implementación de esta nueva metodología contribuyente a la conservación de recursos se enfoca en el Nevado Illimani debido a que las características de este cuentan con particularidades con mayor relevancia que otros.

Por otra parte, [CAMPOS D., \(2015\)](#), indica que alguna predicción referente al cambio climatológico en México está en función al incremento térmico y la disminución de la precipitación media anual; Por lo tanto es siguiente aporte está constituido por 02 escenarios con comportamiento similares pero capaces de dar una tendencia verídica del futuro incierto; se planteó un objetivo de carácter estadístico para identificar la tendencia de las precipitaciones y otro de los objetivo fue cuantitativo con el propósito de proyectar las precipitaciones actuales y ver si en el futuro la tendencia se aleja de la media. Concluyendo que solo 02 registros de las 30 estaciones pluviométricas analizadas evidenciaron una tendencia decreciente.

Un artículo de la revista Digital Science Direct publicado dentro de la Revista Iberoamericana del Agua, según [CHÁVEZ A. y GONZÁLES D., \(2015\)](#), el problema en síntesis es la demanda creciente innecesaria del recurso hídrico a pesar de la baja disponibilidad de este. Esta mala práctica a implicado que se inicien las restricciones debido a las pérdidas ecosistémicas y medioambientales, considerando que en la actualidad existe un factor encargado de la aceleración del desabastecimiento hidrológico, denominado “cambio climático”. El presente artículo maneja la tesis de una adecuada sensibilización con visiones futuras; El objeto de análisis será la cuenca del Guadalquivir (España), que presenta problemas de abastecimiento y manejo que evidentemente serán mucho mayores con la suma del factor cambio climático; no obstante, concluye que, implementado un adecuado sistema de reducción y distribución del recurso, se puede incrementar la disponibilidad hidrológica para el abastecimiento de las parcelas agrícolas y mantener el consumo doméstico.

Según un artículo de la revista Digital Science Direct publicado dentro de la Revista Boletín Mexicano de Derecho Comparado titulado “Integrated management hydrix basin: Gualjaina river basin, Chubut, Argentina” por [FERRER V. y TORRERO M., \(2015\)](#), Indica que la Patagonia parte de Argentina sitúa una cuenca hidrográfica de entre 2500 a 3000 Km²; que se maneja de forma positiva y sustentable con factores físicos y antrópicos añadiendo a esto un marco legal bien constituido; el objetivo de abastecer una cuenca poblacional explotando una hidrológica debe considerar el ámbito de sostenibilidad y preservación con miras hacia generaciones futuras. Para lograr el buen manejo de una cuenca conjunta se deben poner en orden el funcionamiento de cada entidad dentro del proceso de operacionalización y viabilidad (Instituciones, consorcios, municipios y gobiernos regionales); Así se logrará la ejemplificación de un adecuado manejo sostenible.

Por otra parte, brinda una temática innovadora, [AGARWAL, BABEL y MASKEY \(2014\)](#), mediante el presente estudio analizaron proyecciones de precipitación en una cuenca denominada Rio Koshi en Nepal formulando una variedad de modelos de circulación general aplicando una secuencia estadística de reducción a escala denominada LARS-WG. El enfoque era dirigido hacia escenarios futuros dentro del rango actual 2020 hasta el año 2090; encontrándose así una previsión alarmante, y poco lógica a las diferencias actuales de la precipitación media anual (2020) no tendrían mucha significancia en la última década (2030), pero no obstante a esto la significancia se incrementará con grandes diferencias para las décadas del 2055 en adelante hasta el 2090 lo que se verá reflejado en el aumento de un posible periodo de humedad y la disminución de un periodo seco.

Añadiendo, un gran aporte [CONSOLI y VANELLA \(2014\)](#), baso su estudio en tecnología de teledetección y evaluación del balance energético superficial empleando las variables de la temperatura en superficie radiométrica y el calor sensible para la obtención de datos del flujo de evapotranspiración de superficies hidrológicas consideradas fuentes de abastecimiento. Comparan también los componentes de un ambiente ecológico para comprobar su rendimiento; es

decir; se evaluaron los factores mencionados en dos escenarios, superficie del suelo desértico y superficie del suelo con vegetación; mediante la aplicación de esta metodología se puede estimar la sensibilidad del suelo y la tendencia que puede tener ante un posible estrés hídrico, todo esto será en función a la metodología radiométrica de la variabilidad de la temperatura superficial.

Indica, [CANO M., \(2014\)](#), que se debe estudiar y analizar los principales instrumentos y mecanismos que el Estado de Guatemala ha implementado para la gobernabilidad del recurso hídrico y su contribución con la gestión de los mismos; Su enfoque temático va dirigido a las condiciones de precariedad en la gestión hídrica que posee Guatemala a pesar de tener abundancia del mismo, por otra parte esta problemática se ve evidenciada por sectores que enmarca temas ambientales, sociales e incluso económicos lo que va generando una preocupación de entidades y gobiernos encargados del manejo de la misma, considerando así que la pérdida de abastecimiento del recurso puede llegar en cualquier momento, añadiendo a estos temas sociales los factores que van progreso (cambio climático).

Indicó [PACHECO E., \(2013\)](#), que las unidades de análisis se dividieron en dos periodos (1993 – 2005 y 2005 – 2012), en los cuales se logró percibir el la estabilidad de la escorrentía a causa del abandono de las áreas agrícolas y el incremento de colchones forestales, lo que contribuye de forma beneficiosa con el abastecimiento hidrológico de las zonas bajas ya que se regulan los procesos naturales de infiltración; se optó por utilizar tecnología de monitoreo automático para percibir incrementos en la temperatura que con normalidad bordeaba los 15 °C, variabilidad en la precipitación media anual y la transportación de sedimentos disueltos en el agua. Se logra concluir que la cuenca puede manifestar signos de vulnerabilidad ante las épocas de escorrentía, conllevando una relación directamente proporcional a época de lluvias (Otoño – Invierno).

Sumando [VACCAREZZA F., \(2012\)](#) en su tesis doctoral titulada “Gestión Ambiental de Turberas en Magallanes (Chile)” el cual tiene por objetivo principal Caracterizar las Turberas de los Magallanes en – Chile, con la finalidad de destacar las características excepcionales que poseen las turberas y su gran

capacidad de acumulación del recurso hidrológico capaz de mantener todos los componentes del agua en equilibrio, por otra parte estas sobresaturan el suelo y lo mantienen permanentemente húmedo con disposición de abastecimiento para las partes aledañas, se puede percibir la presencia de estas turberas en lugares altioplánicos donde la evapotranspiración es casi nula debido a las temperaturas bajas; en conclusión el estudio busca el uso sostenible y racional de las turberas como fuentes de abasto secundarias en las cuencas que alberguen este recurso.

Por otra parte, [CIAPPA A, PIETRANERA L y BATTAZZA F, \(2010\)](#), nos dicen que se evaluó el Glaciar Perito Moreno ubicado en el Parque Nacional de los Glaciares (Patagonia, Argentina), la investigación se dio a base de imágenes de banda X del año 2009, apoyando sus hallazgos con imágenes del satélite COSMO SkyMed, aumentando de esta manera las resoluciones de las imágenes para la apreciación y diagnóstico de las problemática puesta en cuestión; de esta manera se logró estimar el desplazamiento glaciar y su variabilidad másica analizando factores de velocidad u correlación cruzada.

Otro artículo de la revista Digital Science Direct publicado dentro del libro Cambio Global y Planetario titulado “Elevación del hielo y cambios de área de los glaciares del campo de hielo de la Patagonia Norte, Chile” (en idioma Inglés), sustenta [RIVERA A, et. al., \(2007\)](#), que se han considerado datos de pérdida de masa glaciar superficial de hasta -4.0 entre 0.97 ma^{-1} ; en las extensiones de hielo de la Patagonia (Chile), se percibe esta data de las últimas 3 décadas mediante fuentes satelitales y modelos topográficos guiados por sensibilidad térmica, facilitando así la identificación de áreas perdidas. No solo las zonas centrales de la Patagonia han sido punto de quiebre del incremento térmico debido a que todos los 45 glaciares aledaños han sido afectados con la disminución de masa superficial, esto se evidencia claramente con las malformaciones de nuevos depósitos naturales del recurso hídrico (lagunas) y grandes cambios incrementos de áreas desérticas o con vegetación.

Indicó [PALLÁRES A., \(2005\)](#), que la planificación hidrológica de cuenca intercomunitaria es un instrumento esencial para el manejo sustentable. Toma

un enfoque cualitativo complementario en la legislación ambiental, para un manejo adecuado de todos los recursos que estén a la disponibilidad de la población dentro de una cuenca poblacional. Concluye que todo aquel recurso natural que forme parte de un sistema ecosistémico abierto puede ser utilizado, pero también debe ser repuesto, esto conlleva al uso racional y consiente de cada uno de estos. Este enfoque se da desde una perspectiva antropogénica sustentable apoyada en la Artículo 45 de la Constitución Política de España.

Continuando el artículo de la revista Digital Science Direct publicado dentro del Libro Palaeogeography, Palaeo Climatology, Palaeo Ecology titulado “Multiple glaciations of the Cordón of Plata, Mendoza, Argentina” (en idioma Inglés), Abarca [WAYNE W y CORTE A, \(1983\)](#), que existe una cuenca denominada río Blanco que constituye su abastecimiento de 4 glaciaciones, alrededor de esta cuenca se manifiestan diferentes características geomorfológicas dadas por la erosión, meteorización, transporte y posterior sedimentación; estos procesos dieron cabida a la aparición de morrenas en las partes bajas de la cuenca; lenguas glaciares en las partes altas e incluso apariciones de Tills, estos procesos son característicos de la dinámica de los glaciares, lo cual no implica el desabastecimiento hidrológico, pero sí influencia en el transporte de este; debido a que puede ser que se arrastren sedimentos y saturen el ingreso para el tratamiento del recurso y su posterior abasto.

Así mismo es necesario contrastar información internacional con la información constituida dentro del litoral Nacional, viéndose así los siguientes aportes:

Según [RAMOS \(2018\)](#), Para realizar su estudio lo hizo mediante datos estadísticos obtenidos por la data del SENAMHI para ello tomo en cuenta la precipitación y temperatura que se presenta mensualmente y para tener un mejor enfoque utilizo las imágenes satelitales emitida por la NASA mediante Landsat 5 y con la ayuda ARCGIS 10.4, definió las áreas de los nevados para tener una mejor visión de los lugares. Llego a la conclusión que en el departamento de Arequipa está registrado por 3 regiones climáticas definidas, explica también que en la “región 1” la precipitación inicia en el mes de diciembre y termina en el mes de marzo, teniendo un rango de 214 mm a 736 mm. También manifiesta que la

temperatura en este lugar tiene un incremento en sus valores y esto se da por algunos fenómenos climatológicos que se presentan durante los meses.

