



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Retroceso glaciar en el nevado Yuracocha y las variables
meteorológicas de temperatura y precipitación, entre los años 2010
– 2020, provincia de Huaylas – Ancash

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

AUTORES:

Barbaran Cruz, Ruth Andrea ([ORCID: 0000-0003-4685-8451](https://orcid.org/0000-0003-4685-8451))

Bustinza Castillo, Alexis Jeremy ([ORCID: 0000-0001-9223-8275](https://orcid.org/0000-0001-9223-8275))

ASESOR:

Dr. Benítez Alfaro, Elmer Gonzales ([ORCID: 0000-0003-1504-2089](https://orcid.org/0000-0003-1504-2089))

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión de Riesgos y Adaptación al Cambio Climático

LIMA - PERÚ

2021

Dedicatoria

El presente trabajo es dedicado a dios, quien vela por el bienestar de mi familia y el mío. A mis padres, su formación y apoyo contante me permitieron poder alcanzar muchas de mis metas y llegar a este punto.

Agradecimiento

Agradezco a dios, por brindarme salud y las fuerzas para seguir adelante.

A mis padres por su apoyo incondicional en todo momento.

Índice de contenidos

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
Índice de mapas	vii
Resumen	viii
Abstract	ix
I. INTRODUCCIÓN	10
II. MARCO TEÓRICO	13
III. METODOLOGÍA	26
3.1. Tipo y diseño de investigación	26
3.2. Variables y operacionalización	26
3.3. Población, muestra y muestreo	26
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	27
3.5. Procedimiento	27
3.6. Método de análisis de datos	32
3.7. Aspectos éticos	32
IV. RESULTADOS	33
4.1. Mapas de cobertura y volumen glaciar	33
4.2. Cuadros de resultados	38
4.3. Data meteorológica periodo 2010 – 2020	39
4.4. Interpretación de Resultados	45
V. DISCUSIÓN	64
VI. CONCLUSIONES	68
VII. RECOMENDACIONES	69
REFERENCIAS	70
ANEXOS	77

Índice de tablas

Tabla 01. Validez de expertos	27
Tabla 02. Estaciones meteorológicas	30
Tabla 03. Resultado de superficie, volumen y flujo de aporte glaciar	38
Tabla 04. Precipitación Anual – Estación Yungay	39
Tabla 05. Temperatura máxima anual – Estación Yungay	40
Tabla 06. Temperatura mínima anual – Estación Yungay	40
Tabla 07. Precipitación Anual – Estación Pachacoto	40
Tabla 08. Temperatura máxima anual – Estación Pachacoto	41
Tabla 09. Temperatura mínima anual – Estación Pachacoto	41
Tabla 10. Precipitación Anual – Estación Chavín de Huántar	41
Tabla 11. Temperatura máxima anual – Estación Chavín de Huántar	42
Tabla 12. Temperatura mínima anual – Estación Chavín de Huántar	42
Tabla 13. Precipitación Anual – Estación Sihuas	42
Tabla 14. Temperatura máxima – Estación Sihuas	43
Tabla 15. Temperatura mínima – Estación Sihuas	43
Tabla 16. Precipitación Anual – Estación Saucepampa	43
Tabla 17. Temperatura máxima – Estación Saucepampa	44
Tabla 18. Temperatura mínima – Estación Saucepampa	44
Tabla 19. Precipitación Anual – Estación Pomabamba	44
Tabla 20. Temperatura máxima – Estación Pomabamba	45
Tabla 21. Temperatura mínima – Estación Pomabamba	45
Tabla 22. Variación de las precipitaciones	45
Tabla 23. Variación de las temperaturas máximas	52
Tabla 24. Variación de las temperaturas máximas	58

Índice de figuras

Figura 01. Diagrama de flujo	28
Figura 02. Servidor IRI	31
Figura 03. Software Rstudio	31
Figura 04. Área glaciar anual	38
Figura 05. Volumen glaciar anual	39
Figura 06. Tendencia de precipitaciones mensuales	46
Figura 07. Tendencia de temperaturas máximas mensuales	52
Figura 08. Tendencia de temperaturas mínimas mensuales	58

Índice de mapas

Mapa 01. Mapa de cobertura y volumen glaciar 2013	33
Mapa 02. Mapa de cobertura y volumen glaciar 2016	34
Mapa 03. Mapa de Cobertura y Volumen Glaciar 2017	35
Mapa 04. Mapa de Cobertura y Volumen Glaciar 2019	36
Mapa 05. Mapa general de glaciares	37
Mapa 06. Mapa de análisis de precipitación 2010 – 2011	47
Mapa 07. Mapa de análisis de precipitación 2012 – 2013	48
Mapa 08. Mapa de análisis de precipitación 2014 – 2015	49
Mapa 09. Mapa de análisis de precipitación 2016 – 2017	50
Mapa 10. Mapa de análisis de precipitación 2018, 2019 y 2020	51
Mapa 11. Mapa de análisis de temperatura máxima 2010 – 2011	53
Mapa 12. Mapa de análisis de temperatura máxima 2012 – 2013	54
Mapa 13. Mapa de análisis de temperatura máxima 2014 – 2015	55
Mapa 14. Mapa de análisis de temperatura máxima 2016 – 2017	56
Mapa 15. Mapa de análisis de temperatura máxima 2018, 2019 y 2020	57
Mapa 16. mapa de análisis de temperatura mínima 2010 - 2011	59
Mapa 17. mapa de análisis de temperatura mínima 2012 – 2013	60
Mapa 18. mapa de análisis de temperatura mínima 2014 – 2015	61
Mapa 19. mapa de análisis de temperatura mínima 2016 – 2017	62
Mapa 20. mapa de análisis de temperatura mínima 2018, 2019 y 2020	63

Resumen

El trabajo de investigación tuvo propósito entender los efectos que tienen las variables meteorológicas de temperatura y precipitación en el retroceso glaciar del nevado Yuracocha, provincia de Huaylas – Ancash, entre el periodo de tiempo 2010 al 2020. Utilizándose imágenes satelitales muestrales de los años 2013, 2016, 2017 y 2019. El cual se procesó en el software ArcGIS obteniendo así la información de área, volumen y el flujo de aporte glaciar del nevado. También se utilizó información de 06 estaciones meteorológicas, cercanas a la zona de estudio. Además de ello, también se trabajo con los datos PISCO (Peruvian Interpolated data of the SENAMHI's Climatological and hydrological Observations), elaborados por el SENAMHI que nos brinda información de temperatura y precipitación de forma diaria y mensual. Los resultados obtenidos del estudio, demostraron que existe un impacto negativo en los glaciares por parte de los parámetros de temperatura y precipitación, el cual presenta una reducción de 4.69% (0.12 km²) de la masa glaciar del nevado Yuracocha, provincia de Huaylas – Ancash durante los últimos 10 años. Lo cual genera desequilibrios en la masa glaciar, siendo esto un punto relevante en el retroceso glaciar por su influencia inversa en la masa glaciar de los nevados.

Palabras clave: Variables Meteorológicas, retroceso glaciar, temperatura, precipitación.

Abstract

The purpose of the research work was to understand the effects that the meteorological variables of temperature and precipitation have on the glacial retreat of Yuracocha snow-capped mountain, province of Huaylas - Ancash, between 2010 and 2020. Using sample satellite images of the years 2013, 2016, 2017 and 2019. This was processed in ArcGIS software to obtain information on the area, volume and glacier flow of the snow-capped mountain. Information from 06 meteorological stations near the study area was also used. In addition, we also worked with PISCO data (Peruvian Interpolated data of the SENAMHI's Climatological and hydrological Observations), elaborated by SENAMHI, which provides daily and monthly temperature and precipitation information. The results obtained from the study showed that there is a negative impact on the glaciers due to temperature and precipitation parameters, which shows a reduction of 4.69% (0.12 km²) of the glacier mass of the Yuracocha snow-capped mountain, province of Huaylas - Ancash during the last 10 years. This generates imbalances in the glacier mass, which is a relevant point in the glacial retreat due to its inverse influence on the glacier mass of the snow-capped mountains.

Keywords: Meteorological variables, glacial retreat, temperature, precipitation.

I. INTRODUCCIÓN

Uno de los principales recursos básicos y primordiales del ser humano es el agua, en la actualidad la escasez del recurso hídrico se puede relacionar a muchos factores, el cambio climático es uno de los principales y con mayor participación en el retroceso de los glaciares en lo que va del tiempo, teniendo efectos muy directos en el agua y en la calidad de vida de los seres humanos, además de ello en campos como la agricultura, energía y economía. es por ello que es necesario conocer la situación actual de estos llamados reservorios hidrológicos y el comportamiento que tendrán frente al cambio climático.

El parque nacional Huascarán, fue declarado reserva de biosfera por la UNESCO en 1977 y patrimonio mundial en 1985. Compuesta por un ecosistema muy diverso entre ellos 779 especies de plantas, más de 120 especies de aves y 10 de mamíferos, teniendo en la actualidad más de 300 lagunas glaciares. De acuerdo con (Arroyo y Gurmendi, 2011, p. 142) el Perú tiene más del 70% de los glaciares tropicales a nivel mundial, es por este motivo que nuestro país sería uno de los más afectados a nivel global.

El parque nacional el Huascarán se encuentra situada en la zona norte-centro del país teniendo una extensión de 340 000 hectáreas y en la zona núcleo del parque encontraremos al nevado Yuracocha, este nevado es conocido por los lugareños con el nombre de nevado Santa Cruz debido a que pertenece al distrito de Santa Cruz, y se divide en 03 cumbres; Santa Cruz (Sur o Grande), con una altitud de 6259 msnm, Santa Cruz Norte altitud 5829 msnm y Santa Cruz Chico altitud 5800 msnm. Encontrándose en la cordillera blanca de los andes del Perú dentro del distrito del mismo nombre en la provincia de Huaylas en la región Ancash, cuenta con una topografía abrupta y rocosa en la parte basal del glaciar de 470 km², donde su importancia radica en el potencial hidrológico que este presenta.

Según (Narcizo, 2017, p. 11) el nevado Pastoruri el cual forma parte del conjunto de nevados de la cordillera blanca, presenta un retroceso glaciar del 20.95 % tomándose como punto de partida el área que este presentaba en el

año 2001 hasta abril del 2017. Lo cual nos lleva a entender que un periodo de tiempo no muy prolongado este nevado puede llegar desaparecer trayendo consigo problemas hidrológicos que afectaran de manera muy directa en los centros poblados cercanos, los cuales usan este recurso para su consumo, el riego de cultivos y otras actividades económicas.

Es a partir del proceso investigativo donde nace el siguiente **problema general**: ¿Qué efectos tienen las variables meteorológicas de temperatura y precipitación en el retroceso glaciar del nevado Yuracocha, provincia de Huaylas – Ancash, entre los años 2010-2020? Y los siguientes **problemas específicos**: ¿De qué manera afecta el cambio de temperatura en el retroceso glaciar del nevado Yuracocha, provincia de Huaylas – Ancash, entre los años 2010-2020? Y ¿Como influye la precipitación en el retroceso glaciar del nevado Yuracocha, provincia de Huaylas – Ancash, entre los años 2010-2020?

Por otra parte, la justificación del estudio está contemplada por cuatro aspectos, en lo **social**, se brindó información de la situación actual de escasez del recurso hídrico relacionado en su mayoría al cambio climático, donde se identificó las zonas con mayor afectación a fin de tomar acciones adecuadas en el planeamiento de gestión de recursos hídricos que permitan su recuperación y salvaguarden la salud e integridad de las personas que habitan en la zona.

En lo **económico**, el método propuesto, como alternativa de solución para la determinación de retroceso glaciar e identificación de zonas con mayor nivel de afectación, tiene la ventaja de poseer un análisis de gran accesibilidad y bajo costo (uso de software ArcGIS con recolección de información por imágenes satelitales).

En lo **ambiental**, se analizó la información geográfica actual de los glaciares del nevado Yuracocha, lo cual permitió establecer una nueva visión y operabilidad práctica para la toma de decisiones, planteando estrategias de ingeniería para la recuperación de los glaciares.

En la **justificación metodológica**, se usó técnicas de modelamiento geoespacial haciendo uso de imágenes satelitales y posteriormente los softwares ArcGIS, Rstudio y Excel.

El **objetivo general** de esta investigación es el de demostrar el impacto que tiene el cambio de las variables meteorológicas en el retroceso glaciar del nevado Yuracocha, provincia de Huaylas– Ancash, entre los años 2010-2020. De igual forma se planteó como **objetivos específicos**, estimar el efecto del cambio de temperatura en el retroceso glaciar del nevado Yuracocha, provincia de Huaylas– Ancash, entre los años 2010-2020. Y, por último, Cuantificar el efecto de la precipitación en el retroceso glaciar del nevado Yuracocha, provincia de Huaylas– Ancash, entre los años 2010-2020.

Esta investigación tiene como **hipótesis general**, El cambio de temperatura y precipitación crea un efecto notable en el retroceso glaciar del nevado Yuracocha, provincia de Huaylas– Ancash, entre los años 2010-2020. Y como **hipótesis específicas**, La temperatura tiene un efecto significativo en el retroceso glaciar del nevado Yuracocha, provincia de Huaylas– Ancash, entre los años 2010-2020. Y, por último, la precipitación influye significativamente al retroceso glaciar del nevado Yuracocha, provincia de Huaylas– Ancash, entre los años 2010-2020.

II. MARCO TEÓRICO

Los trabajos nacionales e internacionales que se escogieron, están relacionados con el contenido del presente proyecto de investigación:

Para los autores Zimmer et al (2015), quienes evaluaron la influencia del calentamiento global en el agotamiento de la cubierta vegetal alto andina. Realizando una cronosecuencia del impacto presentado en 38 años (1975 - 2011) en los glaciares Zongo, Tarija, "10" y Yanamarev, analizando imágenes satelitales divididas en cuatro bandas de desglaciación con eventos climáticos relevantes considerando los siguientes intervalos de tiempo: 07 años, 716 años, 1630 años y 3038 años. Los resultados indicaron que, en el rango de 07 años, el 90% estuvo representado por especies de anemócoras y en el rango de 30-38 años las primeras especies colonizadoras fueron la anemócora. En conclusión, las principales especies colonizadoras son anemócora, zoócora e hydrocora, entre las que destacan la anemócora.

En el mismo año, el autor D'Amén et al. (2015), desarrollo una modelación de distribución de diversas especies a través de la influencia del cambio climático, con el fin de tener un enfoque y visión real de posibles eventos. Aplicó el SESAM el cual permite evaluar la probabilidad y la regla de rama rasgos. Los resultados mostraron que la aplicación de las restricciones influye en la reducción de la especie. Asimismo, la correcta clasificación de probabilidades influyó en el desarrollo de predicciones correctas sobre la composición de la comunidad. En conclusión, las recomendaciones establecidas en la SESAM inducen la mejora macro ecológica de la predicción S-SDM.

Asimismo, Pouteau et al. (2015), evaluó el índice de biodiversidad utilizando modelos de distribución de especies apiladas (S-SDM). Utilizando un modelo MAXENT, que tuvo la capacidad de evaluar 562 especies de árboles con una resolución de 8 a 100 m, presentados en una escala de 10,000 m², los resultados obtenidos se comparan con 11 inventarios para evaluar su eficiencia y precisión. Los resultados obtenidos mostraron que la predicción S-SDM mostró una variación de 95 a 251 especies, mientras que se obtuvo una variación de 39 a 131 especies en el inventario, lo que muestra

la sobreestimación de especies del modelo SSDM debido al aumento de altitud. En resumen, se puede decir que la precisión del modelo SSDM con respecto a la altitud radica en la menor desocupación de hábitat, pero se puede asegurar que se realizan mejoras en comparación con el diseño S-SDM.

Ese mismo año, el autor Jian (2015), tuvo como objetivo mejorar la comprensión de la vulnerabilidad de los glaciares frente al cambio climático para plantear estrategias adaptativas. Desarrollando un modelo numérico glacial, utilizando el análisis de componentes del principio espacial (SPCA) apoyado por tecnologías de teledetección (RS) y sistemas de información geográfica (GIS). Los resultados mostraron que, los glaciares de montaña en China son muy vulnerables al cambio climático, y el 41.2% de las áreas glaciares caen en los niveles de vulnerabilidad fuerte y muy fuerte en el período 1961-2007. Esto debido a la exposición topográfica y la alta sensibilidad de los glaciares al cambio climático. Se prevé que, las tendencias de vulnerabilidad de los glaciares disminuyan en las décadas de 2030 y 2050, pero la tendencia a la baja permanece en algunas regiones.

En el mismo año, el autor Cai (2015) evaluó los estudios sobre las elusivas relaciones entre cambios en el ENOS y el estado medio del clima del Pacífico. Con los resultados evaluados se espera que el calentamiento acelerado del Pacífico ecuatorial, especialmente en el este, provoque precipitaciones extremas en el Pacífico ecuatorial oriental y fluctuaciones extremas hacia el ecuador de las zonas de convergencia del Pacífico, ambas características del extremo El Niño. También se espera que la incidencia extrema de La Niña aumente en respuesta a un El Niño más extremo, al calentamiento acelerado del continente marítimo y al aumento del calentamiento oceánico en la superficie. Se concluyó que es probable que los desastres climáticos relacionados con ENOS ocurran con mayor frecuencia si no se reducen las emisiones de gases de efecto invernadero.

También ese mismo año, el autor Maussion (2015) determinó la influencia de El Niño / Oscilación Sur (ENSO) sobre la energía superficial y el balance de masas en el glaciar Shallap, perteneciente a la Cordillera Blanca del Perú. En su metodología, evaluó años de energía superficial distribuida y balance de masa (SEB / SMB). Los resultados indicaron que existe una anti correlación más fuerte y estable entre la Temperatura de la Superficie del Mar del Pacífico (sst) y el balance de masa de los glaciares, siendo más pronunciada durante la temporada de lluvias (diciembre-mayo) y en altitudes bajas. Donde ocurren los eventos de El Niño. acompañado de un déficit (exceso) de nevadas y un mayor aporte de energía radiante. En conclusión, se han obtenido correlaciones estables de balance de masa con Pacific SST, con incertidumbres en el cálculo de la tendencia de balance de masa de las últimas décadas.

De igual manera, el autor Flores (2016), determinó el grado de vulnerabilidad con respecto al entorno físico y socioeconómico a través de la modelación geoespacial en la plataforma SIG, diseñando y procesando la base de datos geoespacial del área de estudio, lo que permitió evaluar el grado de vulnerabilidad de cada factor. Los resultados obtenidos indican que el 26, 40% del área de estudio tenía un grado medio de vulnerabilidad físico-socioeconómica, el 5,53% tenía un alto grado de vulnerabilidad; mientras que solo 0.14% quiere una vulnerabilidad muy alta. El distrito 62,24%, en cambio, presentó una baja vulnerabilidad, producida sobre todo por la distribución heterogénea de asentamientos antropogénicos. En conclusión, los bajos niveles organizacionales de la empresa ante los escenarios implican riesgos y aumentan el nivel de vulnerabilidad.

En el mismo año, el autor Cabrejos (2016) identificó el nivel de riesgo y detección cuántica de erosión hídrica en la microcuenca antes mencionada. Recopilando información digital y física relacionada con la cobertura vegetal, precipitación, fisiografía, suelos, geología, pendientes e información de carácter socioeconómico utilizando la información recopilada y el SIG. Se inició con el procesamiento digital de imágenes de satélite Landsat y el geomodelado asociado con agentes físicos, bióticos y sociales. Para luego realizar el modelado cuantificado con las variables involucradas en el modelo

de la ecuación USLE. A la conclusión de que la mayor tasa de erosión ocurre en la parte más alta del área de estudio y en las riberas de los ríos; que también tienen un nivel socioeconómico bajo.

De igual forma, el autor Casanueva (2016) desarrolló un modelado geoespacial que establece la distribución de áreas con grados de vulnerabilidad con respecto a la productividad agrícola que ocurrió con el fenómeno El Niño en la parte baja de la cuenca del río Lurín. Desde el punto de vista metodológico, un pre-test (identificación y evaluación de riesgos antes de la ocurrencia del fenómeno El Niño, de diciembre de 2015 a enero de 2016) y un post-test (identificación y evaluación de riesgos hasta el final de la ocurrencia. del fenómeno de El Niño, es decir, hasta mayo de 2016). Los resultados indicaron que se logró una mejor perspectiva de la vulnerabilidad de un área de estudio. En conclusión, el SIG ha sido una herramienta útil y confiable para la toma de decisiones sobre la planificación de la gestión de riesgos.

Ese mismo año, el autor Alpala (2016) analizó el proceso de evolución glaciar representado en el volcán Nevado del Huila (VNH). Utilizo la herramienta SIG para procesar y analizar las imágenes satelitales Landsat y ASTER, reconociendo los cambios presentados entre 1987 y 2016, los resultados obtenidos mostraron que hubo pérdida de glaciares del volcán 50% Nevado del Huila. Encontrándose que la velocidad de avance del retroceso de los glaciares aumentó significativamente con la ocurrencia de eventos sísmicos. Se concluye que el uso del sistema de información geográfica a través del análisis de imágenes satelitales Landsat y ASTER permite determinar la evolución glaciar del volcán Nevado del Huila.

Mientras tanto, los autores Garrard et al. (2016), analizaron datos e información sociológica recopilados a partir de entrevistas y talleres semiestructurados. En la metodología se utilizó la entrevista y el análisis de imágenes de satélite. Los resultados mostraron que, por encima de los 6000 m, el área cubierta por nieve y hielo disminuyó y la consiguiente expansión de lagos glaciares y áreas cubiertas por roca y suelo. Entre 3000 y 6000 m, los bosques y las tierras agrícolas están disminuyendo y las áreas de pastoreo,

asentamientos y matorrales están aumentando. En conclusión, la mayoría de los participantes del estudio dijeron que los cambios en el uso de la tierra son el resultado de un rápido desarrollo económico y la consiguiente presión sobre los recursos naturales, particularmente en la industria del turismo y especialmente por debajo de los 6000. m de altitud.

De igual forma, los autores Mollinedo y Quispe (2017) determinaron la masa del Glaciar Queñuani durante las precipitaciones y la bajamar. Mediante un estudio glaciológico que permitió determinar el volumen de masa glaciar ganado o perdido durante un intervalo de tiempo, ayudado por la recolección de datos medidos en campo mediante el uso de balizas en la parte de ablación y pozos congelados en la parte de acumulación. Los resultados registrados mostraron que en la temporada de precipitaciones hay un fuerte desequilibrio de masa glaciar (-1698,4 mm) y un aumento de la masa glaciar (+66,7 mm) en el período de transición. Por otro lado, se produce un desequilibrio glaciar (-83,8) en la estación seca debido al aumento de temperatura. En resumen, anualmente se crea un fuerte desequilibrio de masa del Glaciar Queñuani de -1714 ,5 msnm.

Asimismo, el autor Narcizo (2017) también desarrolló un modelamiento de especies pioneras después del retroceso del glaciar Pastoruri. Aplicando la secuencia crono postglacial con MAXENT y GIS, evaluando la superficie registrada desde el año 2001 al 15 de abril de 2017. Obtención de resultados que indican un retroceso glaciar del 20,95%. En conclusión, los cambios climáticos que afectan el retroceso de los glaciares en la Cordillera Blanca provocan la migración de especies autóctonas a gran altura y, en ocasiones, la imposibilidad de adaptación, resultando en la pérdida de biodiversidad.

En consecuencia, el autor Gaita (2017) evaluó las condiciones de la microcuenca de Lullán utilizando SIG y teledetección. Se cuantificó el retroceso de los glaciares mediante un análisis multitemporal utilizando 4 imágenes de satélite durante 27 años (mapas de cobertura de 1987, 2001, 2009 y 2014). Los resultados obtenidos muestran que existen influencias significativas entre las variables climáticas, físicas, biológicas y poblacionales de la microcuenca de Lullán. En resumen, fue posible desarrollar un modelo de riesgo que identifica áreas propensas al deslizamiento de glaciares,

permitiendo evaluar alternativas relacionadas con el manejo y gestión de la microcuenca de Llullán.

A su vez, el autor Ríos (2017) realizó la evaluación del impacto paisajístico de la expansión urbana (2006-2017) en las lomas de Carabayllo. Metodológicamente, se evaluó una población muestral de un área de 1767,75 hectáreas con una circunferencia de 26860,94 metros y la RM. N° 0429-2013MINAGRI tiene en cuenta que sustenta la fragilidad del ecosistema. Se utilizaron matrices de evaluación del paisaje territorial para evaluar las condiciones actuales y se trabajó con imágenes satelitales Landsat de la USSG, cartas oficiales del IGN, imágenes aéreas e información del MINAGRI. Los resultados obtenidos sugieren un impacto negativo en el paisaje. En resumen, fue posible utilizar software de computadora para desarrollar modelos espaciales que vinculen la gestión y la gestión para mejorar el impacto del paisaje.

Asimismo, el autor Peña (2017) desarrollo una modelación espacial de áreas con cierta vulnerabilidad a posibles inundaciones en la cuenca baja del río Chillón. Metodológicamente, se utilizaron las guías de INDECI y CENEPRED. Se utilizaron medidas y herramientas SIG como instrumentos. Los resultados obtenidos muestran que se pudieron identificar las propiedades físicas en relación a la peligrosidad y exposición, fragilidad y resiliencia en relación a la vulnerabilidad. En resumen, se puede decir que el grado de riesgo derivado del peligro y la vulnerabilidad demuestra la importancia de un SIG para la toma de decisiones en la gestión de riesgos.

Asimismo, el autor Chávez (2017) identificó los cambios hidroclimáticos en la cuenca hidrográfica de Huarmey y el riesgo a través de la modelización espacial. Realización de una investigación aplicada basada en un SIG que permitió identificar áreas críticas de riesgo, frecuencia e intensidad durante un período de 20 años. Las hojas de recolección de datos de campo y las imágenes de satélite sirvieron como instrumentos. Se utilizaron Excel, IBM SPSS y ArcGIS para presentar los resultados y análisis. Los resultados mostraron que existía una alta y directa correlación entre la corriente y el área inundada. Asimismo, una vulnerabilidad y un peligro muy elevados crean un

riesgo en la misma medida. Para concluir que la precipitación, la temperatura y la escorrentía son los factores que generan un riesgo directo y muy alto de inundaciones.

Por su parte, el autor De paz (2017), realizó el reconocimiento de áreas vulnerables como consecuencia de las altas concentraciones de emisiones contaminantes en el sector industrial. Metodológicamente se realizó una investigación descriptiva, utilizando un modelo gaussiano y evaluando la dispersión de contaminantes (material particulado de 10 μm de diámetro) con el software matemático "R". Asimismo, se consideraron las condiciones meteorológicas (temperatura, presión, dirección del viento e índice de radiación neta). Los resultados mostraron que la concentración de PM-10 a 480 metros fue de 192.5 $\mu\text{g} / \text{m}^3$ y con el monitoreo de la calidad del aire fue de 246.805 $\mu\text{g} / \text{m}^3$. En conclusión, los niveles máximos de concentración de PM-10 en la dirección del viento predominante superaron los Estándares de Calidad Ambiental en el distrito de Puente Piedra en 2017.

En el mismo año, Herrera (2017) evaluó la variación espacial en la cobertura del suelo en Nevado Cocuy. Identificación de los efectos negativos del cambio climático en Nevado Cocuy, proyección de un posible escenario al año 2030. Para lo cual se realizó la modelación de máxima entropía con el software MaxEnt. Los resultados sugieren que la dinámica utilizada para crear mapas de distribución de especies está vinculada al perfil de elevación, revelando escenarios clave para la evolución de las especies en elevación. En resumen, se podría predecir que las especies tienden a congregarse en altitudes mayores, ya que se encuentran alejadas del área social.

Asu vez, los autores Roe, Baker y Herla (2017), nos mostraron la brecha, entre la percepción pública y la base científica sobre el retroceso glaciar, donde surgieron incertidumbres en los modelos numéricos y la corta duración de los registros de balance de masa de los glaciares, para tal evaluación del cambio de glaciar individual se empleó un método basado en la relación señal-ruido, demostrando que los retrocesos de glaciares individuales representan algunas de las relaciones señal-ruido más altas del cambio climático. En tanto,

el retroceso a escala centenaria de los glaciares locales son consecuencia categórica del cambio climático.

Asimismo, el autor Strel (2017) también evaluó la importancia de los glaciares de roca en las montañas del norte de Tien Shan en su estudio. Metódicamente, utilizó imágenes de satélite ópticas estéreo de alta resolución de 1971 (Corona), 2012 (GeoEye1) y 2016 (Pléiades) para generar ortoimágenes y modelos digitales de elevación que permiten reconocer los cambios actuales y a largo plazo en los glaciares de roca. Los resultados mostraron que el cambio en el área de glaciares en el área de estudio fue negativo con una pérdida de casi el 30% (1971-2016) y el cambio de área promedio anual relativo más reciente fue más del doble del promedio para el período 1971-2012. Llegando a la conclusión de que los glaciares son importantes en las montañas del norte de Tien Shan, ya que contribuyen a los recursos hídricos de la estación seca y se han asociado con peligros naturales.

Mientras tanto, el autor Serrano (2018) determinó los efectos del cambio climático en el retroceso de los glaciares de la cuenca baja del río Sahuanay como parte del enfoque de gestión hídrica. La metodología utilizada se basa en el método científico teniendo en cuenta la investigación aplicada, el nivel descriptivo y el diseño no experimental. La población de muestra consistió en el área total del glaciar nombrado. Los resultados obtenidos mostraron que las propiedades comunes (humedad relativa, precipitación y temperatura) tienen una influencia significativa (efecto retroactivo) en el comportamiento del Glaciar Ampay, lo que se refleja en una pérdida glacial de 0,48 km² en los últimos 10 años. En resumen, hay menos precipitación durante la temporada de ablación y la mayor pérdida de glaciares ocurre con índices de humedad relativa más bajos.

Ese mismo año, el autor Sun, et al (2018), instaló una estación meteorológica automática que les permitió recolectar un conjunto de datos meteorológicos de 6 años único para la zona de ablación del glaciar Laohugou N° 12, donde se analizó el efecto de la reducción del albedo sobre el derretimiento de los glaciares. El cálculo con el modelo de balance de energía

de la superficie (SEB) mostró aumentos equivalentes en el derretimiento de los glaciares que se obtuvieron al aumentar la temperatura del aire en 1.3 y 3.2 K, reconociendo que las impurezas que absorben la luz (LAI) en la superficie glacial pueden disminuir en gran medida el albedo de la superficie y aumentar el derretimiento glacial.

Asimismo, Paucar (2018), evaluado con el software ArcGIS 10.3. la influencia del retroceso del glaciar Ampay en la producción agrícola de la comunidad de Huayllabamba. Se utilizó metódicamente la técnica de observación y como instrumento donde se utilizaron las encuestas con 18 preguntas sobre el registro de percepción y producción agrícola de la mencionada comunidad. Asimismo, se utilizaron 10 imágenes Landsat tomadas por la NASA que pertenecen al intervalo de tiempo especificado entre los años 1991 al 2017. En el análisis estadístico se utilizó el estadístico RHO Pearson por tratarse de una relación causal. Los resultados obtenidos mostraron que existe una relación negativa e inversamente influenciada entre el retroceso de los glaciares de la montaña Ampay y la producción agrícola de la comunidad de Huayllabamba.

A su vez, Leiva (2018), a su vez, evaluó el declive en el área del glaciar Los Nevados en Colombia. Utilizando imágenes de satélite de los últimos años analizadas con herramientas SIG, se identificaron las dimensiones de la cubierta glacial mediante procedimientos de clasificación supervisados que permitieron visualizar el índice de regresión glacial. En resumen, el Nevado podría identificarse con la mayor pérdida de cobertura glacial (área glacial).

En el mismo año, el autor Fernández (2018) propuso una secuencia metodológica para el estudio de los glaciares y el cambio climático, así como para el uso de los glaciares como indicadores del desarrollo climático. Desde el punto de vista metodológico, comprendió diversas técnicas que se enfocaron en lo siguiente: mapeo de extensiones de glaciares en diferentes puntos en el tiempo, medición de variaciones frontales, cálculo de áreas y volúmenes, análisis de alturas de línea de equilibrio (ELA) de glaciares, estadísticas el tratamiento de series climáticas y la aplicación de modelos climáticos glaciares, relacionan temperatura y precipitación. Los resultados

mostraron un retroceso promedio de 1,3 km y una reducción de área y volumen de 25% y 33%, respectivamente, debido al calentamiento. En resumen, se puede decir que el uso de modelos climáticos glaciares sugirió un clima con hasta un 49% menos de humedad.

En consecuencia, los autores Orozco, Ramírez y Francés (2018), implementaron un modelo hidrológico “TETIS” que permita evaluar los impactos provocados por el cambio climático a escala de celda en una cuenca. Utilizando multimodelos climáticos del Coupled Model Intercomparison Project y escenarios propios del Panel Intergubernamental del Cambio Climático. Los resultados alcanzados, indican la existencia de una modificación de la dinámica en el sistema que provoca un índice de mayor riesgo en avenidas. En conclusión, la modelación de impactos que genera el cambio climático permitió identificar posibles eventos de inundaciones.

Asimismo, el autor Gradilla et al. (2018) realizó una aproximación geoespacial del proceso de adaptación ante el cambio climático en relación a la infraestructura vial en la Ciudad de México. Desde el punto de vista metodológico, destaca en el papel del SIG, que permite analizar los puntos débiles y es capaz de identificar las áreas críticas de la red vial. Los resultados mostraron que el proceso de adaptación suele ser iterativo frente al cambio climático; En este sentido, se debe realizar un geoanálisis de forma continua. En resumen, el uso de SIG sirve para asegurar que el desarrollo de mapas para geoanálisis influya en la toma de decisiones.

Mientras tanto, los autores Bonan, Christian y Christianson (2019), examinaron el impacto de la variabilidad climática en el balance de masa estacional de 14 glaciares en Noruega, Suecia y Svalbard utilizando un método de ajuste dinámico, basado en la influencia del nivel de temperatura y precipitación, donde se determinó que para cada glaciar en los meses de verano el balance de masa glaciar varía del 24 al 69% y en los meses de invierno varía del 27 al 81% el balance de masa glaciar. Además, se encontró que la variabilidad de acumulación de todos los glaciares está fuertemente relacionada con la Oscilación del Atlántico Norte (NAO) y la Oscilación Multidecadal del Atlántico (AMO).

Ese mismo año, los autores Malone, Doughty y Macayeal (2019), cuantificaron los impactos de la variabilidad climática interanual sobre la longitud promedio de los glaciares y su balance de masa, utilizando un modelo de línea de flujo acoplado a un modelo simplificado de balance de masa, llegando a determinar que los cambios en la magnitud de variabilidad de la temperatura interanual afecta de forma no lineal la longitud media de los glaciares mediante una asimetría en el balance de masas entre los años cálidos y fríos, lográndose identificar que esta asimetría produce pocos impactos, en ese sentido, las interpretaciones del paleoclima de los cambios producidos en la longitud de los glaciares probablemente no estén influenciadas por este proceso.

Además, los autores Mazuera y Martínez (2019) realizaron una evaluación espacio-temporal dinámica con los niveles espectrales NDVI, NDWI y TS presentados en el sur del Tolima. Utilizando imágenes de los satélites Landsat 5 y 8 recopiladas del sitio web del USGS. Luego se analizaron NDVI, NDWI y la temperatura utilizando un SIG, compatible con el software ArcGIS 10.3. La evaluación tuvo lugar entre 1989 y 2018. Los resultados mostraron una pérdida del 15% cobertura vegetal y 9500 hectáreas de recursos hídricos. También se observaron temperaturas superiores a los 24° C en las zonas más planas del sur del Tolima. En resumen, la dinámica espacio-temporal podría evaluarse con los niveles espectrales NDVI, NDWI y TS en el sur del Tolima.

Mientras tanto, para los autores Litt, et al. (2019), los cuales modelaron la ablación de glaciares por medio del índice de temperatura (TI), donde utilizaron los datos de seis estaciones meteorológicas automáticas (AWS), determinando que durante el monzón, el derretimiento de la superficie domina los procesos de ablación en elevaciones más bajas (entre 4950 y 5380 m.s.n.m.), porque la radiación neta de onda corta es el principal aporte de energía en la superficie del glaciar y el albedo y la nubosidad son muy variables en espacio y tiempo. Concluyendo que en la zona de ablación la sublimación y otros procesos impulsados por el viento también contribuyen a la pérdida de masa y siguen sin resolverse con los métodos del índice de temperatura.