Según [VARAS \(2017\)](#), los pobladores de San Felipe de Culhuay, manifiestan que han evidenciado todos los cambios biofísicos y políticos que se han presentado en los últimos años. Se llegó a la conclusión que los pobladores sufren las consecuencias de un gobierno mal organizado y al mismo tiempo los cambios con respecto al clima (calentamiento global) influye en sus culturas y avances económicos, ellos exigen que se les tome en cuenta para realizar algunos cambios en su comunidad ya que vulneran sus derechos y al mismo tiempo son explotados para cuidar estos recursos que en la mayoría es beneficio para los pobladores de las zonas bajas. Los pobladores de esta comunidad cuentan que han observado que el nevado de la cordillera La Viuda ha perdido su espesor glaciar, ellos manifiestan que esto se debe al calentamiento global y que también se dan por las malas acciones de los políticos que buscan saciar sus necesidades sin importan las consecuencias que se está presentado, incluso se sabe que este lugar no ha sido tomado en cuenta para estudio y conservación, siendo el mayor aportante del recurso hídrico para Lima Metropolitana.

Según [CASTILLO \(2017\)](#), para realizar su estudio uso las imágenes satelitales Landsat 5 TM, de esta manera pudo observar de como la masa glaciar superficial ha evolucionado y también como se ha dado el retroceso glaciar en los últimos años, para tener un mejor estudio tomo en cuenta 5 años particularmente (17/06/2002, 22/05/2007, 12/06/2012, y 15/06/2016). Concluyendo que de acuerdo a los años tomados en cuenta la masa glaciar superficial del año 1997 presentaba una masa de 237.092867 (ha), pero en el año 2016 tiene una masa 185.363122 (ha). El cual hace una diferencia del 78% con respecto al año 1997, viéndose así que se ha perdido un 22% de masa glaciar en los últimos 19 años.

Según [TERRONES A. y HERRERA C. \(2015\)](#), para la elaboración de su trabajo utilizo los datos recolectados de las técnicas que se desarrollaron en base a las muestras emitidos por el ANA y la DIGESA en función a la calidad del agua del río Chillón y para determinar los parámetros de los estándares de la calidad del suelo utilizaron muestreos para ser estudiados y analizados en laboratorio, para

tener un análisis estadístico se optó por utilizar el software SPSS Y ARCGIS 9.03, mediante estos instrumentos se pudo delimitar la área de estudio de la cuenca baja del río Chillón, donde se identificó las causas y los posibles efectos de una agua contaminada. Llego a la conclusión que las agua de la cuenca baja del río Chillón presentan una mala calidad, el cual no es apta para la agricultura, ni para el consumo de los animales debido a que se encontró altos porcentajes de metales pesados de Cd y Pb, este mismo problema también se encuentra en el suelo, esto se debe que en la zona existe la presencia de botaderos de residuos sólidos urbanos e industriales los cuales causan un terrible daño al agua y suelo.

Por otro lado un artículo científico publicado por el MINAM y por [PEÑA y SULCA \(2013\)](#), se basan en que las últimas décadas se ha buscado diferentes manera de explorar la disponibilidad de aguas subterráneas para el abastecimiento agrícola y doméstico para el sustento poblacional. Mediante la búsqueda se ha logrado identificar que la topografía varía en función al relieve natural de la zona a evaluar, este factor influirá en el reconocimiento litológico y la geomorfología que reside el lugar; esto permitirá determinar la composición superficial del suelo rocoso y su adaptabilidad a la recepción y almacenamiento del recurso hídrico; es decir; influirá la permeabilidad de la superficie para dictaminar la presencia de aguas subterráneas, consecuencia característica de la infiltración de las aguas superficiales, las cuales sirven para la obtención de reservorios naturales.

Según el artículo científico publicado por el MINAM en su planteamiento [GALIANO, WILLIAMS, LATORRE, NÚÑEZ, FARFÁN, PUMACHAPI y LUZA \(2013\)](#), atribuyen que la cordillera de Vilcabamba es considera una de las vertientes de abastecimiento hidrológico para el Santuario Histórico “Machu Picchu” estas vertientes nacen de las altura de los glaciares, los cuales también se encargan de abastecer y mantener la flora y fauna presente en los ecosistemas altoandinos de “T’ASTA” ubicado entre 3,500 a 4,200 m.s.n.m.; este lugar se destaca por conservar la biodiversidad y al mismo tiempo proteger y gestionar el abasto hídrico en los Andes del Perú. El aporte de la presente se manifiesta con la finalidad de establecer y crear una Reserva de Biosfera

Vilcabamba – Urubamba, implementando la gestión y manejo sostenible de los sistemas glaciares dispuestos.

Según [RUIZ \(2013\)](#), realizó una reconstrucción paleogeografica y paleoclimatica de la zona cordillerana y extra andina entre los 42° y 43° de latitud sur desde el LGM hasta la actualidad. Para realizar dicho estudio se hizo un análisis de las evidencias y procesos glaciares y periglaciales que se presentaron en ese transcurso, utilizando de variables las características geomorfológicas, sedimentológicas y cronológico de sus geoformas, de esta manera se busca conocer el modelo de los paisajes en el pasado y como se encontrara a futuro. Se concluyó que el área de estudio con respecto a los glaciares cubre una área de 148.9 km² (inventario 2007/08). A diferencia de un inventario que se realizó en 1987, demostrándose así que se presenta una pérdida de área total del 12%.

Según [ESPINOZA, RONCHAIL, GUYOT, LAVADO y SANTINI \(2012\)](#), constituyen una teoría basada en diversos acontecimientos hidrológicos inestables que han causado problemas, manifestándose en forma de sequías e inundaciones. Para poder desempeñar el estudio en base a los acontecimientos dados, optaron por operacionalizar con datos reales y en tiempo real, estos fueron evaluados mediante la estación Hidrométrica de Tamshiyacu, presentándose así de manera remota en abril del 2012 el caudal más alto de las últimas décadas (55.400 m³/s). Se definió también que la causa de las sequias se debe a las anomalías que experimenta el ciclo hidrológico por la debilidad de vientos provenientes del mar Atlántico tropical Norte lo que consecuentemente origina anomalías en la continuidad de los caudales y lluvias.

Según [CERNA, M. \(2012\)](#), Para la realización del presente estudio utilizo la Teledetección el cual ayuda a adquirir una información sin tener contacto con el objetivo y este al mismo tiempo mide los parámetros a estudiar como son la precipitación y la temperatura en función al nevado, para ello utilizo los sensores ASTER, TM y ETM de los satélites TERRA y Landsat. Llego a la conclusión que la Teledetección es una buena herramienta que ayuda tener un mejor enfoque en las variaciones el cual determinar el área de los nevados y al mismo tiempo se observa el volumen de masa glaciario perdido, cumpliendo así con los objetivos

trazados en donde se encontró una diferencia en su tamaño de +27 con respecto a la base de los modelos de la carta Nacional en el cual se presenta una escala de 1: 1000.000 emitido por el Instituto nacional del Perú teniendo un error aproximado de -7,5m, también expresa que el nevado Huascarán ha perdido su masa glaciaria en 5,364 km³ el cual representa el 33% de su volumen que se tenía en 1973 el cual hace una diferencia de 0,422 km²/año.

Según el [MINAM \(2010\)](#), busca que las entidades como el SERNANP, MINCETUR, INIA, MINAG y otras, tengan consideraciones para incrementar mediante el turismo una economía que contribuya a las áreas naturales protegidas (ANP) y la vez busca que los servicios ambientales sean aprovechados. Se conoce que el Perú es un país rico en biodiversidad, pero algunos de estos lugares carecen de atención por las autoridades, siendo así explotadas de una forma irreparable, sin un manejo adecuado, que a largo plazo es perjudicial para mantener un desarrollo sostenible. Con respecto al recurso hídrico se ha evidenciado que un inadecuado manejo de este puede lograr el desabastecimiento total, para eso es importante que los cuerpos de agua residuales no sean vertidos a las aguas naturales.

II.- METODOLOGÍA

El presente trabajo cuenta con un diseño de investigación **no experimental-longitudinal** debido a que su desarrollo se dará sin alterar ningún dato ni variable, lo que ocasiona identificar las facetas cronológicas del cambio que se presente dentro del área de estudio, para consiguientemente ser evaluados, por otra parte se considera también longitudinal o progresiva, porque este tipo de estudio está conformado por un análisis en base a los tiempos y sus factores que hayan presentado cambios durante el paso de diversos periodos, favoreciendo así la proyección de posibles escenarios futuros (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

La presente buscará observar los fenómenos acontecidos dentro del marco contextual delimitado de un mismo universo, elaborando un orden cronológico para trazar un modelo de **tendencia**.

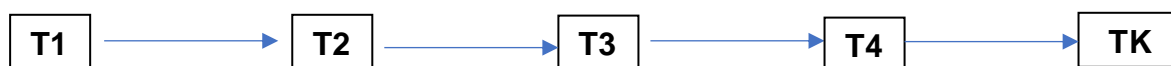


Figura N°1. Modelo de tendencia

Fuente: Adaptado de [Hernández, R., 2014.](#)

T1: Escenario 1

T2: Escenario 2

T3: Escenario 3

T4: Escenario 4

TK: Tendencia obtenida

Por consiguiente Para conllevar una organización adecuada de las variables definidas en el presente trabajo se optará por elaborar una matriz de operacionalización de variables:

Cabe mencionar que dentro del proceso metodológico, se consideró identificar las bases de datos que contribuirán con el presente artículo de revisión bibliográfica, para esto existen categorías, dentro de las revistas se encuentran la Revista Scientific American, Scientific American Español, Geoparque Mundial (UNESCO), Journal Hydro-Environment, Digital Science Direct y Dialnet. Seguidamente se recopiló datos de los siguientes Repositorios; Universidad de

San Carlos de Guatemala, Universitat de Barcelona, Universidad Agraria la Molina (UNALM), Institución Olavide (RIO), Universidad César Vallejo (UCV), Universidad Nacional del Callao (UNAC) y la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM). Además se usaron las bases de datos de las siguientes entidades Ministerio del Ambiente (MINAM), Geo GPS Perú y el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI).