De igual manera, para los autores Regalado y Vásquez (2020) modelaron la concentración de partículas en los distritos de Lima Norte Estación de Carabaylo, Lima Sur Estación de Tren Villa María del Triunfo y Lima Centro Campo de Marte entre los meses de marzo y abril de 2020, desde la perspectiva de la presencia de partículas PM10 y PM2.5 modeladas por evaluación colorimétrica en ArcGIS según normativa INCAS. Los resultados mostraron que la materia particulada estuvo presente en marzo y abril. En resumen, se puede decir que la concentración de PM10 en ambos meses de las tres estaciones no superó el límite mínimo de 75 $\mu\text{g} / \text{m}^3$, lo que resultó en una buena calidad del aire (color verde), en contraste con PM 2.5, que tuvo el límite mínimo de Excedido 12,5 $\mu\text{g} / \text{m}^3$. como resultado de la mala calidad del aire (color naranja).

Además, según los autores Ram, S., et al. (2020), los cuales reconstruyeron los eventos de fluctuación de los glaciares mediante la datación de morrenas basadas en anillos de árboles y fotografías repetidas, donde observaron una mayor tasa de recesión de los glaciares a partir de la década de 1980, coincidiendo con el calentamiento climático. El calentamiento en curso tiende a acelerar los procesos ecológicos al restablecer el entorno biofísico de los primeros campos desglaciados. En general, los glaciares han mostrado tendencias en retroceso durante los últimos 200 años, lo que representa un riesgo para la preservación de los recursos hídricos en el Himalaya y las regiones cercanas.

En el mismo año, los autores Bullege y Custodio (2020) evaluaron la influencia del cambio climático en el retroceso de la masa glaciar de la Cordillera Huaytapallana. Al identificar la temperatura mínima y el área de pérdida de masa del glaciar entre los años 1986 a 2016, se recopiló información de los reportes del SENAMHI y del IGP para este propósito. Asimismo, la información de temperatura se extrajo del observatorio de Huancayo (latitud 12 ° 02'S y longitud 75 ° 19 'O a 3313 metros sobre el nivel del mar). Los resultados indicaron que, hay un aumento de temperatura promedio de 4.757 ° C, lo que resultó en una reducción de la masa glaciar de 11,86 km². En conclusión, el aumento de la temperatura mínima del período

1986-2016 influyó (relación inversa, moderada y significativa) en la masa glaciar de la Cordillera Huaytapallana.

Según el autor Nerio (2020), Venezuela pronto se convertirá en el primer país andino en perder todos sus glaciares y en tener la capacidad de producir mapas multitemporales detallados que relacionen la evolución de la capa de hielo entre 1952 y 1910. Metodológicamente, incluyó topografía datos, fotografías aéreas de alta resolución, imágenes de satélite, mapas históricos, fotografías panorámicas y observaciones de campo. Posteriormente, se presentaron mapas a escala 1: 5.000 centrados en la evolución de la capa de hielo proporcionada entre 1952 y 2019. Los resultados indicaron que el índice de retroceso de los glaciares aumentó después de 1998, con un valor de -16,9% anual y -1% entre 2016 y 2019. En conclusión, los nuevos mapas elaborados son una herramienta fundamental para la toma de decisiones en la gestión de registros hídricos.

Finalmente, la autora Chesnokova et al. (2020) estudio como la reducción de la cubierta glaciar afecta la escorrentía de los ríos. En condiciones de retroceso continuo, los glaciares producen un aumento inicial de la escorrentía a medida que pierden masa. Luego, la escorrentía alcanza un punto de inflexión, una meseta conocida como pico de agua, y luego disminuye a medida que el volumen del hielo glaciar continúa disminuyendo. Los resultados mostraron que dos cuencas hidrográficas, 30% cubiertas por glaciares, aún no han llegado a esta meseta y que la escorrentía seguirá aumentando. En resumen, se puede afirmar que varias cuencas hidrográficas con porciones glaciares más pequeñas han pasado la parte superior del agua, lo que significa que la escorrentía ahora está disminuyendo aún más.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

El proyecto utilizó un enfoque cuantitativo, y se ejecutó apoyándose en la búsqueda de conocimientos y utilizarlos, para obtener resultados reales que ayuden a plantear soluciones de conservación para la cobertura glaciar, es por ello que la investigación es de tipo aplicada. Y el diseño de investigación es no experimental de tipo longitudinal debido a que se basa al monitoreo de los fenómenos naturales del área a estudiar, describiéndolos y analizándolos. El nivel de investigación es explicativo ya que el estudio buscó una aproximación hacia el problema y así conocer los fenómenos que se presentan, tanto en sus características y componentes, lo cual permitió realizar un contraste de las hipótesis con la realidad, hasta su comprobación.

3.2. Variables y operacionalización

El trabajo de investigación se realizó con las siguientes variables:

- **Variable independiente:** Variables meteorológicas
- **Variable dependiente:** Retroceso glaciar

En el Anexo 1 se muestra la matriz de operacionalización de variables

3.3. Población, muestra y muestreo

Según Valderrama (2015), el cual definió la población, como la totalidad de las medidas de las variables en estudio. La **población** total para el proyecto es el área glaciar total del nevado Yuracchocha.

Según Hernández (2001), el cual definió a la muestra como una parte característica de una población o conjunto. La **muestra** considerada para esta investigación es el área glaciar total de la zona de estudio.

La técnica de **muestreo** que se aplicó para la ejecución del estudio, fue el muestreo **no probabilístico** de tipo **intencional**, debido a la elección de elementos bajo el punto de vista y criterio del investigador.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica que se empleó para el desarrollo del proyecto, fue la **observación directa** el cual está basado en el empleo de los sentidos durante los hechos que se desarrollaron en un tiempo y lugar espontaneo. Con el fin de demostrar las hipótesis planteadas, utilizando nuestro instrumento de medición con el cual se recogieron los datos.

El **instrumento** de recolección de datos que se utilizó durante el proceso de investigación, fue una ficha de recolección de datos en el cual se encuentra cada variable y la medición de estos a través de sus indicadores. En el Anexo 02 se detalla el instrumento de recolección de datos

La **validación** de la herramienta que se utilizó en este proyecto de investigación fue acreditada por el juicio de 03 expertos. A continuación, se presenta la Tabla 01 con la calificación recibida por el juicio de expertos.

Tabla 01. Validez de expertos

Experto validador	% de Validez	Promedio de validez %
Dr. Carlos Francisco Cabrera Carranza	90	88.3
Dr. Luis Fermín Holguín Aranda	90	
Dr. Jorge Leonardo Jave Nakayo	85	

La **confiabilidad** del instrumento que se utilizó durante el proyecto de investigación, se vio reflejado por los resultados obtenidos en una determinada ocasión, bajo ciertas condiciones. Permitiendo la aceptación científica de la hipótesis de investigación.

3.5. Procedimiento

El proyecto se desarrolló en 02 etapas las cuales son:

- **Etapa 1** – Recojo de información *in situ*
- **Etapa 2** – Trabajo en gabinete:
 - 1) Descarga y procesamiento de imágenes satelitales.
 - 2) Descarga y procesamiento de información meteorológica.

A continuación, en la Figura 01. se muestra el diagrama de flujo de los procedimientos que se desarrollaron.

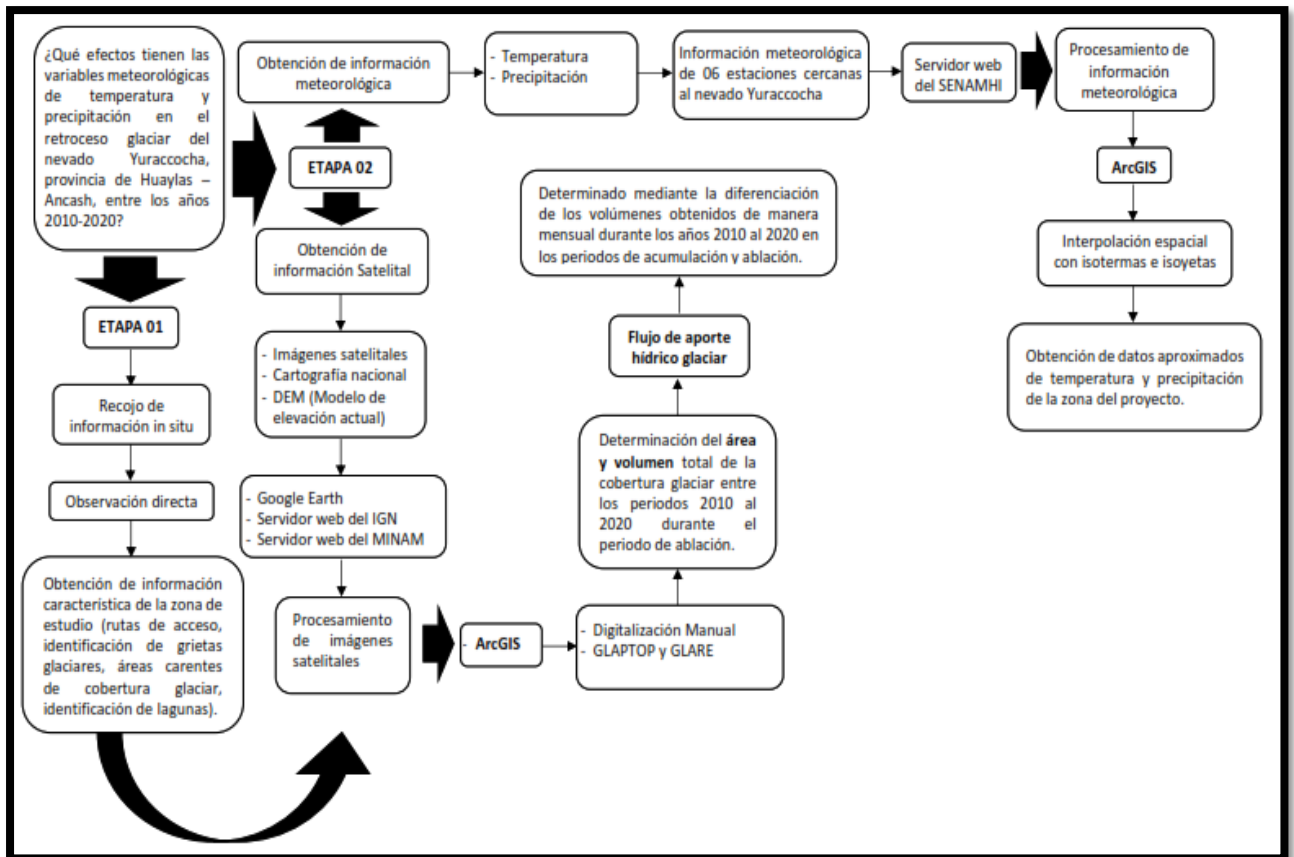


Figura 01. Diagrama de flujo

Etapa 1 - Recojo de información *in situ*:

- Se realizó la visita guiada al nevado Yuracocha, a fin de definir recorridos y vías de acceso a las zonas de interés.
- Se realizó una inspección ocular del entorno a fin de poder recolectar información característica de la zona de estudio (ecosistemas existentes, morfología, suelo, rutas de acceso e identificación de grietas).

Etapa 2 – Trabajo en gabinete:

1) Descarga y procesamiento de imágenes satelitales

La metodología comúnmente utilizada para la delimitación de glaciares es a través del Normalized Difference Snow Index (NDSI) procesado en el software ENVI. El cual es una herramienta de mucha utilidad para el procesamiento y análisis de imágenes geoespaciales y la realización inicial de un cartografiado de la zona

de estudio. No obstante, estos métodos no permiten la diferenciación entre masas de hielo glaciar y zonas cubiertas de nieve (por avalanchas de nieve), los cuales se encuentran en las imágenes satelitales a usar, es por este motivo que se realizó la digitalización manual.

- Primero, se usaron imágenes satelitales históricas entre los periodos 2010 al 2020, de la plataforma Google Earth en temporadas de ablación. En las cuales se diferenciaron las zonas de masas glaciares, de las zonas cubiertas de nieve de una manera más precisa.
- A continuación, Ayudándonos con las curvas de nivel, se pudo diferenciar las zonas de masas glaciares de las zonas cubiertas de nieve, se corroboró que cada lengua glaciar de las imágenes satelitales a usar tenga una extensión más grande según el paso de los años. Esto nos confirmó la correcta individualización de cada sistema glaciar.
- Después, se realizó la delimitación en las imágenes satelitales con la ayuda de la herramienta ArcMap del ArcGIS, y se digitalizó manualmente cada contorno desde el circo hasta la lengua glaciar en una escala de 1:250.
- Utilizando la herramienta **GLABTOP**, se determinó los volúmenes glaciares actuales. Obteniendo espesores de hielo en distintos puntos distribuidos a lo largo de líneas de flujos (**Branch Lines**), que representan el recorrido de los glaciares, luego se interpolaron a todo el glaciar, para obtener un ráster de espesores. Finalmente, estos espesores se sustrajeron de un modelo de elevación digital de los glaciares (DEM), para obtener la topografía basal, es decir, la que está por debajo del glaciar. Este proceso, se realizó mediante la herramienta **Raster Calculator** de ArcGIS y se obtuvo el volumen glaciar, por la sumatoria de espesores, usando la herramienta **Classification Statistics**, que multiplicará los espesores por el tamaño de celdas(áreas).

- Por consiguiente, se utilizó la herramienta **GLARE** el cual reconstruyo semiautomáticamente la geometría tridimensional del paleoglaciario, en base a la topografía basal calculada con la metodología **GLABTOP** y líneas de flujo.
- Y para finalizar determinamos el flujo de aporte hídrico glaciario, con la diferenciación de los volúmenes obtenidos durante el periodo 2010 al 2020.

2) Descarga y procesamiento de información meteorológica

- Se descargó la información meteorológica de temperatura y precipitación, mediante el servidor web del SENAMHI. Se procuró obtener información de 06 estaciones meteorológicas cercanas al nevado Yuracocha. A continuación, en la Tabla 02 se presentan las estaciones meteorológicas cercanas a la zona de estudio.

Tabla 02. Estaciones meteorológicas

ESTACION	ALTITUD Msnm.	COORDENADAS	
		LATITUD	LONGITUD
Yungay	2466	9°8'30.79" S	77°44'59.91" W
Pachacoto	3733	9°51'8.91" S	77°24'22.03" W
Chavín de Huántar	2716	9°35'9.54" S	77°10'31.04" W
Sihuas	2979	8°34'0" S	77°39'0" W
Saucepampa	2678	9°1'51.29"S	77°46'34.76" W
Pomabamba	2985	8°49'18.13" S	77°27'26.4" W

- Durante el proceso de descarga, también se utilizaron los datos **PISCO** (Peruvian Interpolated data of the SENAMHI's Climatological and hydrological Observations), el cual es un producto de grilla elaborado por el SENAMHI entre los años 2013 y 2014. Permitiendo a diferentes usuarios poder tener acceso a data histórica de temperatura y precipitación diaria o mensual, entre los años 1981 hasta el 2016.

- El producto de grillado lo descargamos desde el servidor del International Research Institute for Climate and Society.

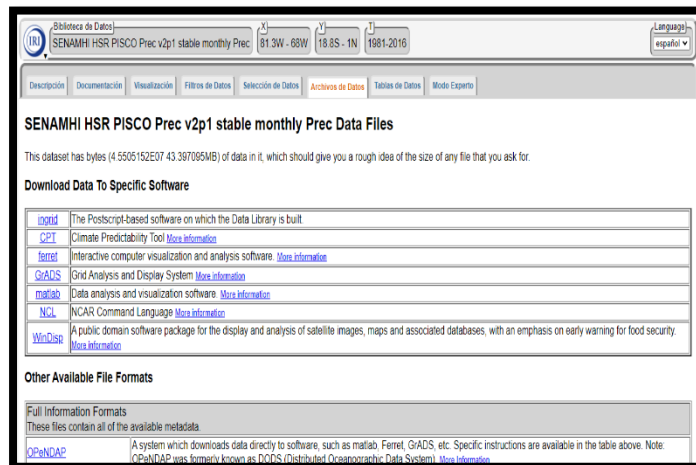


Figura 02. Servidor IRI

Fuente: <https://iridl.ldeo.columbia.edu/>

- A continuación, se descargó también los productos de grillado de Temperaturas máximas y mínimas mensuales, y por último el de precipitaciones mensuales.
- Seguido de ello, para poder trabajar estos datos se utilizó el software Rstudio, el cual nos permitió poder obtener la información de las estaciones requeridas gracias a los puntos cardinales de cada estación meteorológica.

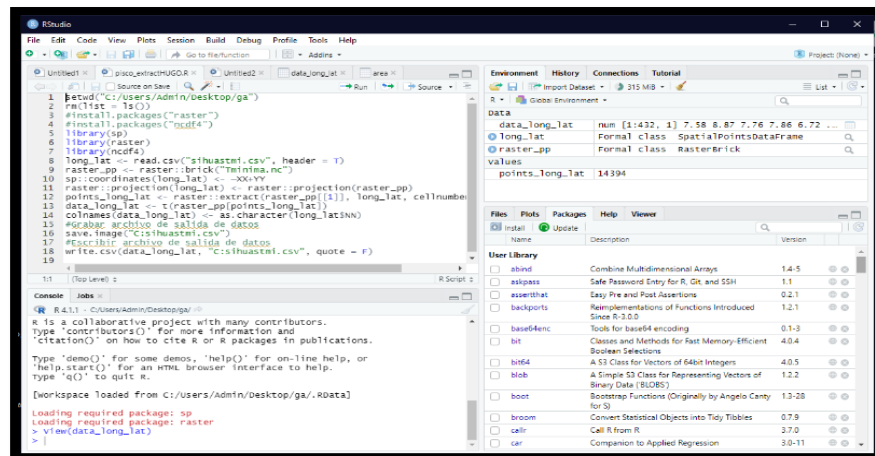


Figura 03. Software Rstudio

- Para finalizar, al haber obtenido la data meteorológica de todas las estaciones entre los años 2010 – 2020, se empleó la técnica de interpolación espacial con isotermas e isoyetas en el software ArcGIS, lo cual nos dio resultados aproximados en torno a la temperatura y precipitación en la ubicación del proyecto.