Para finalizar el fundamento práctico y aplicativo se utilizarán los siguiente softwares; ArcMap 10.5, Google Earth y Excell.

III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para evaluar el área de influencia dentro del presente trabajo de investigación y cumplir los objetivos trazados en la parte inicial, se considerará la separación de pasos para la obtención de los resultados.

Inicialmente se evaluará la disponibilidad hidrológica ambiental frente al cambio climático de la cuenca alta del Río Chillón mediante el modelamiento y aplicación de diversos escenarios con el software ArcMap 10.5 y se tendrá en consideración el área total de la Cuenca Chillón, para identificar adecuadamente la microcuenca “Alto Chillón” que consecuentemente es el objeto de análisis de la presente.

Además se evidenciará el cumplimiento de determinar el área de pérdida de masa glaciaria mediante imágenes satelitales y data referencial; para esto se empleará la data recolectada por INAIGEM que establece una relación cronológica mediante varios análisis realizados por diversas entidades que identificaron una clara pérdida de masa glaciaria a Nivel Nacional, añadiendo a esto se modelará con el software ArcMap 10.5 el área actual de la masa glaciaria que concierne a la microcuenca “alto Chillón”, para esquematizar los resultados se utilizará un gráfico lineal de correlación entre el tiempo y la pérdida de masa glaciaria, sumando a esto una imagen modelada del área actual

Para finalizar se analizará el comportamiento de la temperatura para generar una proyección de desabastecimiento hidrológico en la cuenca alta del Río Chillón, este punto se resolverá con la recolección de la base de datos del SENAMHI dada por las estaciones hidrometeorológicas identificadas con el software ArcMap 10.5 como más próximos a la microcuenca “alto Chillón” para realizar un análisis esquematizado y diferenciado en relación a la temperatura y el desabastecimiento hidrológico, también se realizará un mapa con la finalidad de reconocer las áreas con mayor influencia de radiación solar, lo que evidenciará las temperaturas promedio anuales y se relacionará con su influencia sobre el desabastecimiento hidrológico

Para lograr delimitar el área de estudio es necesario tener herramientas que faciliten el proceso, así mismo, se debe tener en cuenta que el modelamiento es una de las herramientas principales que se emplearán en el presente trabajo de

investigación, para iniciar la delimitación se estableció como fuente principal la página de GEO-GPS-PERÚ, encargada de la publicación de planos cartográficos digitales a nivel nacional y mundial, se tomaron los documentos shaperfile para introducirlos como superficies en el software ArcMap 10.5; seguidamente se delimitaron las áreas influyentes para modelar en función a los objetivos trazados.

El primer paso está constituido de la elaboración de mapas explícitos con el software ArcMap 10.5 para el cumplimiento y esquematización de cada uno de los objetivos, Además se añadirán datos referenciados y procesados en tablas de Excell con la finalidad de analizar mayores incidencias en las máximas temperaturas y precipitaciones medias anuales en diversos periodos contabilizados (1970-1979, 1980-1989, 1990-1999, 2000-2009, 2010-2014), cabe resaltar que ningún dato será alterado en beneficio de la investigación, la base de datos consultada será el SENAMHI y los puntos de análisis serán las estaciones hidrometeorológicas de HUAROS, PARIACANCHA y CANTA (OBRAJILLO). Para complementar la temática de los resultados y su adecuada composición utilizará la base de datos registrada en el año 2017 del INAIGEM para determinar la influencia del cambio climático en la Cordillera la Viuda (punto naciente del Nevado Rajuntay).

Inicialmente para identificar la cuenca del Chillón en la **Figura N°2** se agregaron las superficies más apropiadas que contrasten los 3 departamentos sobre los que la cuenca del Chillón tiene influencia, además para evaluar la disponibilidad hidrológica ambiental se identificarán en la **Figura N°3** cuales son las fuentes nacientes del recurso hídrico y cuáles son sus cauces considerando ríos y quebradas, por último en la **Figura N°4** se estimarán cuáles son los centros poblados a los que la microcuenca “alto Chillón” abastece y cuáles han sido las incidencias antrópicas sobre dicha microcuenca. Por otra parte para observar la disponibilidad del recurso hídrico mediante las precipitaciones, se establecerán los siguientes periodos (1970-1979, 1980-1989, 1990-1999, 2000-2009, 2010-2014).



Figura N°2. Mapa de la cuenca del Río Chillón y su extensión por 03 Departamentos

Se determinó mediante el modelamiento en el software ArcMap 10.5 que la cuenca Chillón interconecta 3 departamentos del Perú, dentro de esta consideración se encuentran el Callao, Lima y en pequeña proporción Junín. La conexión de estos tres departamentos en mención se clasifica en subgrupos básicos en función a su ubicación; microcuenca “Bajo chillón”, microcuenca “Media Chillón” y para finalizar el área de estudio principal microcuenca “Alto chillón”; así mismo, se estableció una relación entre la distribución del área total de la cuenca chillón y su importancia, debido a que interconecta las zonas altas de Nevados y glaciares con las zonas de desembocadura hacia el mar, previamente abasteciendo del recurso hídrico a una gran cantidad de población distribuida por toda la extensión territorial de la cuenca.

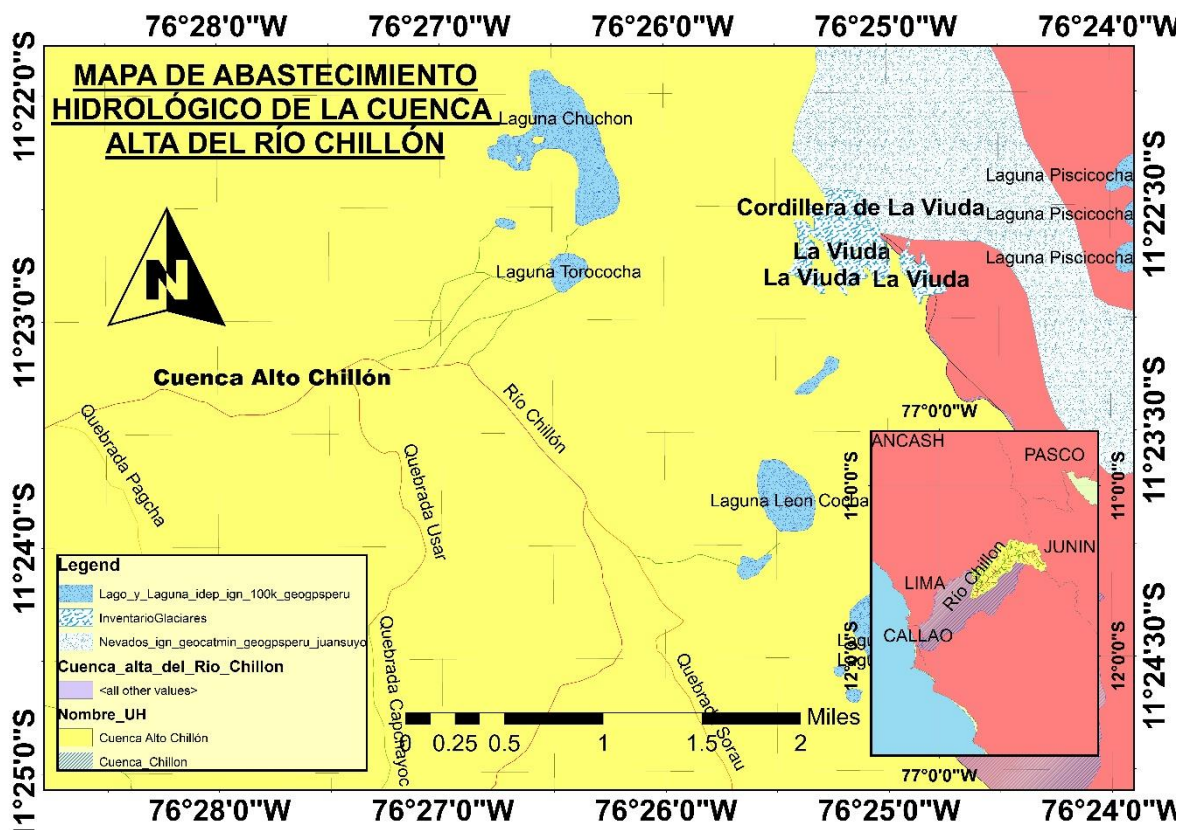


Figura N°3. Mapa de abastecimiento hidrológico de la cuenca alta del Río Chillón

Se puede corroborar la importancia de las lagunas, nevados y glaciares situados bajo cordilleras, en el abastecimiento y disponibilidad del recurso hídrico para diferentes actividades, uso doméstico, riego, ganadería y proyectos. En el transcurso del cauce del Río Chillón que se encuentra señalado con color rojo en el mapa, identificando que se ve alimentado por quebradas interconectadas con las lagunas Chuchon, Torococha y León. Se ponen en mención las 3 lagunas por la clara proximidad al “Nevado Rajuntay” situado dentro de la “Cordillera La Viuda”, los cuales abastecen a una gran cantidad de lagunas pero por las largas extensiones territoriales que posee. Las lagunas que se encuentran fuera del área de estudio no son consideradas en el presente mapa debido a que no influyen en el abasto de las quebradas y ríos de la microcuenca “alto Chillón”.

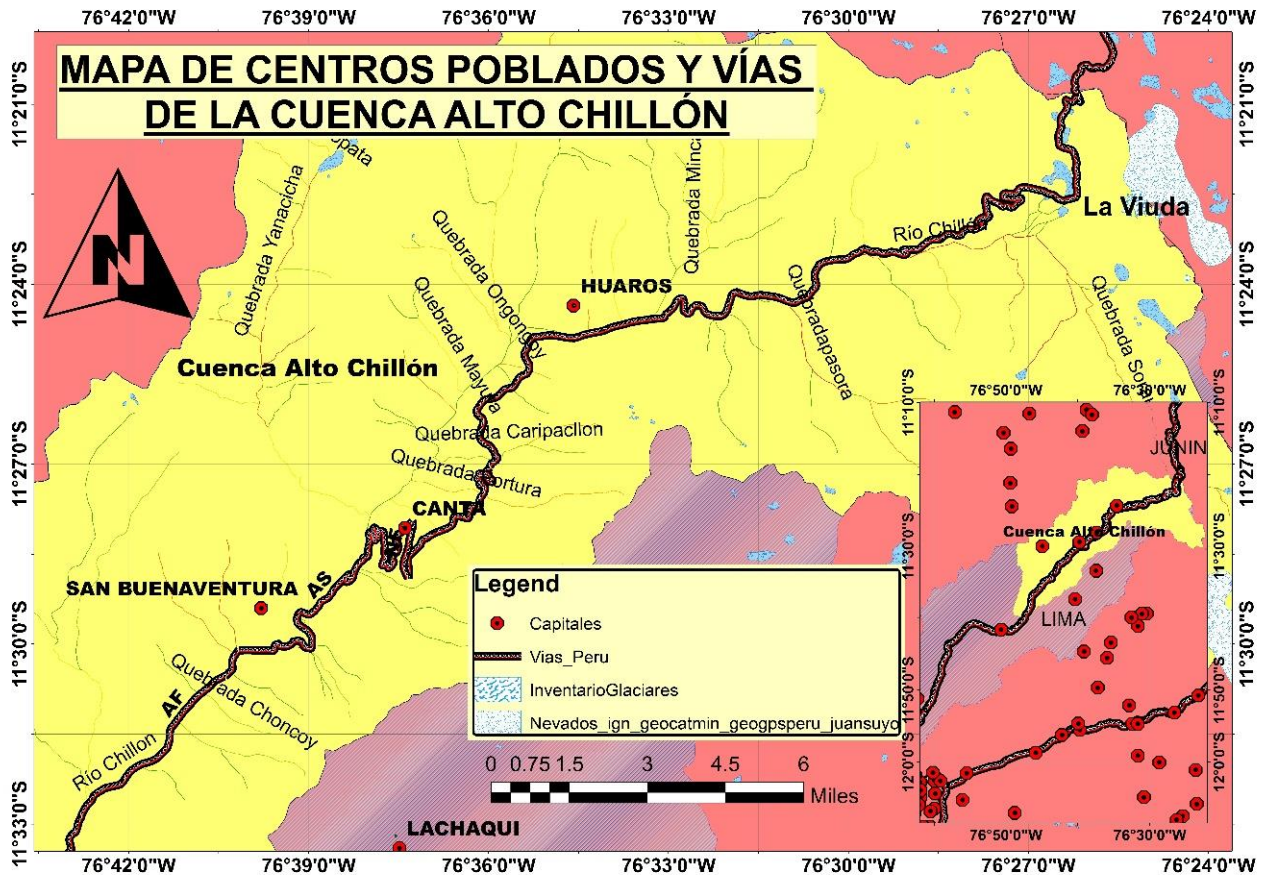


Figura N°4. Mapa de Centros poblados y vías de la cuenca alto Chillón

Proyectando así los análisis realizados a los mapas anteriormente presentados y estableciendo una relación directa entre el abastecimiento hidrológico y la población que se beneficia con el mencionado recurso, cabe resaltar que exactamente dentro de la microcuenca “alto Chillón” existen 4 centros poblados registrados, estos son: Huamantanga, San Buenaventura, Canta y Huaros, así es como se puede dictaminar la disponibilidad hidrológica de la cuenca alta de río Chillón y observar como las quebradas y ríos transcurren su cauce abasteciendo los centro poblados. Consecuentemente por naturalidad y gravedad se establece una secuencia mediante el Río Chillón que facilita la interconexión de las zonas altas y bajas cumpliendo su fin. Además una característica que se debe añadir son las actividades antrópicas y su efecto ante el medio ambiente en común, el mapa evidencia una carretera que fragmenta la microcuenca “alto chillón”, con una proximidad muy significativa al Río chillón, lo que ocasiona incremento de residuos en el caudal y su cambio de composición por vertidos poblacionales e industriales.

Además para complementar la información inferencial obtenida, se apoyó el presente trabajo de investigación en un análisis de datos puesto a disponibilidad por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI).

Tabla N°1. Ubicación de Estaciones Hidrometeorológicas

Estación	Coordenadas		Altitud	Departamento
	Latitud (S)	Longitud (W)		
Pariacancha	11°23'36.84" S	76°30'9.44" W	3842 m.s.n.m.	LIMA
Huaros	11°24'26.75" S	76°34'32.89" W	3569 m.s.n.m.	LIMA
Canta (Obrajillo)	11°28'16.37" S	76°37'32.5" W	2818 m.s.n.m.	LIMA

Fuente: Elaboración propia, los datos fueron recolectados del SENAMHI

La recolección de datos para el análisis de las precipitaciones y su relación al abastecimiento hidrológico se dio en tres estaciones hidrometeorológicas dentro de la zona de estudio, con diferentes ubicaciones que fluctúan de los 2500 m.s.n.m. y los 4000 m.s.n.m.

Tabla N°2. Datos de precipitación máxima acumulada recolectados en la estación Hidrometeorológica Pariacancha en los últimos 50 años.

Estación	Periodo	Año con Mayor incidencia	Precipitación Máxima Acumulada (mm/día)
PARIACANCHA	1970 - 1979	feb-75	37.9
PARIACANCHA	1980 - 1989	ene-81	46.2
PARIACANCHA	1990 - 1999	mar-98	38
PARIACANCHA	2000 - 2009	ene-00	25
PARIACANCHA	2010 - 2014	dic-13	32.2
PARIACANCHA	2020	may-20	16.5

Fuente: Elaboración propia, los datos fueron recolectados del SENAMHI

Se elaboró un seguimiento por las últimas 5 décadas para identificar cuáles fueron los años con mayores incidencia en precipitaciones máximas acumuladas en periodos superpuestos de 9 años registrados en la estación PARIACANCHA.

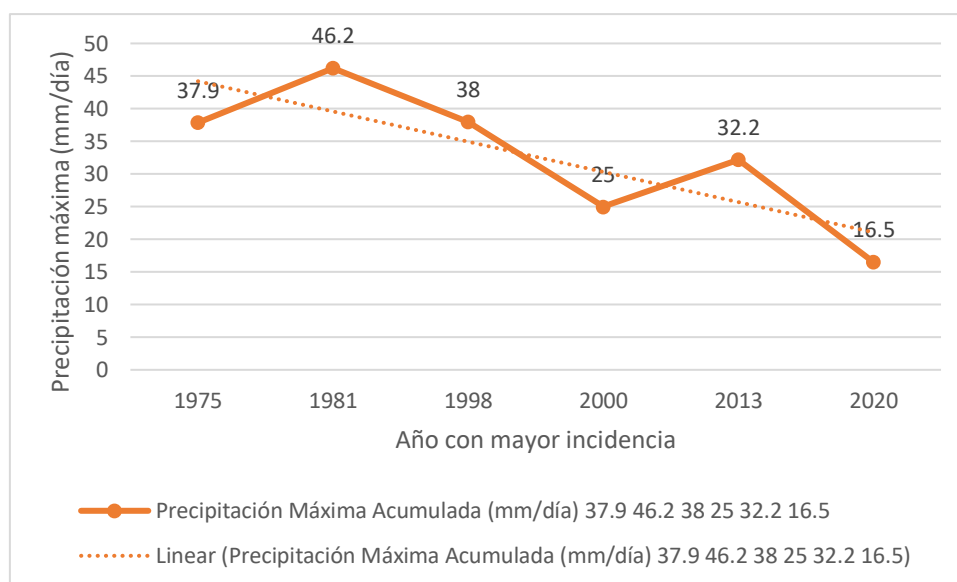


Figura N°5. Proceso evolutivo de la incidencia de precipitaciones máximas registradas por día (mm/día) en la estación PARIACANCHA

Fuente: Elaboración Propia, los datos fueron recolectados del SENAMHI

Se logra identificar la variabilidad en la precipitación máxima al día registradas en los últimos cincuenta años, evidenciando mediante una línea de tendencia, el notorio descenso en la precipitación por lo cual la disponibilidad hídrica cada vez es menor.

Tabla N°3. Datos de precipitación máxima acumulada recolectados en la estación Hidrometeorológica Huaros en los últimos 50 años.

Estación	Periodo	Año con Mayor incidencia	Precipitación Máxima Acumulada (mm/día)
HUAROS	1970 - 1979	mar-73	44.4
HUAROS	1980 - 1989	feb-84	31.8
HUAROS	1990 - 1999	feb-94	26.4

HUAROS	2000 - 2009	mar-01	24.4
HUAROS	2010 - 2014	dic-13	28.4
HUAROS	2020	may-20	9.8

Fuente: Elaboración Propia, los datos fueron recolectados del SENAMHI

Se elaboró un seguimiento por las últimas 5 décadas para identificar cuáles fueron los años con mayores incidencia en precipitaciones máximas acumuladas en periodos superpuestos de 9 años registrados en la estación HUAROS.

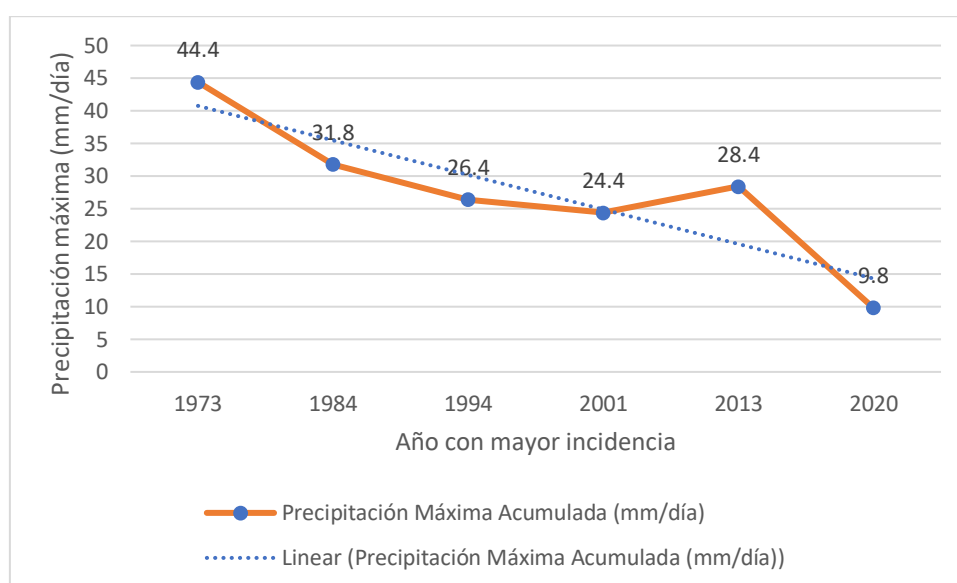


Figura N°6. Proceso evolutivo de la incidencia de precipitaciones máximas registradas por día (mm/día) en la estación HUAROS

Fuente: Elaboración Propia, los datos fueron recolectados del SENAMHI

Se logra identificar la variabilidad en la precipitación máxima al día registradas en los últimos cincuenta años, evidenciando mediante una línea de tendencia, el notorio descenso en la precipitación por lo cual la disponibilidad hídrica cada vez es menor, coincidiendo con la data referenciada de la estación HUAROS

Tabla N°4. Datos de precipitación máxima acumulada recolectados en la estación Hidrometeorológica Canta (Obrajillo), en los últimos 50 años.