3.6. Método de análisis de datos

En el estudio se utilizaron los siguientes métodos de análisis, donde serán procesados los datos obtenidos:

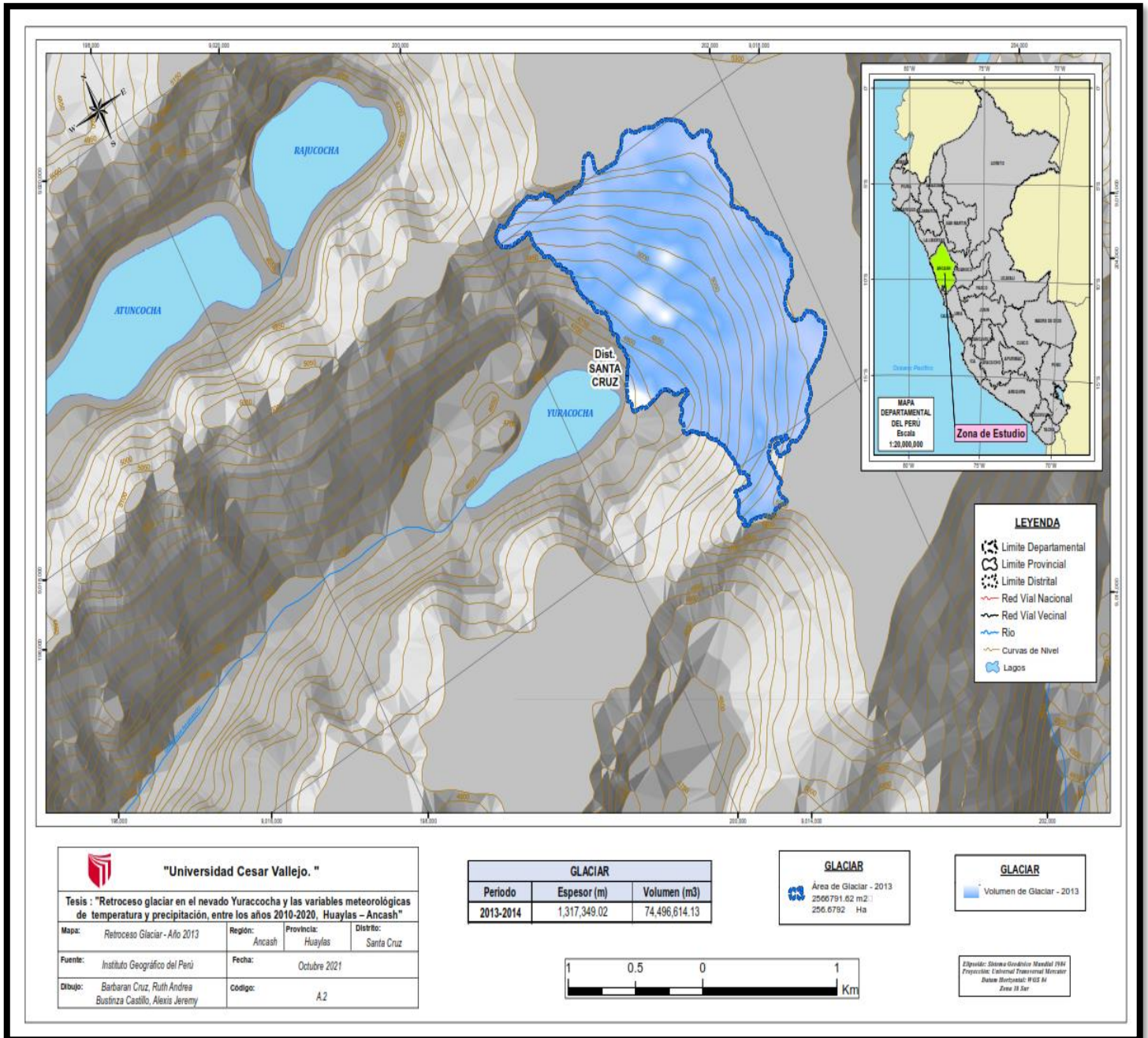
- Excel estadístico
- ArcGIS
- Rstudio

3.7. Aspectos éticos

En el trabajo de investigación se utilizaron los softwares Rstudio, Excel y ArcGIS. Este último, es un completo sistema que permitió la recopilación, organización, administración, análisis, y distribución de la información geográfica. A su vez, para temas de bases teóricas, metodológicas y como materia de discusión se realizó recopilaciones bibliográficas relacionadas al objetivo de estudio, mencionando siempre el autor y año de la publicación correspondiente, como establece el código de ética del reglamento de investigación RR089 y turnítin. Asimismo, se respetó el derecho de autenticidad de los autores, citándolos de acuerdo a la norma ISO 690.

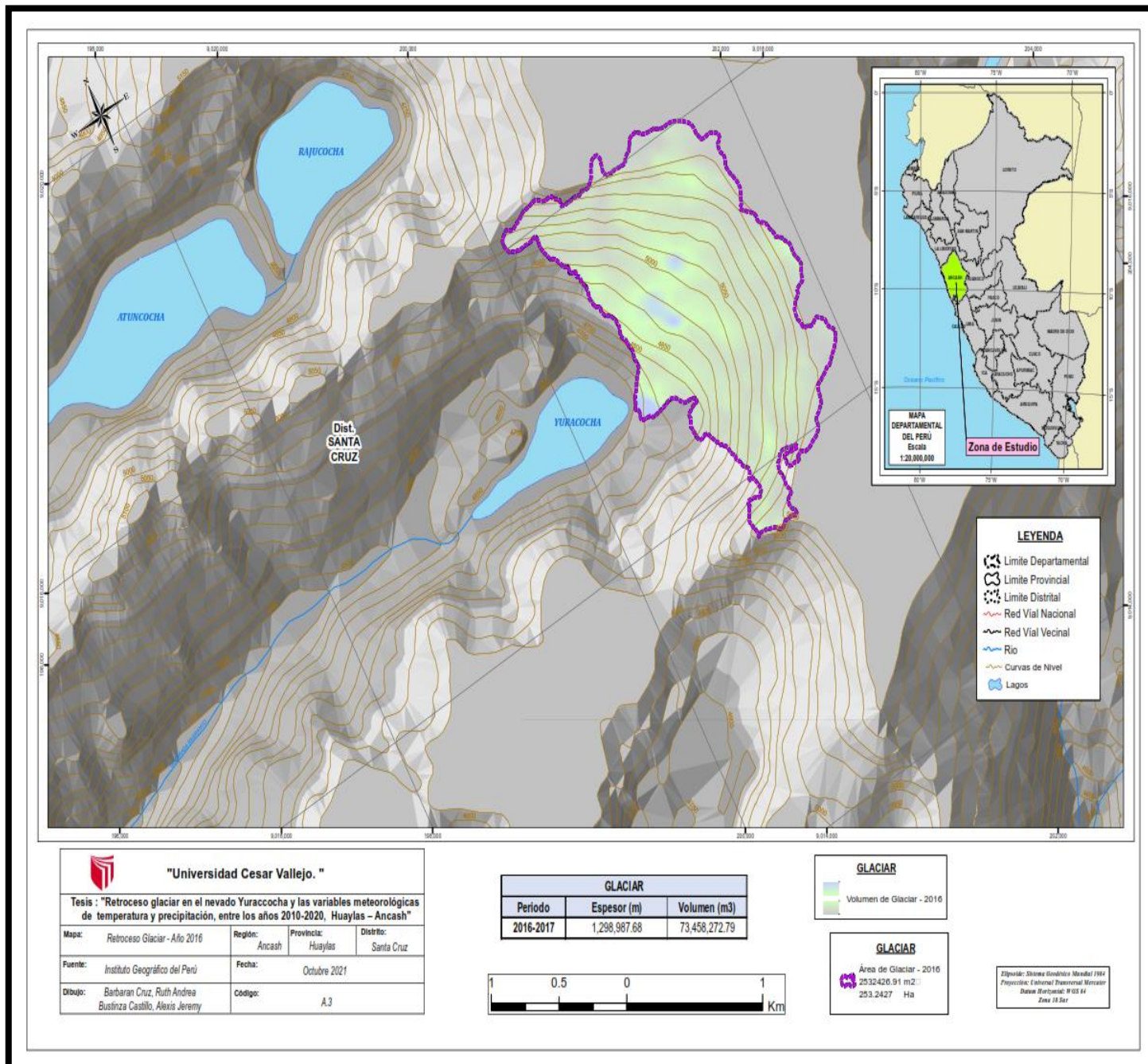
IV. RESULTADOS

4.1. Mapas de cobertura y volumen glaciar



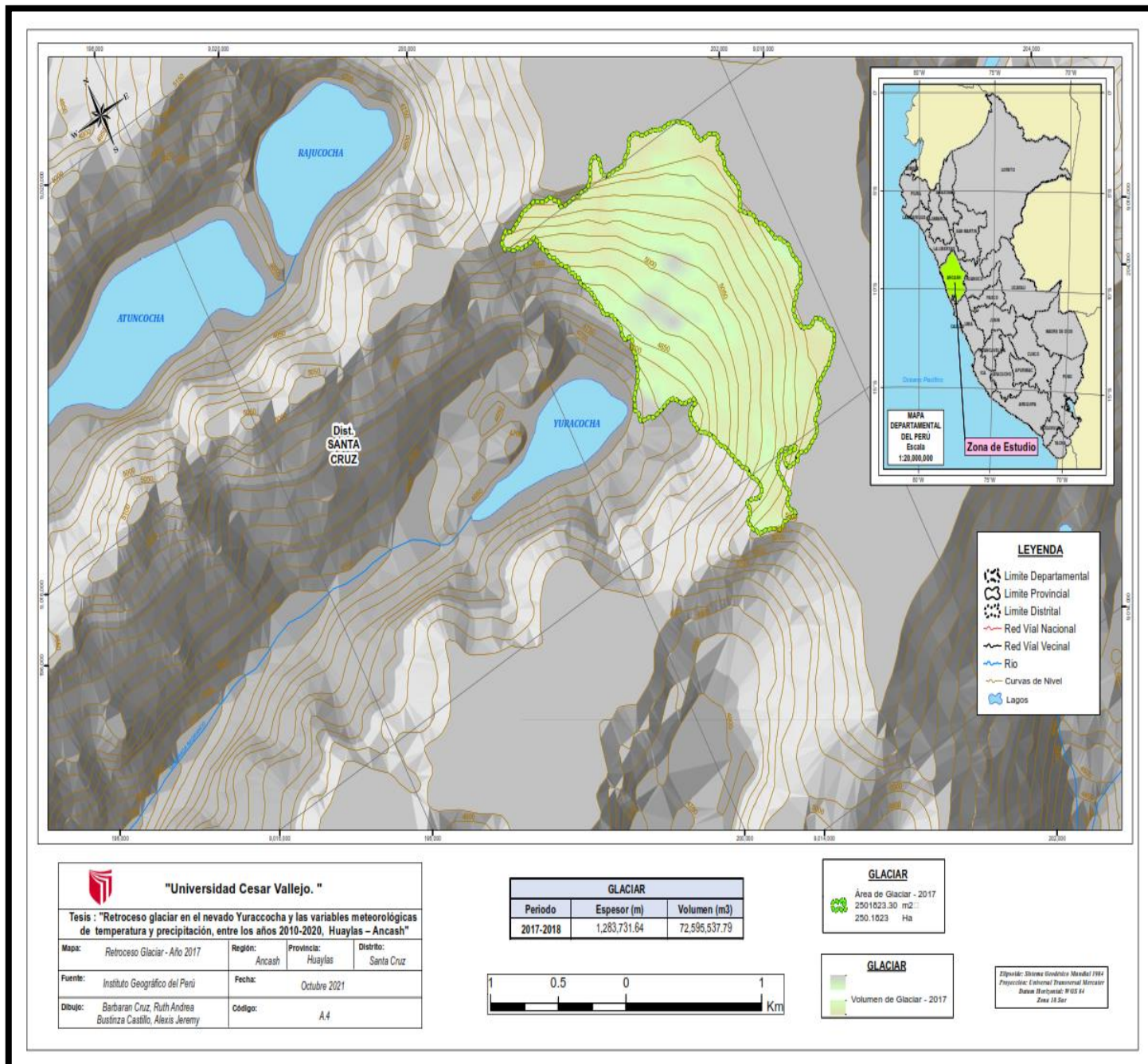
Mapa 01: Mapa de cobertura y volumen glaciar 2013

Interpretación: En el Mapa 01 se presentan los datos de cobertura y volumen glaciar del nevado Yuracocha en el año 2013. El área estudiada cuenta con 2,56 km² de superficie glaciar y 0.074 km³ de volumen glaciar, cabe mencionar que dicha información fue recopilada en temporada de ablación.



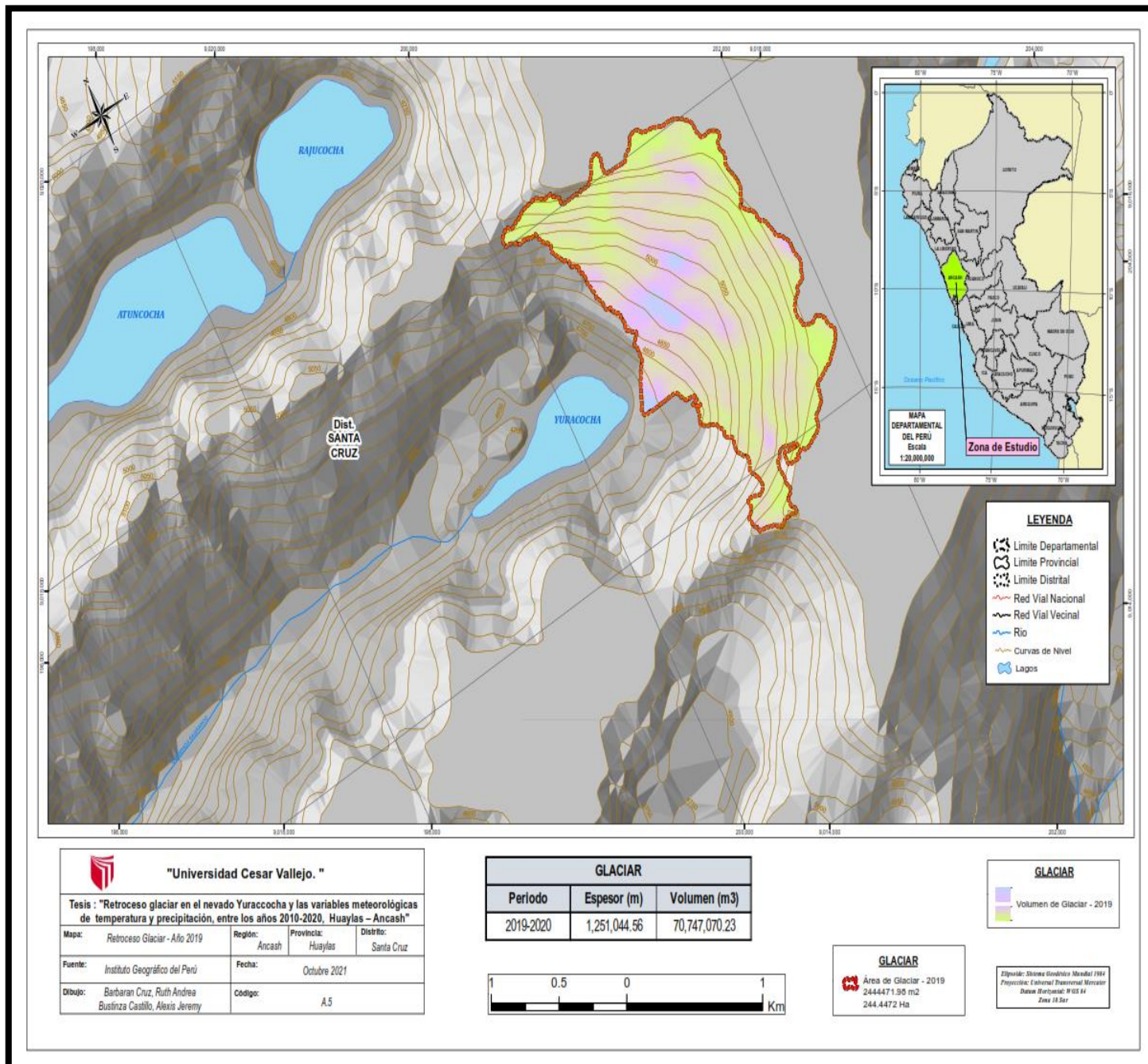
Mapa 02: Mapa de cobertura y volumen glaciar 2016

Interpretación: En el Mapa 02 se presentan los datos de cobertura y volumen glaciar del nevado Yuracocha en el año 2016. El área estudiada cuenta con 2,53 km² de superficie glaciar y 0.073 km³ de volumen glaciar, cabe mencionar que dicha información fue recopilada en temporada de ablación.



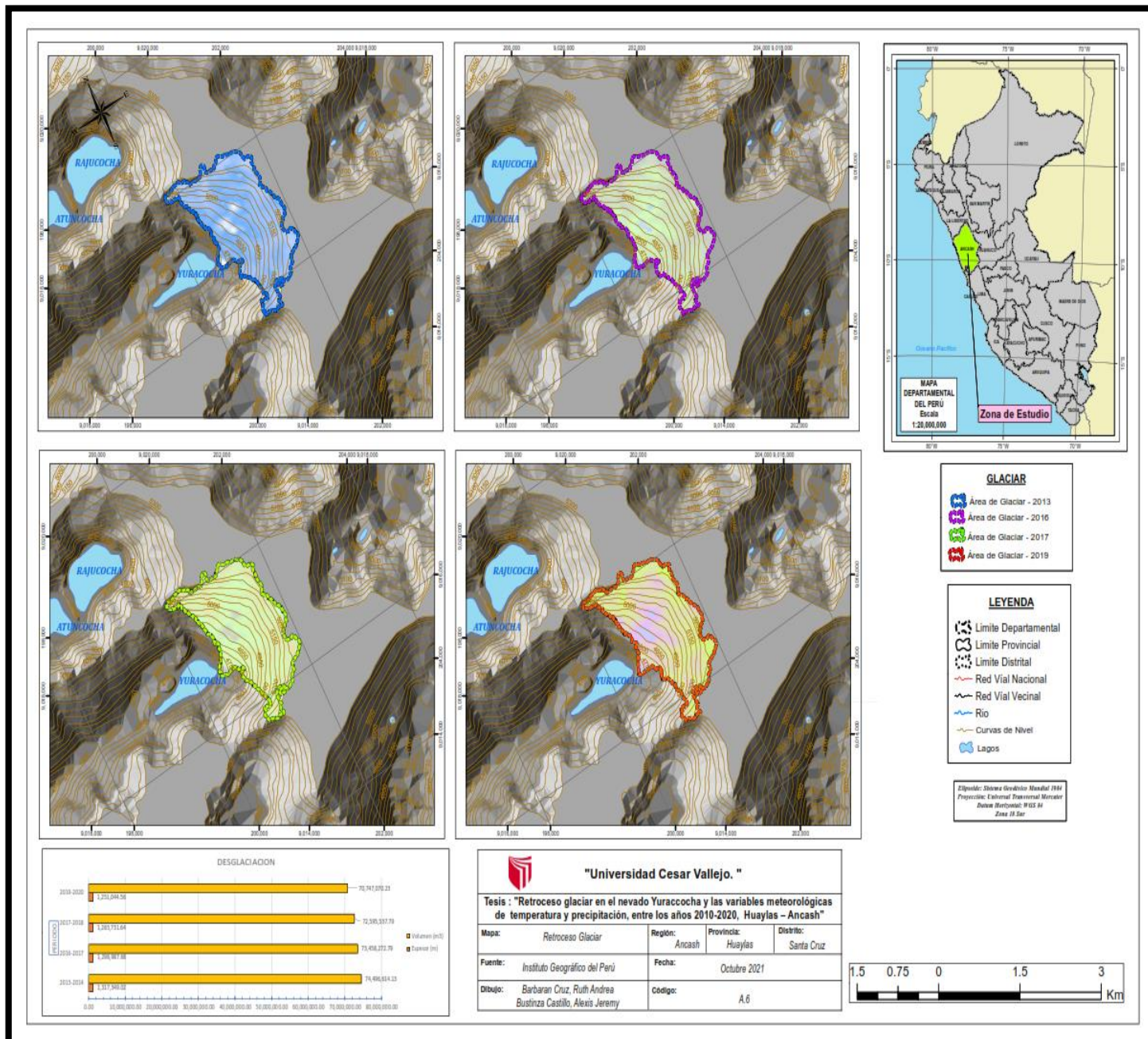
Mapa 03: Mapa de Cobertura y Volumen Glaciar 2017

Interpretación: En el Mapa 03 se presentan los datos de cobertura y volumen glaciar del nevado Yuracocha en el año 2017. El área estudiada cuenta con 2,50 km² de superficie glaciar y 0.073 km³ de volumen glaciar, cabe mencionar que dicha información fue recopilada en temporada de ablación.