Estación	Periodo	Año con Mayor incidencia	Precipitación Máxima Acumulada (mm/día)
CANTA OBRAJILLO	1970 - 1979	ene-70	44.4
CANTA OBRAJILLO	1980 - 1989	ene-86	31.8
CANTA OBRAJILLO	1990 - 1999	mar-98	26.4
CANTA OBRAJILLO	2000 - 2009	ene-01	24.4
CANTA OBRAJILLO	2010 - 2014	feb-13	28.4
CANTA OBRAJILLO	2020	S/D	S/D

Fuente: Elaboración Propia, los datos fueron recolectados del SENAMHI

Se elaboró un seguimiento por las últimas 5 décadas para identificar cuáles fueron los años con mayores incidencia en precipitaciones máximas acumuladas en periodos superpuestos de 9 años registrados en la estación CANTA (OBRAJILLO).

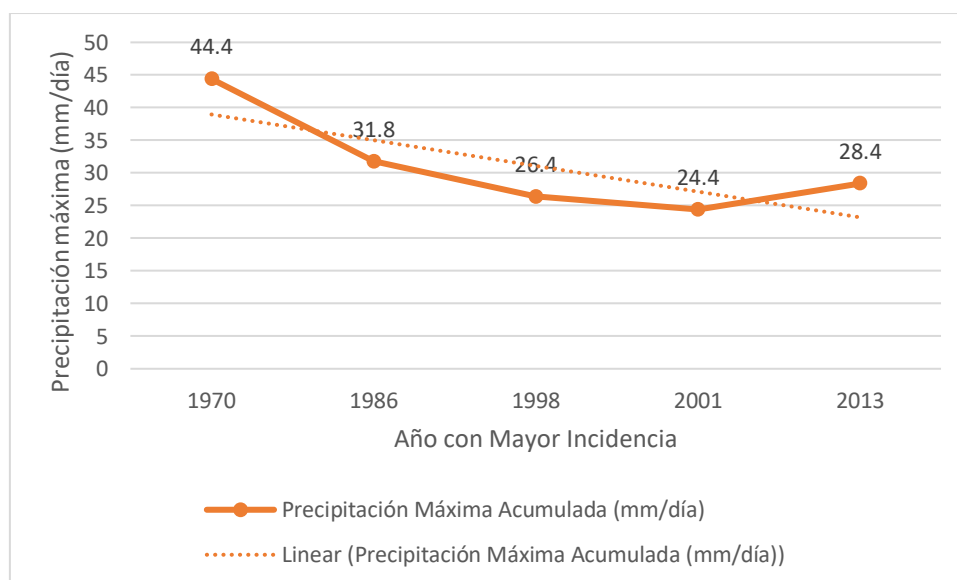


Figura N°7. Proceso evolutivo de la incidencia de precipitaciones máximas registradas por día (mm/día) en la estación CANTA OBRAJILLO

Fuente: Elaboración Propia, los datos fueron recolectados del SENAMHI

Se logra identificar la variabilidad en la precipitación máxima al día registradas en los últimos cincuenta años, evidenciando mediante una línea de tendencia, el notorio descenso en la precipitación por lo cual la disponibilidad hídrica cada vez es menor, coincidiendo con la data referenciada de las estaciones PARIACANCHA y HUAROS.

Para finalizar con la temática del desabastecimiento hidrológico en la cuenca alta del Río Chillón se sustentan los resultados en un histograma actual publicado por el SENAMHI de los caudales monitoreados por la estación Hidrológica CANTA (OBRAJILLO).

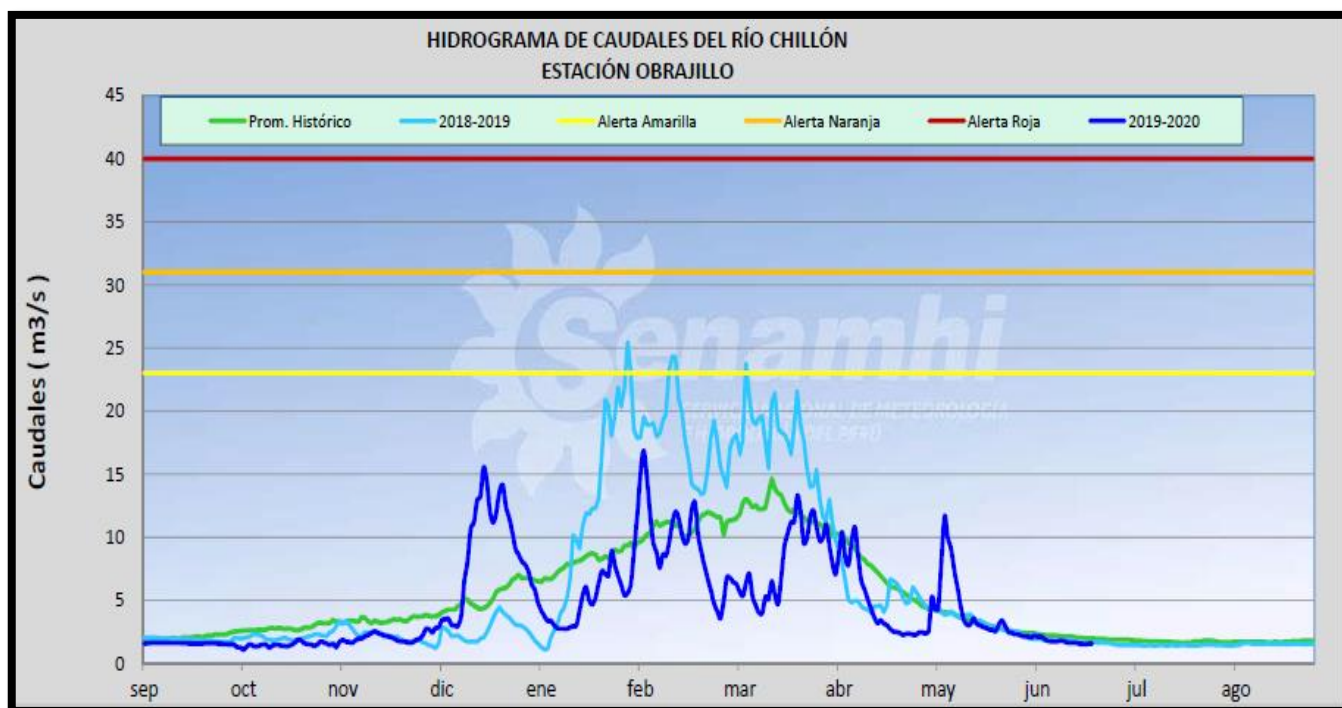


Figura N°8. Hidrograma de Caudales del Río Chillón – Estación Obrajillo

Fuente: adaptado del SENAMHI

Se hace referencia dentro del histograma a 3 categorías en el monitoreo del caudal en el cauce del Río Chillón registrado por la estación hidrológica OBRAJILLO. Indicando un promedio histórico estable, no mayor a los 15 m³/s (Línea verde), así mismo en el periodo 2018-2019 (Línea celeste), se registra una mayor variabilidad en el caudal del Río Chillón encontrándose así que en los

periodos de Enero-Febrero, Febrero-Marzo y Marzo-Abril se presentaron 03 incidencias que sobrepasaban la alerta amarilla debido a que excedían los 23 m³/s lo que evidencia una inestabilidad en el cauce claramente proporcionado por el cambio climático; para finalizar en el periodo 2019-2020 (Línea Azul), se registran mayores cantidades de picos indicando claramente la mayor inestabilidad en función a un periodo constante pero más extenso enmarcando los meses de Diciembre hasta Mayo.

En segunda instancia se busca la determinación del área que ha experimentado la pérdida de masa glaciaria mediante imágenes satelitales y data referencial para reconocer la etapa actual se utilizó el software ArcMap 10.5 en la **Figura N°8** se agregaron superficies con la intención de ver la cobertura de masa glaciaria actual y mediante imágenes satelitales comparar escenarios **Figura N°9** y **Figura N°10**, además se utilizará data puesta a disposición por el INAIGEM para ver las incidencias de pérdida de masa glaciaria.