Mapa 04: Mapa de cobertura y volumen glaciar 2019

Interpretación: En el Mapa 04 se presentan los datos de cobertura y volumen glaciar del nevado Yuracocha en el año 2019. El área estudiada cuenta con 2,44 km² de superficie glaciar y 0.071 km³ de volumen glaciar, cabe mencionar que dicha información fue recopilada en temporada de ablación.



Mapa 05: Mapa general de glaciares

Interpretación: En el Mapa 05 se presentan los datos de coberturas y volúmenes glaciares del nevado Yuracocha entre los periodos 2010 al 2020. Entre dicho periodo se utilizó imágenes satelitales de los años 2013, 2016, 2017 y 2019, evidenciando que el área estudiada presentó una reducción progresiva de la superficie glaciar de 0,12 km² y 0.003 km³ de volumen glaciar. Teniendo como resultado final un retroceso anual de la superficie glaciar de 0.017 km²/año y una pérdida del volumen glaciar de 0.0004 km³/año.

4.2. Cuadros de resultados

Tabla 03. Resultado de superficie, volumen y flujo de aporte glaciar

Años de estudio	Imagen adquirida	Superficie (km^2)	Volumen (km^3)	Flujo de aporte hídrico glaciar (m^3)
2013	Google Earth	2,56	0.074	-
2016	Google Earth	2,53	0.073	1,038,341.35
2017	Google Earth	2,50	0.073	862,734.99
2019	Google Earth	2,44	0.071	1,848,467.56

Interpretación: En la tabla 03 se presentan los resultados de superficie, volumen y flujo de aporte glaciar del nevado Yuracocha entre los periodos 2010 al 2020. Entre dicho periodo se utilizaron los años de estudio 2013, 2016, 2017 y 2019, evidenciando así que el área estudiada presentó una reducción progresiva de la superficie glaciar de 0,12 km^2 y 0.003 km^3 de volumen glaciar. En relación al flujo de aporte hídrico glaciar se estimó un valor total aproximado de 3,749,543.90 m^3 desde el 2013 – 2019.

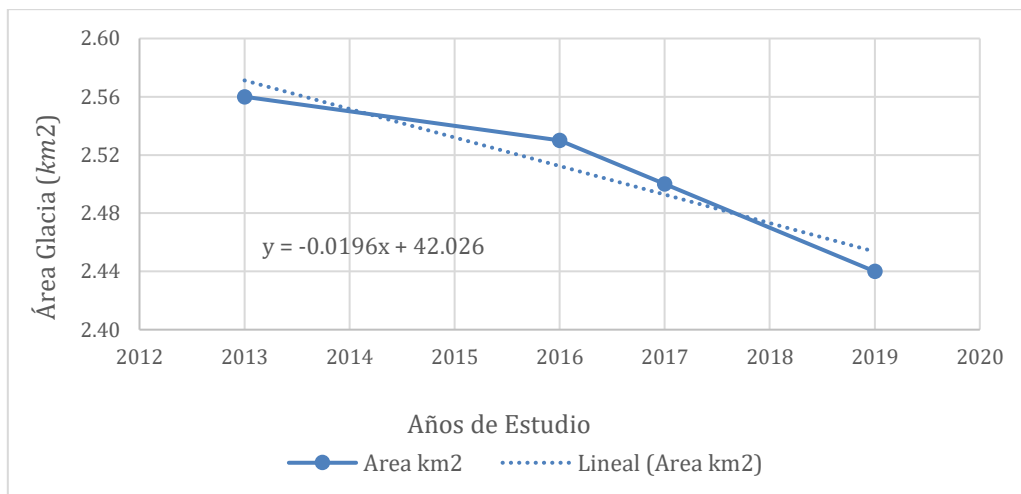


Figura 04. Área glaciar anual

Interpretación: En la figura 04, se observa la gráfica de depreciación que el área glaciar ha presentado durante el periodo 2010 al 2020. Del cual solo se tomaron 04 años de muestra (2013, 2016, 2017 y 2019). Durante ese periodo se estimó que hubo una reducción total de 0,12 km^2 , el cual representa un 4,68% de pérdida del área glaciar inicial.

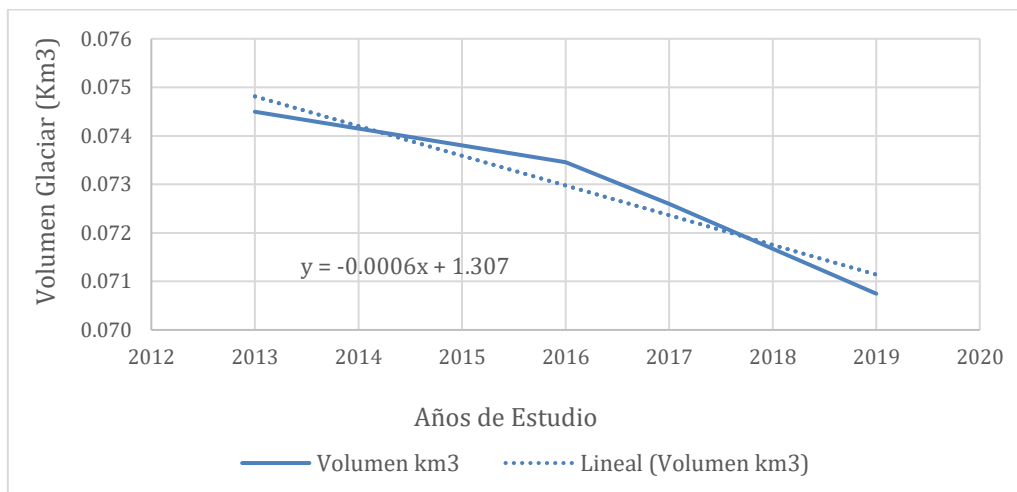


Figura 05. Volumen glaciar anual

Interpretación: En la figura 05, se observa la gráfica de volumen glaciar, el cual ha presentado una declinación durante el periodo de estudio del 2010 al 2020. Se tomaron 04 años de muestra (2013, 2016, 2017 y 2019), durante ese periodo se estimó que hubo una reducción total de 0.003 km³, el cual representa un 4,05% de pérdida del volumen glaciar inicial.

4.3. Data meteorológica periodo 2010 – 2020

Se descargo la información meteorológica de precipitación, temperatura máxima y mínima de 06 estaciones cercanas al nevado Yuracocha. A través del servidor web del SENAMHI, durante los periodos 2010 al 2020. Los cuales son:

a. Estación Yungay

Esta estación se encuentra ubicada en el departamento de Ancash, provincia de Yungay y en el distrito de Yungay a una altura de 2466 msnm. Esta estación es de tipo convencional y se ubica a una latitud de 9°8'30.79" S y a una longitud de 77°44'59.91" W.

Tabla 04. Precipitación Anual – Estación Yungay

Meses / Años	Yungay											
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
Enero	41.45	59.72	44.54	29.89	43.71	55.53	30.74	4.4	5.18	2.1	1.49	
Febrero	35.46	17.56	33.32	46.42	29.43	23.71	32.22	6.27	3.45	3.79	2.1	
Marzo	116.77	87.88	100.76	260.27	146.50	109.86	101.03	10.69	5.54	3	1.54	
Abril	28.90	38.46	54.78	24.42	27.91	33.32	25.44	3.78	4.83	1.27	3.55	
Mayo	7.86	1.86	6.42	10.06	13.20	11.13	5.25	0.95	2.48	0.35	2.16	
Junio	0.16	0.00	0.39	0.12	0.00	0.05	0.02	0	0	0.06	0.77	
Julio	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0.02	0.77	
Agosto	0.86	0.27	0.42	3.27	0.71	0.45	0.00	0	0	0	0.77	
Setiembre	6.15	6.48	6.55	4.68	8.17	5.87	7.42	0.14	0.18	0.4	0.87	
Octubre	37.42	24.70	33.94	44.52	34.42	25.53	29.57	2.52	1.13	2.24	1.40	
Noviembre	35.76	30.23	31.75	18.75	25.22	26.11	5.67	0.8	1.63	1.54	1.68	
Diciembre	52.61	50.95	47.00	36.52	47.46	37.07	40.73	3.12	2.51	5.11	2.18	

Tabla 05. Temperatura máxima anual – Estación Yungay

Meses / Años	Yungay										
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Enero	21.89	21.32	21.51	22.09	21.80	21.53	23.47	22.20	22.12	22.60	25.10
Febrero	22.65	20.80	20.74	21.65	21.95	21.61	22.84	20.96	22.67	22.90	25.13
Marzo	22.06	20.48	21.19	21.21	21.13	21.36	22.81	20.91	21.66	23.57	22.41
Abril	22.48	21.05	21.34	22.08	21.52	21.21	22.71	22.24	22.08	23.93	23.40
Mayo	22.70	22.22	23.16	22.35	22.56	23.08	23.83	22.49	23.35	25.03	7.71
Junio	22.47	22.65	23.30	21.53	23.81	23.91	22.89	23.82	24.21	25.90	7.03
Julio	22.17	22.69	23.78	21.78	22.78	23.53	23.26	23.98	23.71	25.34	7.42
Agosto	23.19	22.67	23.12	22.17	22.81	23.89	23.66	23.19	24.74	26.09	6.62
Setiembre	23.57	22.67	23.36	23.36	22.87	25.24	24.07	23.54	23.76	24.21	7.38
Octubre	22.28	21.90	22.13	22.01	22.27	23.50	23.39	24.36	23.28	23.65	7.76
Noviembre	22.01	22.27	22.21	22.10	22.05	22.65	23.31	23.00	23.16	24.31	7.85
Diciembre	20.95	20.79	20.87	21.64	21.52	22.18	21.70	22.61	23.30	22.78	7.74

Tabla 06. Temperatura mínima anual – Estación Yungay

Meses / Años	Yungay										
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Enero	10.53	9.17	9.49	9.73	9.77	9.26	9.60	10.09	3.55	8.12	9.63
Febrero	11.13	9.81	9.84	10.23	9.90	10.04	11.38	10.65	8.47	9.64	10.63
Marzo	10.60	9.42	9.58	10.05	9.49	10.17	10.35	10.03	8.63	10.81	10.49
Abril	10.10	9.34	10.01	8.52	9.19	10.34	10.27	9.88	9.52	7.98	9.80
Mayo	9.19	8.33	8.23	8.75	9.08	9.74	8.33	8.95	7.67	8.31	10.33
Junio	6.73	6.50	6.58	6.82	6.96	6.85	6.18	7.28	5.92	5.10	10.26
Julio	5.42	6.31	6.41	6.30	6.91	6.74	6.17	3.90	4.80	3.76	10.22
Agosto	5.68	6.38	5.90	6.20	6.59	6.87	6.83	4.56	5.31	3.50	10.24
Setiembre	7.18	7.90	7.53	6.98	8.52	8.84	8.11	6.26	5.16	8.90	10.24
Octubre	7.59	7.71	8.52	8.56	8.74	9.34	8.46	8.71	7.42	7.86	10.32
Noviembre	7.50	8.78	9.15	8.20	8.53	9.28	7.43	7.48	9.62	9.25	10.40
Diciembre	9.26	9.55	9.91	9.71	9.58	9.95	9.33	4.14	6.04	9.84	10.27

b. Estación Pachacoto

Esta estación se encuentra ubicada en el departamento de Ancash, provincia de Recuay y en el distrito de Catac a una altura de 3733 msnm. Esta estación es de tipo automática y se ubica a una latitud de 9°51'8.91" S y una longitud de 77°24'22.03" W.

Tabla 07. Precipitación Anual – Estación Pachacoto

Meses / Años	Pachacoto										
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Enero	108.10	126.71	141.94	65.13	121.41	126.42	53.43	0.18	0.20	0.15	0.15
Febrero	93.93	82.64	164.00	142.29	162.11	101.76	174.79	0.22	0.14	0.23	0.29
Marzo	196.45	164.12	215.04	269.76	229.68	247.26	152.18	0.4	0.33	0.30	0.19
Abril	58.34	116.01	169.49	53.13	84.06	76.29	62.59	0.15	0.27	0.15	0.02
Mayo	21.39	2.47	8.98	16.54	38.59	20.48	11.61	0.1	0.10	0.04	0.16
Junio	2.09	0.05	3.38	0.21	2.17	1.01	0.59	0	0	0.00	0
Julio	0.48	2.54	0.07	1.50	0.39	0.20	0.32	0	0	0.01	0
Agosto	2.28	0.82	0.43	4.82	2.25	0.56	0.80	0	0	0	0.01
Setiembre	13.64	5.25	16.22	4.57	12.84	7.98	16.12	0.03	0.09	0.03	0.04
Octubre	31.33	15.78	49.96	80.13	31.01	33.23	20.70	0.09	0.14	0.05	0.05
Noviembre	73.94	82.71	80.22	56.98	58.32	71.94	6.98	0.04	0.17	0.09	0.1
Diciembre	124.46	140.19	93.73	100.96	127.74	78.21	83.27	0.17	0.14	0.30	0.24

Tabla 08. Temperatura máxima anual – Estación Pachacoto

Meses / Años	Pachacoto										
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Enero	19.05	17.61	18.43	19.63	18.84	18.71	20.71	18.8	19.2	19.3	20.3
Febrero	19.64	17.61	17.67	18.54	18.75	18.68	19.88	17.8	19.3	18.4	19
Marzo	19.35	17.24	18.67	18.33	18.03	18.38	19.97	17.6	18.9	18.6	19.1
Abril	20.01	18.36	18.60	19.63	19.29	19.22	20.19	18.7	18.3	19.1	19.5
Mayo	20.31	19.60	19.70	19.29	19.33	19.68	20.92	17.8	18.4	19.1	19.1
Junio	20.44	20.22	20.18	19.50	20.92	20.85	20.48	20.4	17.8	20.9	19.3
Julio	20.61	19.93	20.93	19.64	20.56	21.10	20.93	19.7	19.4	20.7	19.8
Agosto	21.13	20.81	21.22	20.44	20.69	21.84	21.53	20	19.50	21.2	20.6
Setiembre	20.34	20.15	20.81	21.02	20.13	21.96	21.19	21.2	19.9	18.9	20.3
Octubre	19.68	19.23	19.28	19.16	19.59	20.49	20.24	20.2	19.5	20	19.9
Noviembre	19.04	19.33	19.24	19.53	19.38	20.07	20.83	19.5	18.9	19.6	19.7
Diciembre	17.81	18.54	19.00	19.39	19.18	20.40	19.36	19.7	19.2	19.7	18.9

Tabla 09. Temperatura mínima anual – Estación Pachacoto

Meses / Años	Pachacoto										
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Enero	6.00	4.80	4.98	5.67	5.35	5.17	5.37	2.8	0.3	1.1	-0.9
Febrero	6.49	4.74	4.73	5.54	5.47	5.23	6.71	1.7	-0.2	3.5	3.4
Marzo	6.64	4.89	5.82	6.27	5.30	6.11	6.23	3.2	2.3	2.5	2
Abril	5.70	5.05	5.28	4.57	4.84	5.85	5.84	0.9	0.1	0.3	0.4
Mayo	3.80	2.60	3.00	3.66	3.67	4.40	3.28	0.6	-2.3	-1.3	-2.2
Junio	2.37	1.80	1.62	2.77	2.23	2.73	1.88	-2.4	-3.7	-4.7	-3.9
Julio	0.42	0.57	-0.10	0.94	1.45	0.72	0.16	-4.5	-6	-4.7	-4.9
Agosto	0.44	1.14	0.41	1.33	1.08	1.33	1.63	-4.6	-3.3	-6.9	-6.2
Setiembre	2.27	2.94	2.37	2.04	3.40	3.33	2.76	-2.7	-5	-2.4	-2.1
Octubre	3.30	3.17	4.37	5.01	4.46	4.92	4.03	-1.7	-2.1	-2	-1.8
Noviembre	3.42	4.69	5.11	3.95	4.17	4.98	2.59	-1.4	-2.1	0.1	-3.4
Diciembre	4.86	5.06	5.34	5.35	5.40	5.82	5.29	0.8	-2.6	1.7	1.9

c. Estación Chavín de Huántar

Esta estación se encuentra ubicada en el departamento de Ancash, provincia de Huari y en el distrito de Chavín de Huántar a una altura de 3140 msnm. Esta estación es de tipo automática y se ubica a una latitud de 9°35'9.54" S y una longitud de 77°10'31.04" W.