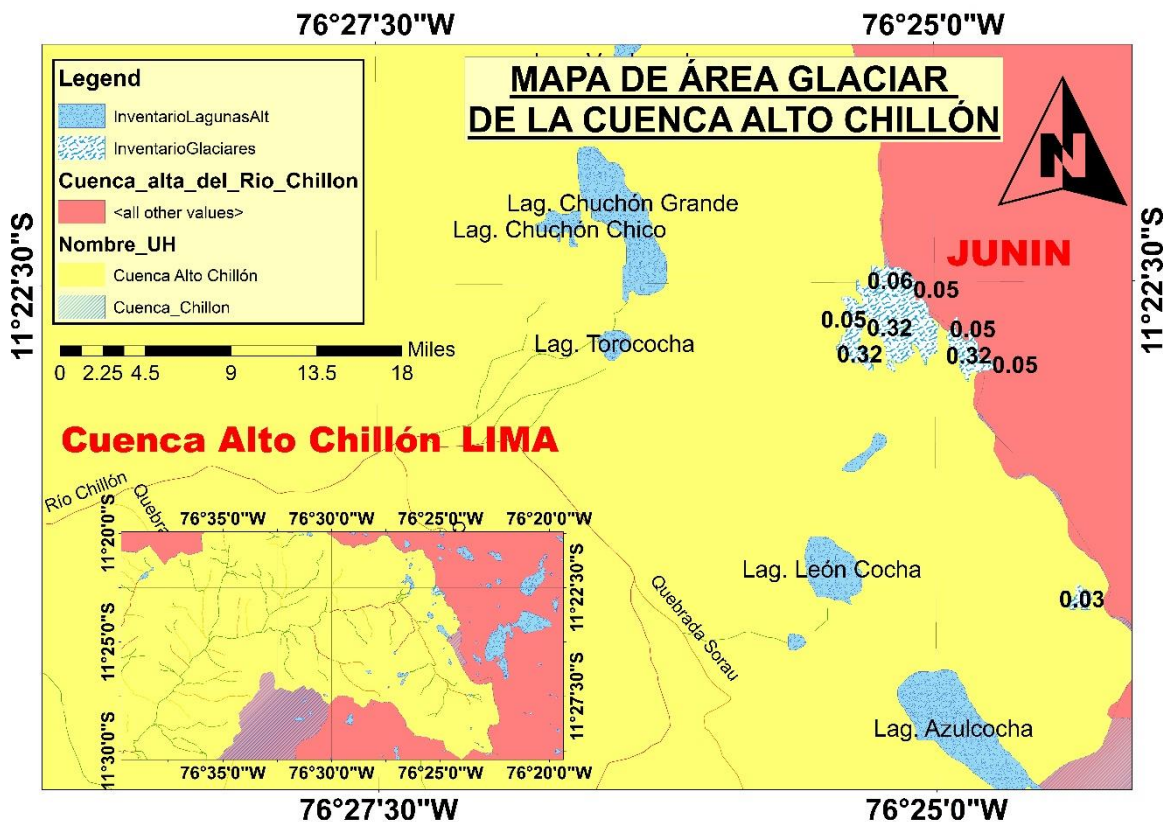


Figura N°9. Mapa de Área Glaciaria de la cuenca Alto Chillón

Fuente: Elaboración Propia

En el siguiente mapa se pueden reconocer las zonas de área glaciar pertenecientes a la microcuenca “alto chillón”. La actualidad es muy engorrosa debido a que solo existe una extensión mínima de cobertura glaciar de la Cordillera la Viuda dentro de la microcuenca “alto chillón” constituida por una extensión de 1.25 Km² de los “6.03 Km² de extensión total que tiene la Cordillera la Viuda actualmente” (INAIGEM, 2017).

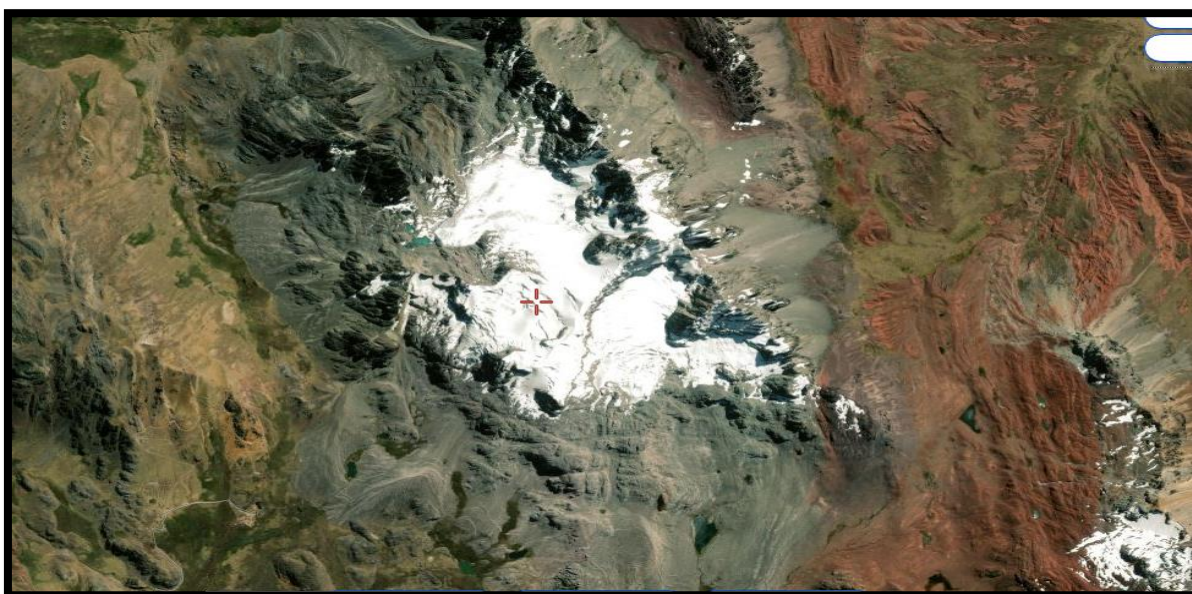


Figura N°10. Imagen satelital del Nevado Rajuntay perteneciente a la microcuenca “alto Chillón” – 2010

Fuente: Elaboración propia, adaptado de Satélites Pro

La presente figura muestra el área glaciar del Nevado Rajuntay perteneciente a la microcuenca “alto Chillón” así mismo se puede observar una cobertura glaciar normal y sin ningún tipo de edición, pero con una antigüedad de 10 años, la presente está referenciada del año 2010.

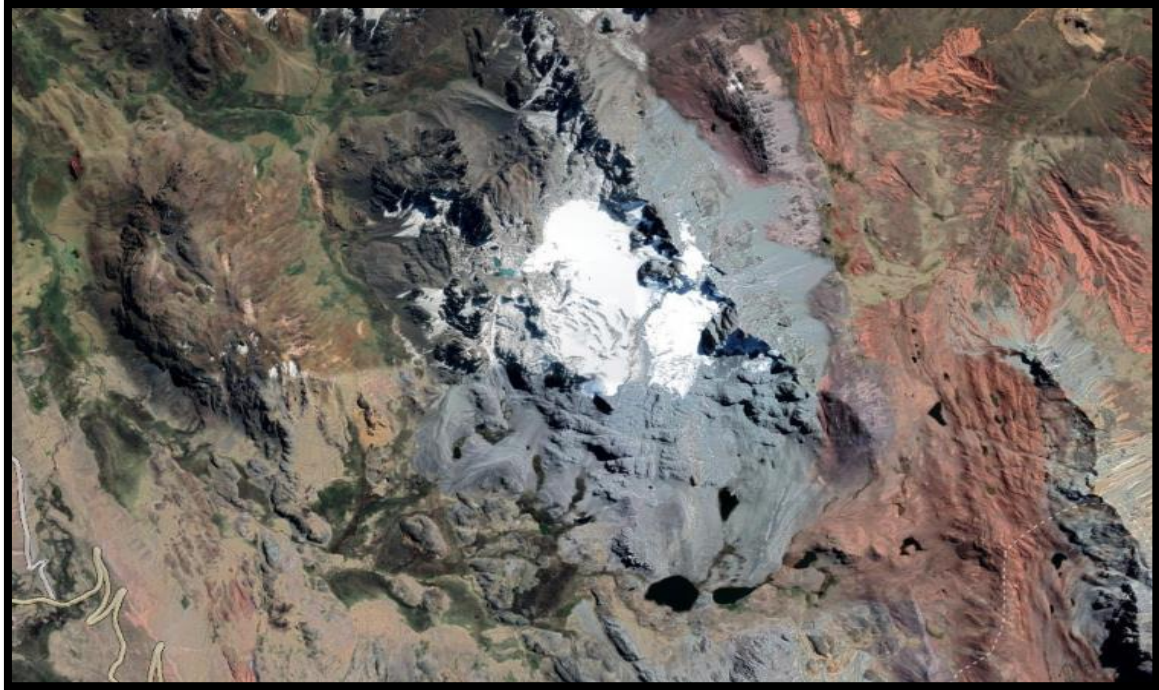


Figura N°11. Imagen satelital del Nevado Rajuntay perteneciente a la microcuenca “alto Chillón” – 2020

Fuente: Elaboración propia, adaptado de Google Earth

La presente figura evidencia la pérdida de masa glaciar en un periodo de 10 años, las glaciaciones que se observaban en el año 2010 por el contorno del nevado y las faldas de este, han desaparecido totalmente, y la parte superior que albergaba masa glaciar pura se ha perdido y potencialmente se puede asegurar que el factor negativo influyente es el cambio climático, ya que se vio reflejado en la variabilidad de las precipitaciones en los últimos 50 años, esto amerita que el Nevado se perderá de forma dependientemente con el tiempo.

Para fortalecer lo planteado de forma observacional se presentará y analizará una base de datos de la pérdida de masa glaciar en función al tiempo de la cordillera la Viuda, la fuente consultada fue el Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM).

Tabla N°5. Pérdida de masa glaciar en la cordillera la viuda desde 1962 - 2007

Cordillera La Viuda		
Entidad Evaluadora	Año de Evaluación	Km2 de Extensión
	1962	28.6

Corporación Peruana del Santa & Electro Perú		
Instituto Nacional de Glaciares y Geoambiente	1997	14.99
Unidad de Glaciología y Recurso Hídricos	2007	6.03

Fuente: Elaboración propia, adaptado de INAIGEM, 2017

Se recolectaron los datos del INAGEM para determinar el área de masa glaciar que posee la Cordillera la Viuda y la pérdida de esta que ha experimentado con el transcurrir del tiempo.

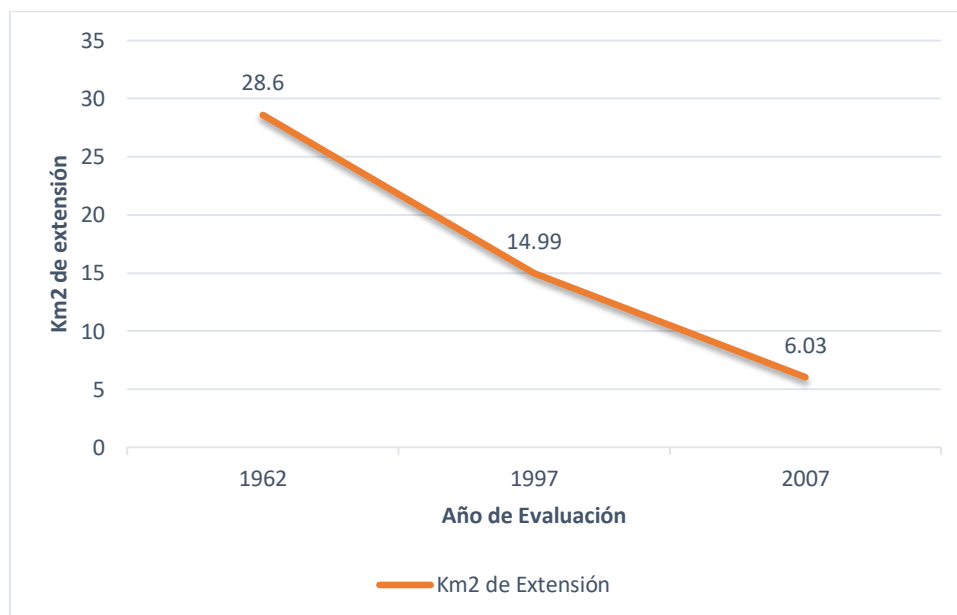


Figura N°12. Proceso evolutivo del área Glaciar de la Cordillera La Viuda

Fuente: Elaboración propia, adaptado de INAIGEM, 2017

El proceso evolutivo degenerativo de la Cordillera La Viuda se ve claramente reflejado en la tendencia que se ha trazado con el paso de los años, la evidente disminución de masa glaciar dictamina que en 45 años se ha perdido 22.57 Km2 de esta, así mismo de manera secuencial se puede decir que en 12 años

aproximadamente se perderán 6.03 Km² de extensión en masa total de la Cordillera la Viuda, Poniendo clara la consideración de que este tiempo ya transcurrió, en el periodo de 2007 al 2019, eso quiere decir que la cordillera La Viuda tiene una inminente tendencia hacia su desaparición total.