Tabla 10. Precipitación Anual – Estación Chavín de Huántar

Meses / Años	Chavín de Huántar										
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Enero	89.91	103.84	91.04	82.42	84.38	121.80	44.84	0.13	0.13	0.15	0.07
Febrero	94.47	89.08	127.30	115.58	127.37	70.25	114.37	0.1	0.07	0.20	0.08
Marzo	123.77	129.83	94.24	117.11	140.86	111.92	83.04	0.15	0.12	0.18	0.10
Abril	35.66	84.64	114.96	50.35	65.12	60.79	55.65	0	0.08	0.07	0.04
Mayo	21.78	10.52	18.65	31.53	43.16	62.99	11.39	0	0.04	0.02	0.05
Junio	4.66	0.43	9.98	3.44	3.80	5.79	6.47	0	0.01	0.04	0
Julio	8.37	9.01	0.16	7.81	1.72	0.44	2.15	0	0	0	0
Agosto	3.10	2.50	5.43	26.68	0.41	4.98	0.71	0	0	0	0
Setiembre	27.92	26.81	22.24	18.83	37.26	27.37	30.31	0.01	0.04	0.06	0.03
Octubre	59.79	45.36	54.70	79.89	73.56	41.69	62.24	0.06	0.08	0.08	0.03
Noviembre	87.09	81.01	65.17	68.84	59.52	97.83	21.29	0.06	0.05	0.09	0.11
Diciembre	94.19	106.49	110.89	83.91	90.39	83.15	97.10	0.07	0.10	0.14	0.21

Tabla 11. Temperatura máxima anual – Estación Chavín de Huántar

Meses / Años	Chavín de Huántar										
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Enero	18.61	17.78	18.05	18.80	18.39	18.23	20.50	0	23.1	22.8	25.4
Febrero	19.04	16.84	16.93	17.88	17.83	18.22	19.32	31.7	23.7	22.5	28.2
Marzo	19.10	17.16	17.98	18.24	17.43	18.13	19.89	43	23.7	21.1	24.5
Abril	19.60	17.95	17.91	19.12	18.43	18.03	19.74	41	22.2	23.4	25.2
Mayo	19.87	19.05	19.38	19.38	19.03	19.39	20.68	42	22.5	24	24.2
Junio	20.25	20.10	20.04	19.14	20.91	20.88	20.23	40	21.7	23.7	24.9
Julio	20.70	19.77	20.85	19.33	20.10	21.08	20.64	43.6	22.9	24.1	24.9
Agosto	21.33	20.48	21.04	20.13	20.35	21.50	21.33	43.3	23.6	24.2	26
Setiembre	20.93	19.96	20.74	20.92	20.02	21.62	21.32	44.9	24.2	25	25.5
Octubre	20.15	19.53	19.65	19.29	19.68	20.71	20.51	44.2	23.9	23.8	26.8
Noviembre	20.09	19.95	19.75	19.92	19.99	20.22	21.09	44.5	25.2	24.9	26.7
Diciembre	17.52	17.74	18.04	18.31	18.69	19.20	18.64	24.5	25.3	24.7	23

Tabla 12. Temperatura mínima anual – Estación Chavín de Huántar

Meses / Años	Chavín de Huántar										
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Enero	7.52	6.37	6.61	7.08	6.87	6.38	6.51	0	4.2	6.5	5.9
Febrero	7.89	6.47	6.55	7.12	6.72	6.53	8.14	17.5	4.9	6.3	7
Marzo	7.75	6.44	6.72	7.42	6.24	7.13	7.19	15.2	5.2	5.5	4.9
Abril	6.75	6.13	6.64	5.44	5.83	6.84	6.82	0	4.3	5.7	4.1
Mayo	6.40	4.94	5.53	6.20	6.00	6.83	5.73	0	4	3.8	2.9
Junio	4.73	4.22	3.98	4.88	4.38	4.87	4.21	0	3	3.3	4.1
Julio	3.50	3.70	3.14	3.69	4.38	3.83	3.23	43.1	2.5	3.3	3.5
Agosto	3.32	3.94	3.34	4.05	3.89	4.22	4.44	42.8	3.9	2.8	2.7
Setiembre	4.82	5.51	4.82	4.42	5.85	5.88	5.20	43.1	4.3	4.9	4.3
Octubre	5.23	5.46	6.36	6.81	6.33	6.90	6.11	43.3	6.2	5.4	4.1
Noviembre	5.37	6.76	7.18	6.15	6.31	7.07	4.78	44.5	6.3	5.5	5.3
Diciembre	6.74	7.12	7.52	7.23	7.09	7.32	7.00	5.3	4.9	6.4	4.9

d. Estación Sihuas

Esta estación se encuentra ubicada en el departamento de Ancash, provincia de Sihuas y en el distrito de Sihuas a una altura de 2716 msnm. Esta estación es de tipo convencional y se ubica a una latitud de 8°34'0" S y una longitud de 77°39'0" W.

Tabla 13. Precipitación Anual – Estación Sihuas

Meses / Años	Sihuas										
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Enero	84.55	124.33	194.24	100.56	107.47	195.99	117.56	5.43	4.90	5.41	1.90
Febrero	101.67	74.50	177.08	156.50	150.48	84.20	160.80	4.76	2.70	7.09	3.69
Marzo	145.72	153.45	177.50	214.14	238.31	232.80	110.22	8.50	8.15	8.64	2.91
Abril	105.56	150.33	119.28	108.92	84.70	99.72	79.90	6.22	4.09	2.94	6.3
Mayo	55.21	13.10	45.81	41.36	51.06	46.24	5.47	3.20	1.57	0.8	0
Junio	11.09	0.35	12.53	13.52	4.63	1.45	10.60	1.77	0.84	0.07	0
Julio	4.24	11.74	0.04	6.31	2.12	3.25	0.25	0	0.14	0.26	0
Agosto	3.58	4.50	1.90	33.39	0.17	7.84	0.17	0.18	0	0	0.1
Setiembre	13.41	45.67	9.64	25.16	40.19	15.89	37.32	2.35	2.2	1.68	0.37
Octubre	64.63	46.19	118.83	119.87	68.43	45.26	102.45	2.59	5.55	3.71	2.08
Noviembre	149.51	84.79	120.62	51.58	65.95	100.48	16.56	4.73	5.38	1.98	2.33
Diciembre	147.45	163.92	118.00	115.79	183.79	128.68	142.55	7.57	4.57	8.54	5.45

Tabla 14. Temperatura máxima – Estación Sihuas

Meses / Años	Sihuas										
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Enero	20.44	19.36	19.50	20.82	20.21	19.85	21.96	31.20	29.4	29.7	28.8
Febrero	21.06	19.26	19.15	20.04	20.25	20.29	21.15	32.4	31.8	28.4	28.7
Marzo	20.44	18.18	19.73	19.40	19.31	19.43	20.93	31.2	30	28.3	29.1
Abril	21.06	19.43	19.70	20.64	20.40	20.21	21.14	32.3	33	28.2	21.2
Mayo	21.44	20.91	20.74	20.58	20.57	20.67	22.10	32.7	33	30.1	0
Junio	21.33	21.10	20.90	20.42	21.77	21.41	21.22	28.6	31.6	29.1	0
Julio	21.38	20.51	21.35	20.33	21.18	21.54	21.53	31.5	31.2	30.1	0
Agosto	21.59	21.39	21.59	20.92	21.13	22.32	22.06	33.1	30	29.4	29.7
Setiembre	21.34	21.10	21.94	22.22	21.27	23.17	22.17	30.1	32.4	30.1	31
Octubre	21.47	20.89	20.81	20.81	21.24	22.20	21.75	32	29.5	29.1	29.1
Noviembre	21.10	21.26	21.21	21.68	21.19	21.90	22.79	31.5	30	30.1	30
Diciembre	18.99	19.40	20.04	20.48	20.13	21.44	20.26	33.1	29.4	27.2	29.2

Tabla 15. Temperatura mínima – Estación Sihuas

Meses / Años	Sihuas										
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Enero	9.2	7.9	8.4	9.0	8.6	8.5	9.0	6.00	6.10	6.90	7.10
Febrero	9.6	7.7	7.8	8.6	8.8	8.5	10.1	8.30	5.30	6.00	6.10
Marzo	9.4	7.4	8.5	9.0	8.1	8.9	9.0	8.50	5.50	6.80	7.00
Abril	8.9	8.1	8.3	7.8	8.0	8.8	9.0	7.50	4.60	7.90	6.5
Mayo	7.7	6.6	7.0	7.6	8.0	8.3	7.4	8.00	6.00	5.40	0
Junio	5.8	5.3	4.9	6.2	5.6	6.1	5.3	7.60	5.10	4.10	0
Julio	5.3	5.0	4.3	5.1	5.6	5.4	4.5	2.80	5.60	4.30	0
Agosto	4.9	5.4	4.9	5.6	5.3	5.8	5.9	5.50	5.10	4.70	8.1
Setiembre	6.6	6.9	6.4	6.1	7.2	7.5	7.0	6.00	5.00	6.00	4.9
Octubre	6.8	6.7	7.9	8.5	7.7	8.5	7.5	4.70	6.40	5.10	7
Noviembre	7.0	8.2	8.7	7.3	7.7	8.5	6.2	5.80	7.20	6.90	7.6
Diciembre	8.1	8.6	8.4	8.6	8.8	9.4	8.8	5.20	6.10	7.10	7.5

e. Estación Saucepampa

Esta estación se encuentra ubicada en el departamento de Ancash, provincia de Huaylas y en el distrito de Caraz a una altura de 2678 msnm. Esta estación es de tipo automática y se ubica a una latitud de 9°1'51.29" S y una longitud de 77°46'34.76" W.

Tabla 16. Precipitación Anual – Estación Saucepampa

Meses / Años	Saucepampa										
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Enero	41.52	56.15	47.78	33.86	42.27	61.17	32.72	2.18	1.12	1.82	0.05
Febrero	40.16	19.91	36.78	49.89	32.43	25.48	35.66	1.50	1.21	1.82	0.1
Marzo	118.28	90.47	106.58	251.88	149.56	115.54	102.02	3.35	2.68	1.43	0.1
Abril	36.38	44.57	70.84	29.37	32.14	38.91	31.74	0.04	1.14	0.05	0.01
Mayo	15.73	4.25	12.50	19.57	24.77	22.15	8.97	0.01	0.64	0	0.03
Junio	0.36	0.00	0.71	0.52	0.00	0.16	0.28	0	0	0	0
Julio	0.00	0.29	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.01
Agosto	1.21	0.35	0.89	5.04	0.61	0.96	0.00	0	0	0	0.01
Setiembre	6.51	7.88	6.48	5.82	9.44	5.83	7.87	0.08	0.06	0.03	0
Octubre	46.31	30.14	44.66	54.99	43.08	31.25	38.75	0.03	0.58	0.05	0.01
Noviembre	41.56	34.54	38.23	22.63	28.25	34.76	9.09	0.36	2.61	0.04	0.04
Diciembre	61.56	64.04	56.12	47.47	60.48	46.76	51.18	0.89	1.34	0.19	0.20

Tabla 17. Temperatura máxima – Estación Saucepampa

Meses / Años	Saucepampa										
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Enero	20.86	20.28	20.23	21.02	20.76	20.51	22.54	23.5	26.3	26.7	27.7
Febrero	21.54	19.67	19.55	20.56	20.86	20.66	21.75	23.9	25.4	25.7	26.9
Marzo	20.97	19.31	19.99	20.12	19.63	20.10	21.72	23.2	24.7	26.2	25.7
Abril	21.38	19.90	20.05	20.97	20.49	20.06	21.60	24.8	25.4	25.2	26.3
Mayo	21.48	20.89	21.55	21.05	21.08	21.57	22.49	25.3	25.1	26.2	26
Junio	20.91	20.93	21.36	19.92	22.07	22.04	21.20	26	25	25.7	25.3
Julio	20.63	20.59	21.65	19.86	20.80	21.58	21.18	25.6	25	26.4	21.5
Agosto	21.36	20.64	21.13	20.25	20.62	21.77	21.56	25.9	26.1	26.3	26
Setiembre	21.61	20.80	21.53	21.63	20.91	23.07	22.26	26.2	26.6	26.8	26.2
Octubre	21.03	20.58	20.70	20.51	20.84	22.00	21.93	27.1	24.9	26.2	26.9
Noviembre	20.95	21.05	20.89	21.06	20.86	21.40	22.19	25.2	25.1	25.5	26.9
Diciembre	19.84	19.70	20.05	20.57	20.56	21.23	20.67	26.4	25.4	25.3	23.1

Tabla 18. Temperatura mínima – Estación Saucepampa

Meses / Años	Saucepampa										
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Enero	9.25	7.99	8.35	8.67	8.55	8.12	8.34	8.8	7	7.9	8.2
Febrero	9.88	8.49	8.54	9.02	8.73	8.68	10.15	0	7.4	10.2	10.1
Marzo	9.52	8.26	8.49	9.09	8.31	9.02	9.16	8.8	8.8	9.4	8.5
Abril	8.86	8.18	8.68	7.43	7.98	9.05	9.02	8.5	9.1	9.4	10
Mayo	7.81	6.63	6.80	7.52	7.52	8.20	6.99	9	8.4	7.6	8.4
Junio	5.55	5.10	5.04	5.69	5.42	5.60	4.97	7.6	7	6.8	7.2
Julio	4.51	5.06	4.95	5.23	5.69	5.38	4.86	5.9	6.7	7.2	7.1
Agosto	4.61	5.26	4.72	5.19	5.41	5.64	5.71	0	7.5	7.2	6.1
Setiembre	6.18	6.88	6.35	5.83	7.39	7.58	6.92	8.4	7.7	8.2	8.1
Octubre	6.41	6.52	7.44	7.62	7.57	8.11	7.29	8.6	7.5	9	8.6
Noviembre	6.29	7.63	8.02	7.03	7.32	8.09	6.02	7.9	9.6	8.2	7.3
Diciembre	8.02	8.40	8.71	8.45	8.37	8.70	8.11	8.3	7	9.8	9

f. Estación Pomabamba

Esta estación se encuentra ubicada en el departamento de Ancash, provincia de Pomabamba, distrito de Pomabamba a una altura de 2985 msnm. Esta estación es de tipo convencional y se ubica a una latitud de 8°49'18.13" S y una longitud de 77°27'26.4" W.

Tabla 19. Precipitación Anual – Estación Pomabamba

Meses / Años	Pomabamba										
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Enero	124.69	112.91	126.10	107.79	97.74	140.84	100.26	4.56	5.25	6.93	3.30
Febrero	129.87	86.41	122.50	137.87	147.63	106.18	149.93	6.60	4.82	8.41	5.48
Marzo	147.57	101.48	131.95	192.77	168.70	162.65	137.70	7.17	6.51	9.05	5.53
Abril	42.26	58.97	102.09	49.10	45.95	49.93	55.31	4.49	3.37	2.91	0.59
Mayo	24.59	4.55	26.27	33.88	48.37	58.16	10.54	2.80	1.59	1.02	0
Junio	13.21	0.65	16.12	13.55	1.95	5.31	10.00	2.57	0.57	0.51	0
Julio	1.51	10.74	2.10	11.21	6.07	3.01	0.92	0.16	0.29	0.60	0
Agosto	6.01	0.53	10.24	23.97	0.24	5.29	0.20	0.59	0.61	0.09	0
Setiembre	17.47	30.11	15.52	22.90	35.83	11.46	20.02	1.31	1.55	1.21	1.16
Octubre	67.71	50.23	60.50	82.03	54.51	36.03	75.87	2.31	5.06	2.97	1.71
Noviembre	119.78	100.42	128.69	94.92	78.48	132.30	55.27	2.53	5.17	3.83	3.72
Diciembre	139.43	180.21	134.75	116.09	161.21	118.04	157.65	7.58	4.18	9.36	8.57

Tabla 20. Temperatura máxima – Estación Pomabamba

Meses / Años	pomabamba										
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Enero	22.67	21.85	22.00	22.90	22.50	22.27	24.23	26.4	27.6	25.2	26.4
Febrero	22.99	21.29	21.26	22.11	21.99	22.44	23.22	26.1	26.8	25.2	26.6
Marzo	22.33	20.53	21.52	21.44	20.81	21.56	22.95	24	24.4	23.6	24.5
Abril	23.33	21.86	22.08	22.94	22.40	22.31	23.56	24	24.4	25.2	21.4
Mayo	23.09	22.47	22.72	22.63	22.31	22.69	23.93	24	24.6	26.6	0
Junio	22.94	22.82	22.74	22.10	23.45	23.45	22.97	24.2	24	25.4	0
Julio	23.04	22.11	22.93	21.77	22.52	23.32	23.08	25.2	24.9	25.4	0
Agosto	23.55	22.97	23.33	22.51	22.79	23.97	23.80	26.6	25	25.3	26.8
Setiembre	23.58	22.78	23.55	23.79	23.09	24.62	23.98	25.8	25.2	25.8	25.6
Octubre	23.45	22.67	22.76	22.56	23.13	24.10	23.86	28	26.4	25	27.6
Noviembre	23.32	23.26	23.14	23.34	23.39	23.69	24.62	27.8	26.3	25	27.8
Diciembre	21.61	21.86	22.43	22.67	22.63	23.29	22.71	27	27	25	24.4

Tabla 21. Temperatura mínima – Estación Pomabamba

Meses / Años	Pomabamba										
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Enero	10.00	8.86	9.27	9.73	9.49	9.06	9.45	6.80	3.2	3.2	4.8
Febrero	10.94	9.34	9.53	10.12	9.88	9.70	11.36	7.2	3.6	4.6	6.3
Marzo	10.20	8.59	9.05	9.87	8.80	9.66	9.83	2.4	5.4	4	5.8
Abril	9.69	8.99	9.32	8.47	8.73	9.56	9.76	7	2.5	2.8	3.8
Mayo	8.73	7.21	7.91	8.53	8.46	9.11	8.23	5.7	2.4	0.4	0
Junio	6.30	5.90	5.42	6.38	6.03	6.47	5.83	5	0.1	-2	0
Julio	5.79	5.70	5.03	5.40	6.30	5.98	5.14	0.8	0.1	3.5	0
Agosto	5.44	5.94	5.46	6.05	5.84	6.28	6.47	2.5	0.4	-0.5	1.2
Setiembre	7.11	7.57	6.97	6.61	7.83	8.09	7.51	4.4	-0.9	-0.8	4
Octubre	6.88	7.08	8.05	8.50	7.89	8.66	7.81	5.2	3	2.8	2.9
Noviembre	7.34	8.68	9.11	7.94	8.25	9.05	6.76	5.2	2.3	4.2	4.6
Diciembre	8.97	9.49	9.61	9.41	9.44	9.93	9.50	5.8	1.8	6	6.3

4.4. Interpretación de Resultados

a. Precipitación anual

Tabla 22. Variación de las precipitaciones

Año/Mes	Precipitación												
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Precipitación Anual Promedio
2010	81.70	82.60	141.42	51.19	24.43	5.26	2.43	2.84	14.19	51.20	84.61	103.28	53.76
2011	97.28	61.68	121.21	82.16	6.13	0.25	5.73	1.49	20.37	35.40	68.95	117.63	51.52
2012	107.61	110.17	137.68	105.24	19.77	7.18	0.39	3.22	12.78	60.43	77.45	93.41	61.28
2013	69.94	108.09	217.66	52.55	25.49	5.23	4.48	16.19	13.66	76.90	52.29	83.46	60.50
2014	82.83	108.24	178.94	56.65	36.52	2.09	1.72	0.73	23.96	50.84	52.62	111.85	58.91
2015	116.96	68.60	163.34	59.83	36.86	2.30	1.15	3.35	12.40	35.50	77.24	81.99	54.96
2016	82.77	111.30	114.37	51.77	8.87	4.66	0.61	0.31	19.84	54.93	19.15	95.41	47.00
2017	82.76	3.24	5.04	2.45	1.18	0.72	0.03	0.13	0.65	1.27	1.42	3.23	8.51
2018	81.31	2.07	3.89	2.30	1.07	0.24	0.07	0.10	0.69	2.09	2.50	2.14	8.20
2019	79.85	3.59	3.77	1.23	0.37	0.11	0.15	0.02	0.57	1.52	1.26	3.94	8.03
2020	78.40	1.96	1.73	1.75	0.64	0.69	0.78	0.90	1.24	1.71	2.21	3.70	7.97
Precipitación Promedio Mensual	87.40	60.14	99.00	42.46	14.67	2.61	1.59	2.66	10.94	33.80	39.97	63.64	

Interpretación: En la tabla 22, se presentan los resultados meteorológicos de precipitación obtenidos durante el periodo 2010 al 2020. La presente data fue obtenida a través del servidor web del SENAMHI y trabajado con la herramienta de grillado PISCO. Se observa además de ello que las precipitaciones de los 04 últimos años han sido mucho menores a comparación de años atrás.

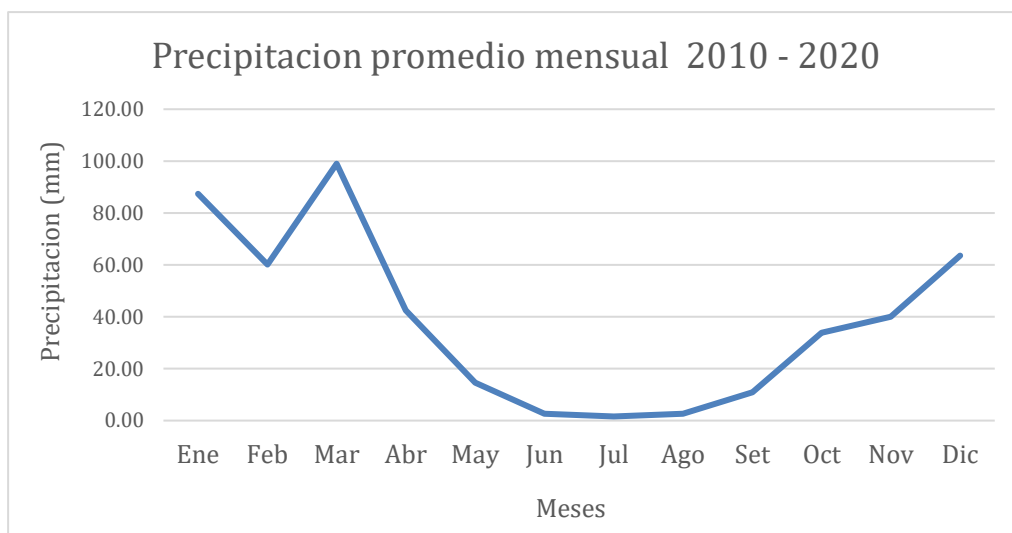
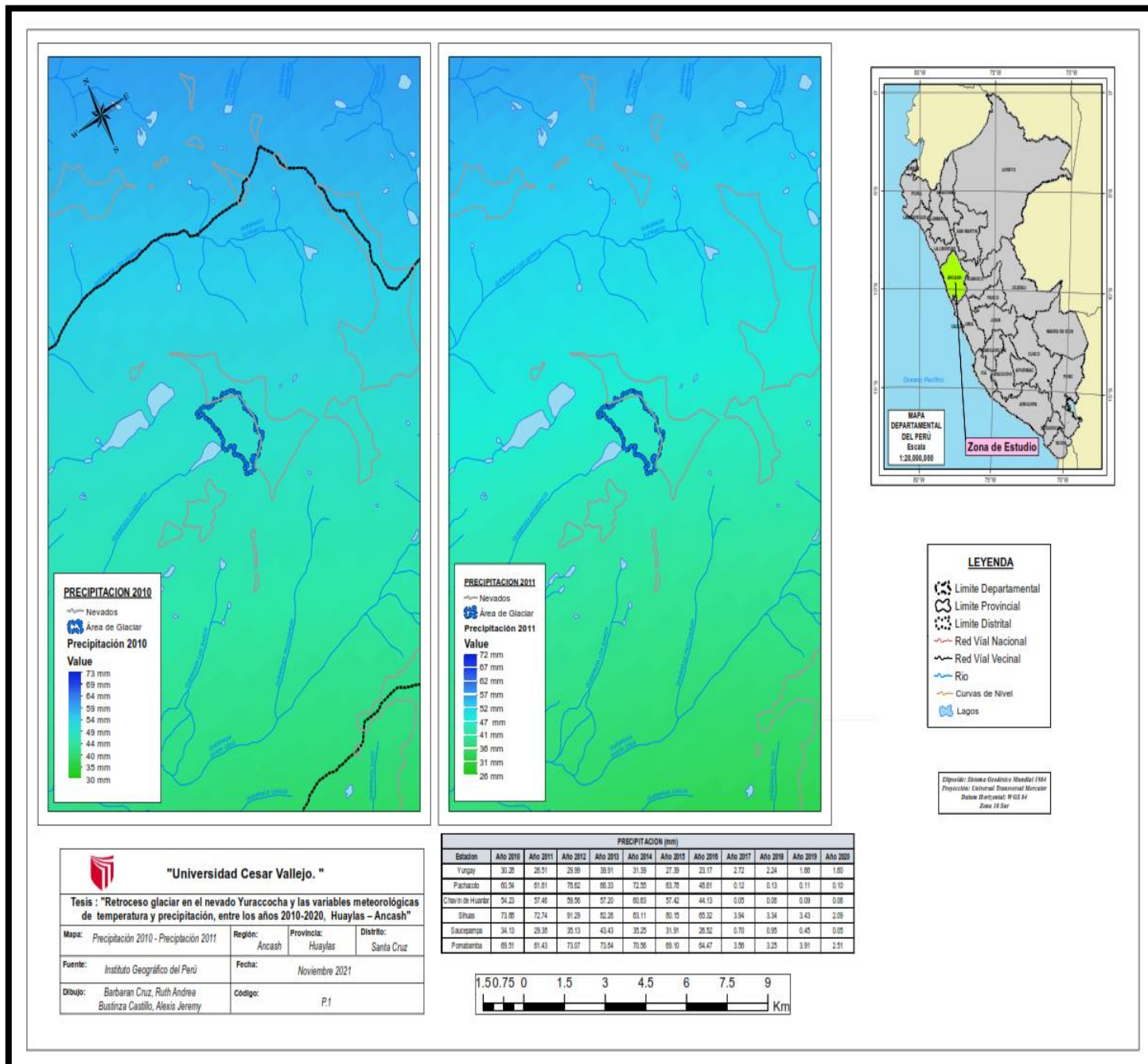


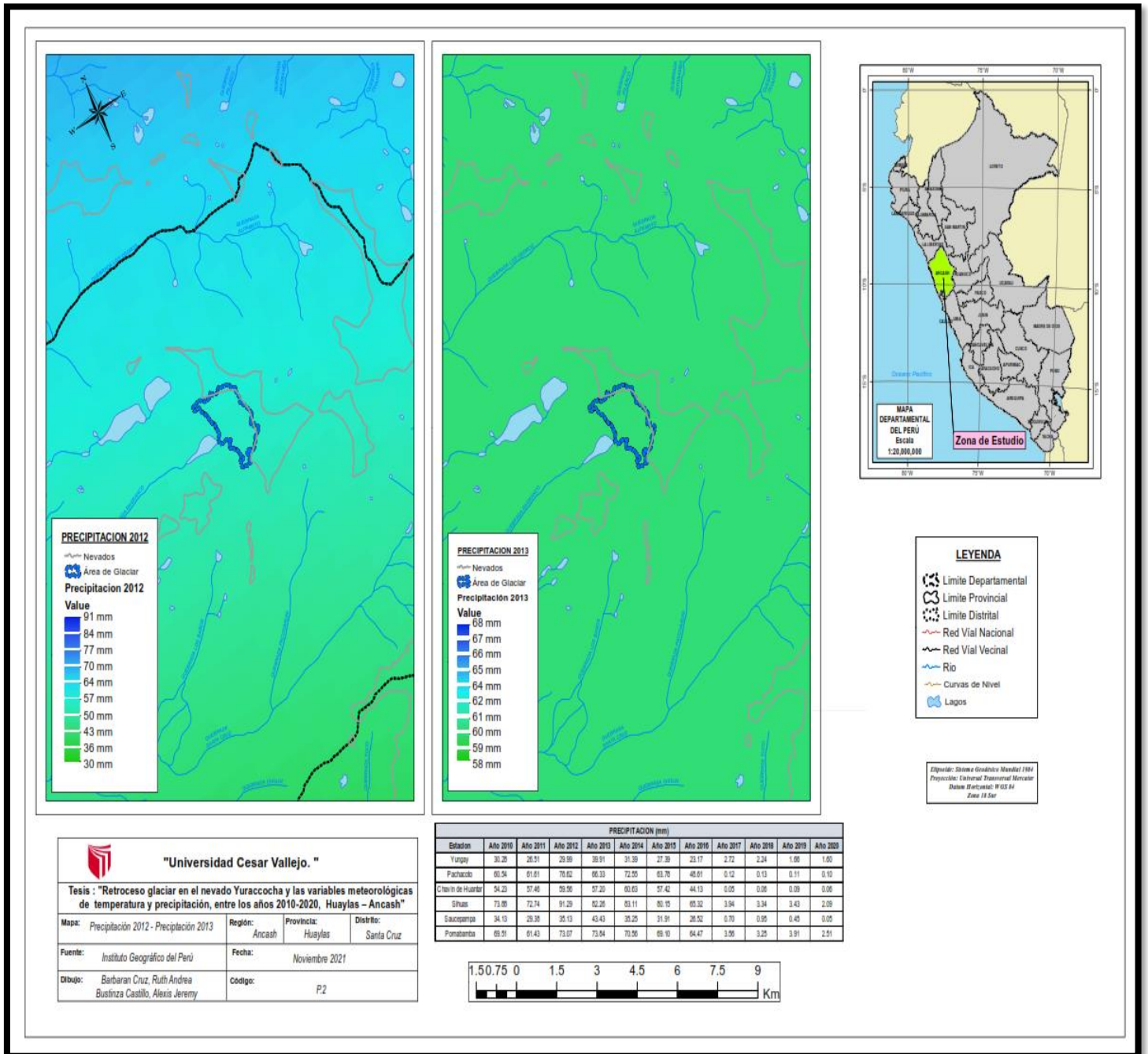
Figura 06. Tendencia de precipitaciones mensuales

Interpretación: En la figura 06, se observan las precipitaciones mensuales/promedio del periodo 2010 al 2020. Teniendo como resultado, que las precipitaciones dadas en los meses de junio, julio y agosto son los más bajas durante la temporada seca, se tiene como resultado también que el menor valor se encuentra en el mes de julio.



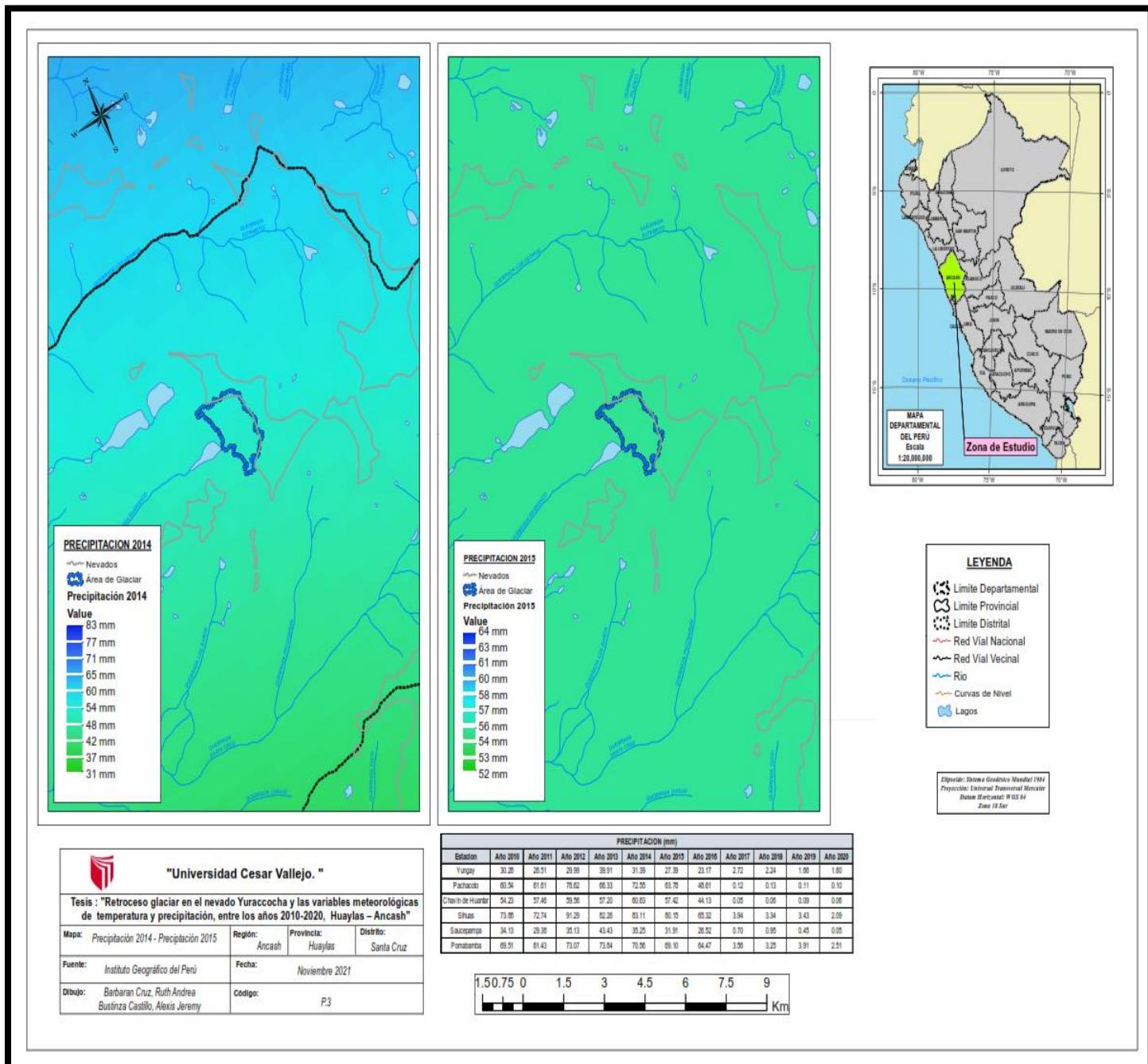
Mapa 06: Mapa de análisis de precipitación 2010 – 2011

Interpretación: En el mapa 06, se observa el análisis de precipitación realizado mediante la metodología de isoyetas e isotermas, durante los años 2010 al 2011. Teniendo como resultado una precipitación máxima durante el año 2010 de 73 mm y una precipitación mínima de 30 mm. Y durante el año 2011 se obtuvo como resultado una precipitación máxima de 72 mm y una precipitación mínima de 26 mm.



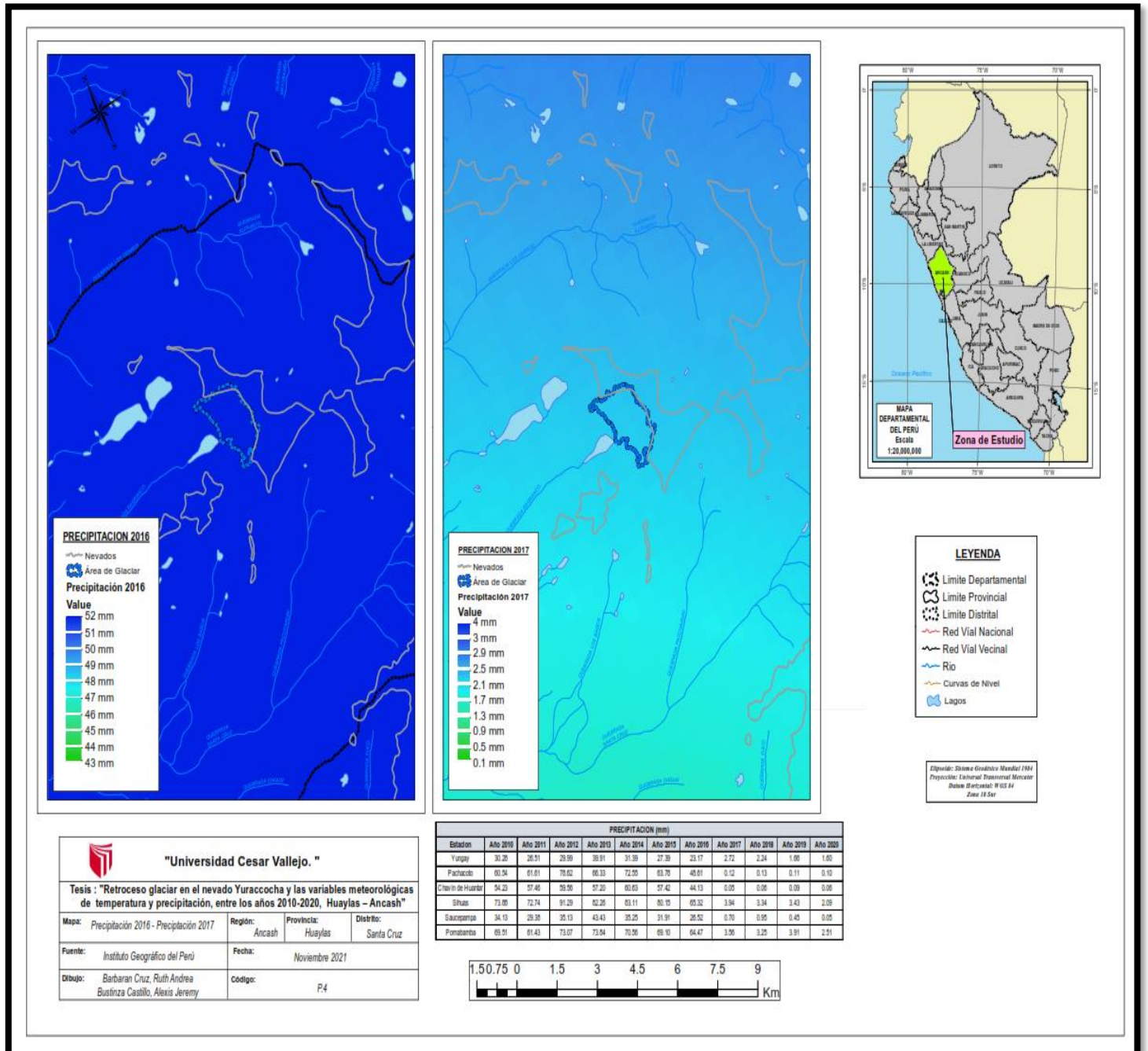
Mapa 07: Mapa de análisis de precipitación 2012 - 2013

Interpretación: En el mapa 07, se observa el análisis de precipitación realizado mediante la metodología de isoyetas e isotermas, durante los años 2012 al 2013. Teniendo como resultado una precipitación máxima durante el año 2012 de 91 mm y una precipitación mínima de 30 mm. Y durante el año 2013 se obtuvo como resultado una precipitación máxima de 68 mm y una precipitación mínima de 58 mm.