Para finalizar se identificarán en la **Figura N°12** las estaciones hidrometeorológicas consideradas anteriormente para los datos de precipitación, solo que ahora se tomarán los datos de temperatura máximas con la finalidad de ver el comportamiento de la temperatura para la creación de futuros escenarios de desabastecimiento hidrológico, además se introducirán datos de la incidencia de la radiación solar promedio anual en las zonas de la microcuenca “alto chillón”.



Figura N°13. Mapa de estaciones hidrometeorológicas y escenarios de radiación solar

Fuente: Elaboración Propia

Se logran ubicar claramente las estaciones hidrometeorológicas que fueron tomadas en cuenta para el desarrollo del presente trabajo de investigación brindándonos datos tanto de precipitación como de temperaturas; así mismo, se lograron identificar la incidencia de la radiación solar ante el área de la microcuenca “alto Chillón”, identificando que se encuentra bajo una exposición a la radiación solar que influye en la pérdida de masa glaciar y la evapotranspiración del recurso hídrico, cubriendo gran cantidad de la microcuenca, especialmente las zonas altas con una incidencia de radiación solar de 5.5 – 6.0 kwh/m², considerándose esta como un valor promedio ascendente.

Cabe añadir que también se descargaron las bases de datos en función a las temperaturas máximas en de las estaciones de Huaros y Pariacancha, pero los datos registrados del SENAMHI eran nulos, es decir, solo se pudo procesar la información proporcionada por la estación hidrometeorológica Canta (Obrajillo).

Tabla N°6. Datos de temperaturas máximas recolectadas en la estación Hidrometeorológica Canta (Obrajillo), en los últimos 50 años.

Estación	Periodo	Año con Mayor incidencia	Temperatura Máxima Registrada C°
CANTA OBRAJILLO	1970 - 1979	ene-76	22.6
CANTA OBRAJILLO	1980 - 1989	ene-89	23.2
CANTA OBRAJILLO	1990 - 1999	mar-98	26
CANTA OBRAJILLO	2000 - 2009	ene-04	23
CANTA OBRAJILLO	2010 - 2014	feb-11	24
CANTA OBRAJILLO	2020	2020	22.2

Fuente: Elaboración Propia, los datos fueron recolectados del SENAMHI

Se elaboró un seguimiento por las últimas 5 décadas para identificar cuáles fueron los años con mayores incidencias en temperaturas máximas en periodos superpuestos de 9 años registrados en la estación CANTA (OBRAJILLO).

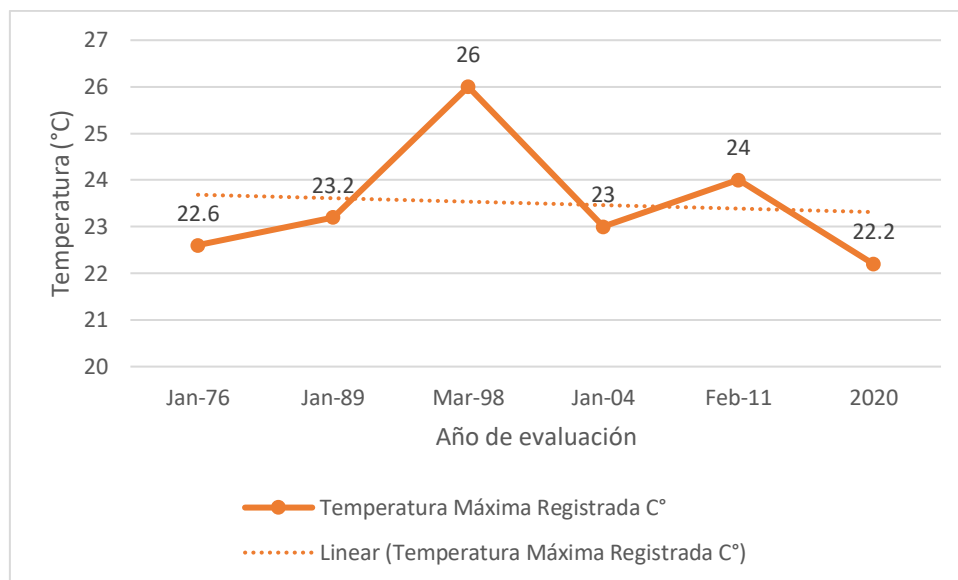


Figura N°14. Proceso evolutivo de la temperatura y su comportamiento en función al tiempo

Fuente: Elaboración Propia, los datos fueron recolectados del SENAMHI

Cabe resalta que el pico más alto con respecto a la temperatura se presentó en Septiembre del año 1998 con 26 C° en el área de estudio, además estableciendo una línea de tendencia que permita tener un punto promedio, este punto fluctúa entre los 23 y 24 C° lo que evidencia un cambio de temperatura en 50 años de 0.4 C°, es necesario aclarar que el registro del año 2020 no ha considerado la época de verano en la zona de Canta por eso es que la temperatura de 22.2 C° está bajo el promedio por ser consideraciones de la época de invierno.

IV. CONCLUSIONES

1. Se logró evaluar la disponibilidad hidrológica frente al cambio climático en la cuenca alta del Río Chillón, identificando que los departamentos de Junín, Lima y Callao se encuentran de la consideración territorial de la cuenca Chillón, se determinó que dentro de la microcuenca “alto Chillón” se ubican 03 lagunas (Chuchon, Torococha y León), importantes para la disponibilidad y abastecimiento hidrológico de la cuenca completa debido a que mediante quebradas alimentan el cauce del Río Chillón, así mismo se identificaron los centros poblados de la cuenca “alto chillón” siendo constituidos por Huamantanga, San Buenaventura, Canta y Huaros, que con la presencia de la vía canta evidencian una influencia antrópica frente al Río Chillón; Además para realizar un análisis en la disponibilidad hídrica en base a las precipitaciones se tomaron datos de 03 estaciones hidrometeorológicas (Pariacancha, Huaros y Canta (Obrajillo)), se concluye que las 03 estaciones indican una variabilidad decreciente de las precipitaciones en función al tiempo, ubicando así como dato más alto e histórico, registrado en Enero del año 1970 con una precipitación acumulada de 51.2 mm/día; contrastando la información con el hidrograma de caudales proporcionado por el SENAMHI, se puede corroborar una inestabilidad de la cuenca frente al cambio climático, que proyecta una tendencia histórica no mayor a los 15 m³/s y que en el año 2018-2019 se incrementa alcanzo picos de hasta 26 m³/s y luego decrece a en el 2019-2020 a 17 m³/s; pronosticando una tendencia que conduce directamente hacia la pérdida de la disponibilidad hidrológica en la cuenca chillón en escenarios futuros.
2. Se logró determinar el área de masa glaciar perdida en los últimos 45 años en la cordillera La Viuda mediante 03 evaluaciones satelitales realizadas en los años 1962 – 1997 – 2007 encontrado 28.60 Km² – 14.99 Km² – 6.03 Km² respectivamente en cada evaluación, así mismo identificando que en esos 45 años se perdieron 22.57 Km², cabe resaltar que al año se perdió 0.50 Km², seguidamente se puede decir que en 12 años aproximadamente se perderán 6.03 Km² de extensión en masa total de la Cordillera la Viuda, Poniendo clara la consideración de que este tiempo ya transcurrió, en el periodo de 2007 al 2019, eso quiere decir que dicha cordillera tiene una inminente tendencia

hacia su desaparición total; cabe resaltar que la microcuenca alto Chillón alberga 1.25 Km².

3. Se analizó el comportamiento de la temperatura de dos maneras, mediante el modelamiento con ArcMap 10.5 se determinó la incidencia de la radiación solar en la microcuenca Alto Chillón, encontrando que en las zonas altas de Nevado y Cordillera se da una incidencia de 5.5 – 6.0Kwh/m² ascendente en función al tiempo, para corroborar esta tendencia se contrastaron estos indicios con la base de datos obtenida del SENAMHI de temperaturas máximas, se estimó un cambio en la temperatura histórica de 0.4 °C en 50 años de registros en la estación Hidrometeorológica Canta (Obrajillo). Para concluir, el desabastecimiento hidrológico se da también en base al incremento de la temperatura provocando mayor cantidad de periodos secos, variaciones en el ciclo hidrológico, al igual que alteraciones en la dinámica de los nevados y cordilleras

V. RECOMENDACIONES

1. Realizar un análisis de ocurrencias extremas en la cuenca del Río Chillón en con a una base de datos especializada.
2. Añadir registros hidrometeorológicos de una mayor cantidad de estaciones extendiendo el perímetro de análisis.
3. Aplicar un modelo hidrológico con la finalidad de generar escenario futuros con visiones favorables, intermedias, desfavorables para la población de la cuenca del Río Chillón
4. Utilizar imágenes satelitales mediante el Software Landsat 5 y Landsat 8 para visionar los escenarios de una manera más superficial y de relieve.

REFERENCIAS

1. AGARWAL, A., BABEL, M. Y MASKEY, S. (Mayo, 2014). Revista Journal of Hydro-environment research (513). Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169414002327>
2. BELMONTE, A. Los glaciares: un recurso educativo dentro y fuera del aula. Enseñanza de las ciencias de la tierra [en línea]. Enero, 2017. N° 25.1. [fecha de consulta: 22 de octubre]. Disponible en: <https://www.raco.cat/index.php/ECT/article/view/328879> ISSN: 1132-9157
3. BERNEX, N. Y TEJADA M (2013). Cambio climático, retroceso glaciar y gestión, integrada de los recursos hídricos. Proyecto de Investigación. Pontificie Universidad Católica del Perú. 2010. 130pp. Recuperado en <http://www.keneamazon.net/Documents/Publications/Virtual-Library/Ecosistemas-Montanas/4.pdf>
4. CAMPOS, A. Search of Trends in Annual Rainfall of the State of Zacatecas, Mexico, in 30 Records over 50 Years. Revista de Ingeniería, Investigación y Tecnología [en línea]. Julio-septiembre, 2015. N° 16. [fecha de consulta: 1 de noviembre]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1405774315000268> ISSN: 2594-0732
5. CANO, M. (2014). Gobernabilidad Nacional e Internacional de la Gestión integrada de los recursos Hídricos en Guatemala (Tesis para obtener la licenciatura). Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/28/28_0696.pdf
6. CASTILLO, E. Factores Ambientales de Temperatura y Precipitación que inciden en la dinámica de la montaña glaciar Pastoruri. Tesis (para obtener el título profesional de Ingeniero Ambiental). Lima: Universidad César Vallejo, 2017. 75 pp. [Fecha de consulta: 8 de Septiembre del 2020]. Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/3507>
7. CERNA, M. (2012). Cuantificación del cambio de volumen de los glaciares de la Cordillera Blanca utilizando los modelos de elevación digital topográficos y de imágenes aster: Nevados Champará y Huascarán

- (Tesis para obtener titulación). Recuperado de <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/4568>
8. CHÁVEZ, A. y GONZALES, D. The impact of environmental flows in meeting water demand under climate change scenarios. *Revista Iberoamericana del Agua* [en línea]. Enero – junio, 2015. N° 2. [fecha de consulta: 1 de noviembre]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2386378115000043>
ISSN: 2386-3781
 9. CIAPPA, A., PIETRANERA, L. Y BATTAZZA, F. (SEPTIEMBRE, 2010). *Revista Teledetección y Medio Ambiente* (114). Recuperado en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0034425710001276>
 10. CONAM y SENAMHI (2005). Escenarios climáticos futuros y disponibilidad del recurso hídrico en la cuenca del río Santa. Recuperado de <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/escenarios-climaticos-futuros-disponibilidad-recurso-hidrico-cuenca>
 11. CONSOLI, S. Y VANELLA, D. (2014). *Revista Journal of Hydro-environment research* (513). Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S002216941400256X>
 12. ESPINOZA J. C., RONCHAIL J., GUYOT J. L., LAVADO W. & SANTINI W. (2012). Recientes eventos hidrológicos extremos en la cuenca amazónica peruana y su relación con la variabilidad climática. *Ministerio del Ambiente*. 1-6. Recuperado de <https://repositoriodigital.minam.gob.pe/handle/123456789/528>
 13. FERRER, V. y TORRERO, M. Integrated management hydric basin: Gualjaina river basin, Chubut, Argentina. *Revista de Boletín Mexicano de derecho comparado* [en línea]. Mayo-agosto, 2015. N°48. [fecha de consulta: 6 de noviembre]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0041863318300255>
ISSN: 2448-4873
 14. GALIANO W. H., WILLIAMS R., LATORRE J. P., NÚÑEZ M. P., FARFÁN J., PUMACHAPI A. & LUZA M. A. (2013). Conservación de la biodiversidad de bosques tropicales altoandinos de t'asta escallonia myrtilloides var. Myrtilloides (escalloniaceae), en la cordillera Vilcabamba,

- Anta, Cusco. *Ministerio del Ambiente*. 2-3. Recuperado de <https://repositoriodigital.minam.gob.pe/handle/123456789/515>
15. HALL, S. El río Colorado está en peligro de un futuro reseco. *Revista Scientific American* [en línea]. Febrero, 2020. N° 175. [fecha de consulta: 22 de octubre]. Disponible en: <https://www.scientificamerican.com/article/colorado-river-is-in-danger-of-a-parched-future/> ISSN: 0036-8733
 16. HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C., y BAPTISTA, P. *Metodología de la investigación*. 6.ª ed. Mexico: Mc Graw Hill education., 2014. 600pp. ISBN: 9781456223960
 17. INDECI: Monitoreo de los Sectores críticos de la cuenca del Río Chillón y la reducción de riesgos en el ámbito del Gobierno Metropolitano. (Julio, 2013). Municipalidad Metropolitana de Lima /SGDC. Recuperado en <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/515> ISSN 0188-4999.
 18. MINAM. (2010). *Plan Nacional de Acción Ambiental PLANAA – PERÚ 2010 – 2021*. Recuperado de <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/plan-nacional-accion-ambiental-planaa-peru-2011-2021>
 19. MOLINA, F. Hielo de macizo boliviano será salvado para generaciones futuras. *Revista Scientific American* [en línea]. Diciembre, 2016. N° 2. [fecha de consulta: 1 de noviembre]. Disponible en: <https://www.scientificamerican.com/espanol/noticias/hielo-de-macizo-boliviano-sera-salvado-para-generaciones-futuras/> ISSN: 0036-8733
 20. NEPAL, S. Impacts of climate change on the hydrological regime of the Koshi river basin in the Himalayan region. *Revista Journal of Hydro-environment research* [en línea]. Marzo, 2016. N° 10. [fecha de consulta: 1 de noviembre]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1570644315000805> ISSN: 1570-6443
 21. PACHECO, E. (2013). *Dinámica Hidrológica y Sedimentológica en una Cuenca representativa Mediterránea, Rivera de Vernegá (1993 – 2012)* (Tesis Doctoral). Recuperada de <https://www.tesisenred.net/handle/10803/128662>

22. PALLARÉS, A. (2005). La Planificación Hidrológica de Cuenca como Instrumento de Ordenación Ambiental sobre el Territorio (Tesis Doctoral). Recuperado de <https://www.tesisenred.net/handle/10803/5230>
23. PEÑA L. F. & SULCA O. P. (2013). Comportamiento hidrogeológico de las rocas volcánicas en la parte alta de la cuenca del Río Quilca – Vitor – chili. *Ministerio del ambiente*. Dirección General de Investigación e Información Ambiental. 1-6. Recuperado de <https://repositoriodigital.minam.gob.pe/handle/123456789/532>
24. PORTOCARRERO, C. (2009). Deglaciación de la Cordillera Blanca – Perú y su relación con el efecto Invernadero. *DELOS, Vol. (2)*, 1-10. Recuperado de <https://ideas.repec.org/s/erv/deloso.html>
25. RAMOS, R. Evaluación de la Cobertura Glaciar del Nevado Coropuna y su relación con el entorno Climático. Tesis (para obtener el grado de Magíster). Lima: Universidad nacional agraria la molina, 2018. 196 pp. Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3321>
26. RIVERA, A., BENHAM, T., CASASSA, G. BAMBER, J. Y DOWDESWELL, J. (2007). *Revista Cambio Global y planetario (59)*. Recuperado en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921818106003031>
27. RUIZ, E. (2013) Análisis geomorfológico, sedimentológico y cronoestratigráfico, de depósitos glaciales, periglaciales y glaciogénicos, en la cordillera de los andes y zonas adyacentes entre el paralelo 42° y el 43° ls, desde la última glaciación (Tesis Doctoral). Recuperado de https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis_n5311_Ruiz.pdf
28. SINC. (Enero, 2017). *Revista Esencial American Español (1)*. Recuperado en <https://www.scientificamerican.com/espanol/noticias/temperaturas-del-ultimo-periodo-interglaciar-sugieren-que-tendremos-un-aumento-del-nivel-del-mar/>
29. TERRONES, A. Y HERRERA, C. (2015). Calidad del Agua en la cuenca baja del Río Chillón en época de estiaje y riego por el uso directo en riego agrícola (Tesis para obtener titulación). Recuperado de <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/UNAC/1480>

30. VACCAREZZA, F. (2012). Gestión Ambiental de Turberas en Magallanes (Chile) (Tesis Doctoral). Recuperado en <https://www.tdx.cat/handle/10803/96650>
31. VARAS, M. Comunidad y clima transformaciones en la Cuenca Alta del río Chillón. Tesis (Titulo de Doctorado). Sevilla: Universidad Pablo de Olavide, 2017. 214 pp. [fecha de consulta: 14 de septiembre de 2020]. Disponible en: <https://rio.upo.es/xmlui/handle/10433/4756>
32. VICTORIANO, A. Integración de métodos para la caracterización Hidrogeomorfológica de la actividad potencial en una cuenca de montaña (Portainé, Pironeos Orientales). Tesis (Doctoral). Barcelona: Universitat de Barcelona, 2018. 358 pp. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=251837>
33. WAYNE, W. Y CORTE, A. (1983). Revista Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeosology (42). Recuperado en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0031018283900445>

ANEXOS

Anexo N°1. Matriz de Operacionalización de Variables

VARIABLE	DEFICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	UNIDAD DE MEDICIÓN
Cambio Climático	Principal indicador de la transformación de las facetas climatológicas, con evidentes variaciones atmosféricas, en cada una de las capas independientemente a su altura, así también evidenciando la ruptura de los niveles adecuados encargados de mantener un equilibrio ecosistémico en función a los factores del medio, es decir, temperatura, precipitación, presión atmosférica, friajes; afectando directamente a la biodiversidad local, abastecimiento hídrico y la pérdida de masa glaciar entre otros (VERGARA, 2011).	La variable cambio climático será considerada dentro de la evaluación para generar tendencias dentro de sus dimensiones y proyectarlas en escenarios futuros	Cambio en la superficie Glaciar	Imágenes Satelitales	Pixeles
				Pérdida de masa Glaciar	Km2
Evaluación Hidrológica Ambiental	"La evaluación hidrológica e hidráulica se basa en la utilización de fórmulas y diferentes softwares; estudiando parámetros morfométricos e hidromorfométricos" (SEQUEIROS y	La variable evaluación hidrológica ambiental será distribuida en tres dimensiones para identificar los campos influyentes	Cuenca Hidrológica	Caudal	m3

<p>FARFÁN, 2019). Por otra parte la evaluación ambiental "Es un instrumento de apoyo a la decisión que se desarrolla en forma de un proceso y se aplica a decisiones de naturaleza estratégica [...] Se constituye como un proceso sistemático de integración de factores ambientales y de sostenibilidad, y de identificación, análisis y evaluación previa de impactos de naturaleza estratégica" (VASQUEZ, 2012).</p>	<p>dentro de un marco dependiente frente al cambio climático</p>	<p>Capacidad de Precipitación</p>	<p>Lluvias</p>	<p>mm</p>
		<p>Variabilidad Térmica</p>	<p>Temperatura</p>	<p>°C</p>