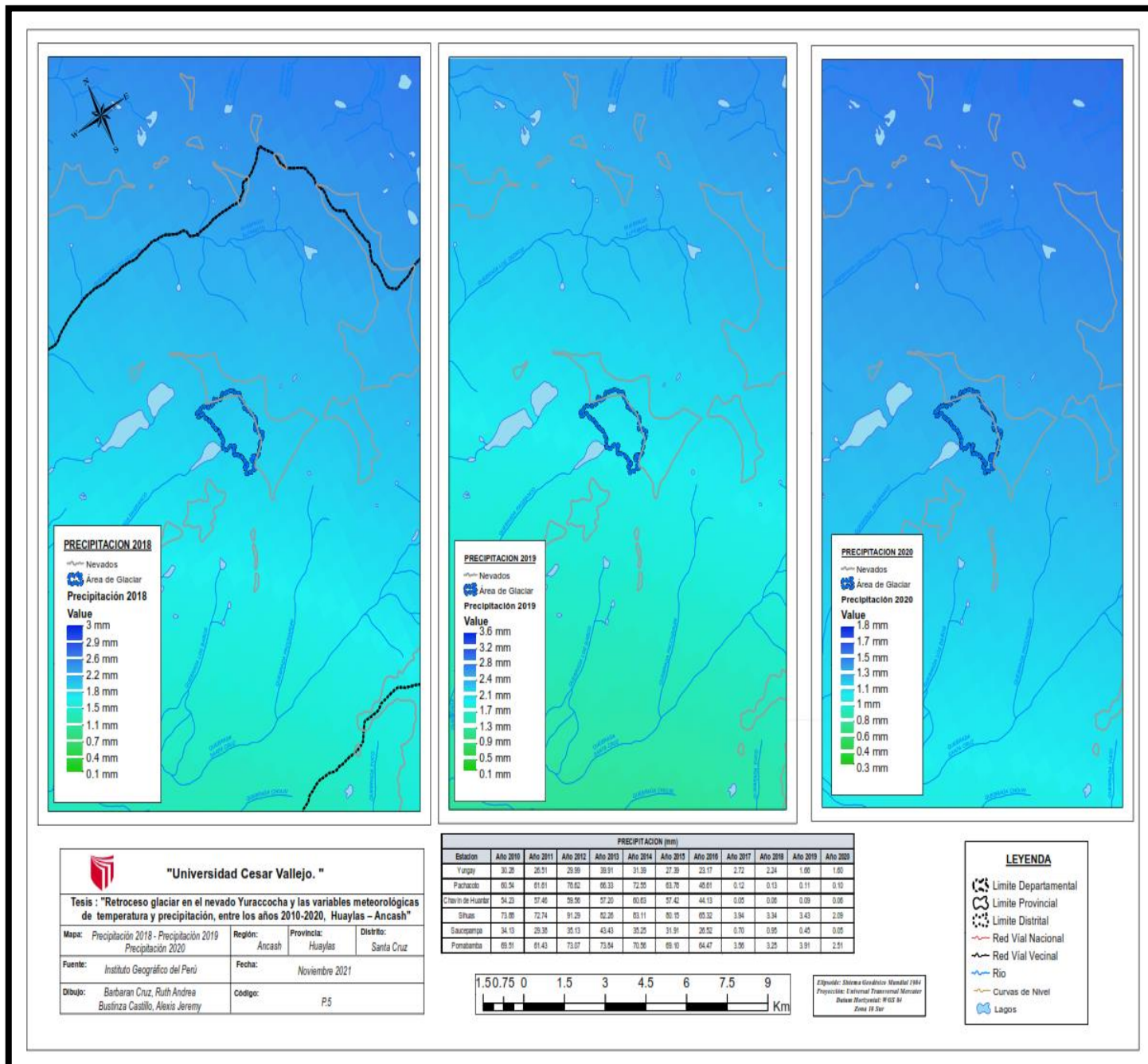
Mapa 08: Mapa de análisis de precipitación 2014 – 2015

Interpretación: En el mapa 08, se observa el análisis de precipitación realizado mediante la metodología de isoyetas e isotermas, durante los años 2014 al 2015. Teniendo como resultado una precipitación máxima durante el año 2014 de 83 mm y una precipitación mínima de 31 mm. Y durante el año 2015 se obtuvo como resultado una precipitación máxima de 64 mm y una precipitación mínima de 52 mm.



Mapa 09: Mapa de análisis de precipitación 2016 - 2017

Interpretación: En el mapa 09, se observa el análisis de precipitación realizado mediante la metodología de isoyetas e isotermas, durante los años 2016 al 2017. Teniendo como resultado una precipitación máxima durante el año 2016 de 52 mm y una precipitación mínima de 43 mm. Y durante el año 2017 se obtuvo como resultado una precipitación máxima de 04 mm y una precipitación mínima de 0.1 mm.



Mapa 10: Mapa de análisis de precipitación 2018, 2019 y 2020

Interpretación: En el mapa 10, se observa el análisis de precipitación realizado mediante la metodología de isoyetas e isotermas, durante los años 2018, 2019 y 2020. Teniendo como resultado una precipitación máxima durante el año 2018 de 03 mm y una precipitación mínima de 01 mm. De igual manera, durante el año 2019 se obtuvo como resultado una precipitación máxima de 3.6 mm y una precipitación mínima de 0.1 mm. Y para el año 2020 se obtuvo como resultado una precipitación máxima de 1.8 mm y una precipitación mínima de 0.3 mm.

b. Temperatura máxima anual

Tabla 23. Variación de las temperaturas máximas

Año/Mes	Temperatura Máxima												T. Máxima anual Promedio
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
2010	20.59	21.15	20.71	21.31	21.48	21.39	21.42	22.03	21.90	21.34	21.09	19.45	21.16
2011	19.70	19.24	18.82	19.76	20.86	21.30	20.93	21.49	21.24	20.80	21.19	19.67	20.42
2012	19.95	19.22	19.85	19.95	21.21	21.42	21.92	21.91	21.99	20.89	21.07	20.07	20.79
2013	20.88	20.13	19.79	20.90	20.88	20.44	20.45	21.07	22.16	20.72	21.27	20.51	20.77
2014	20.42	20.27	19.39	20.42	20.81	22.16	21.32	21.40	21.38	21.13	21.14	20.45	20.86
2015	20.18	20.32	19.83	20.17	21.18	22.09	22.03	22.55	23.28	22.17	21.66	21.29	21.40
2016	22.24	21.36	21.38	21.49	22.33	21.50	21.77	22.32	22.50	21.94	22.47	20.56	21.82
2017	20.35	25.48	26.65	27.17	27.38	27.17	28.26	28.68	28.62	29.31	28.58	25.55	26.93
2018	24.62	24.95	23.89	24.23	24.49	24.05	24.52	24.82	25.34	24.58	24.78	24.93	24.60
2019	24.38	23.85	23.56	24.17	25.17	25.12	25.34	25.42	25.14	24.63	24.90	24.11	24.65
2020	25.62	25.76	24.22	22.83	15.23	15.13	14.45	24.80	24.59	24.74	24.74	22.53	22.05
T. Máxima Mensual Promedio	21.72	21.97	21.64	22.04	21.91	21.98	22.04	23.32	23.47	22.93	22.99	21.74	

Interpretación: En la tabla 23, se presentan los resultados meteorológicos de temperaturas máximas obtenidas durante el periodo 2010 al 2020. La presente data fue obtenida a través del servidor web del SENAMHI y trabajado con la herramienta de grillado PISCO. Se observa además de ello que las temperaturas máximas de los 04 últimos años han sido mucho mayores a comparación de años atrás.

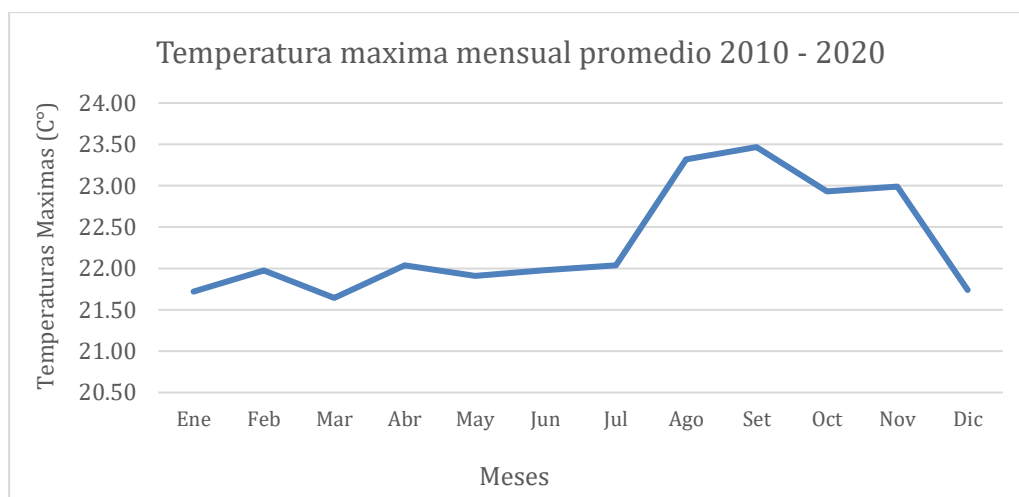
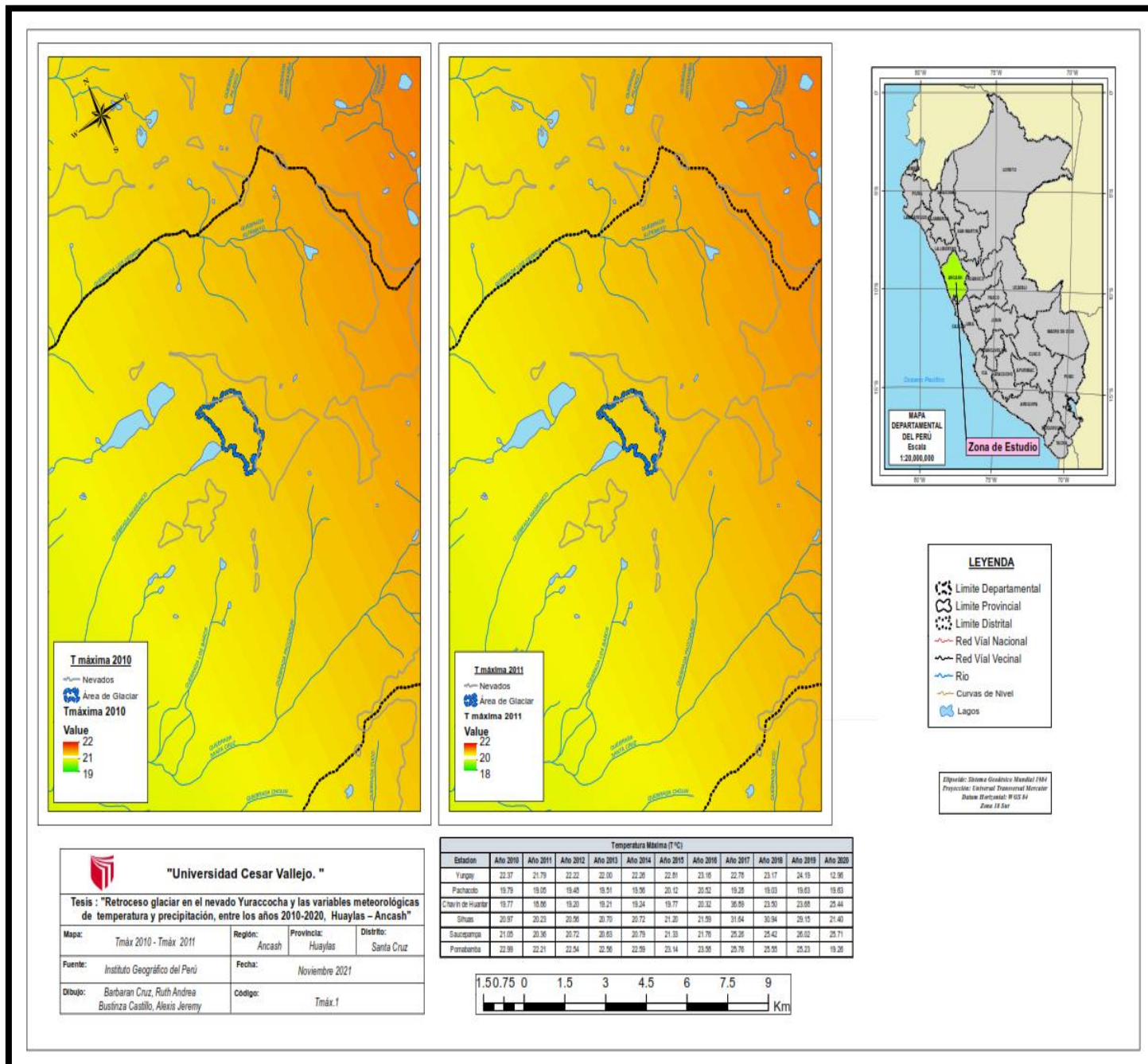


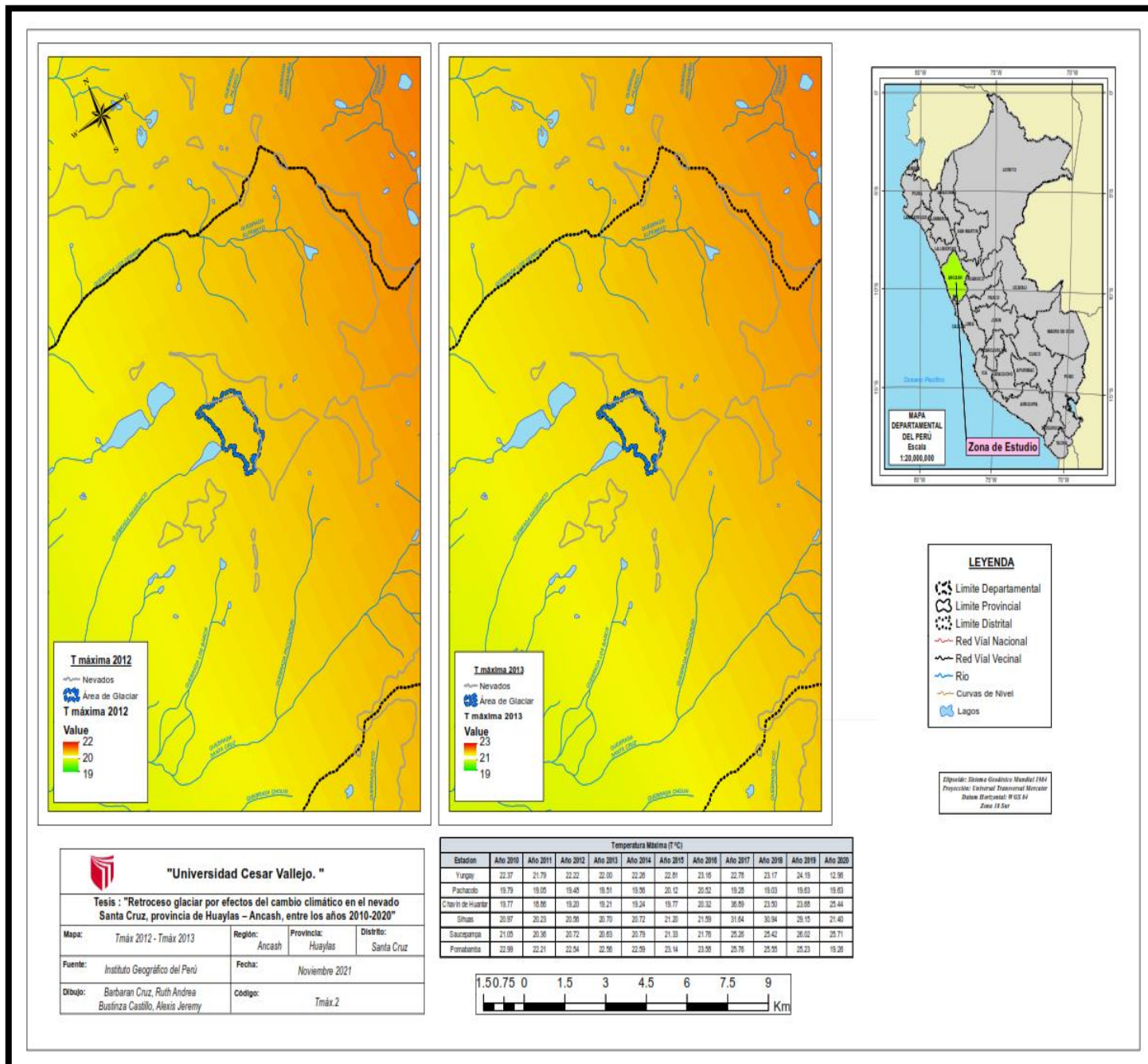
Figura 07. Tendencia de temperaturas máximas mensuales

Interpretación: En la figura 07, se observan las temperaturas máximas mensuales/promedio del periodo 2010 al 2020. Teniendo como resultado, que las temperaturas máximas se dieron en los meses de agosto y setiembre los cuales llegaron a alcanzar una temperatura mayor a los 23°C.



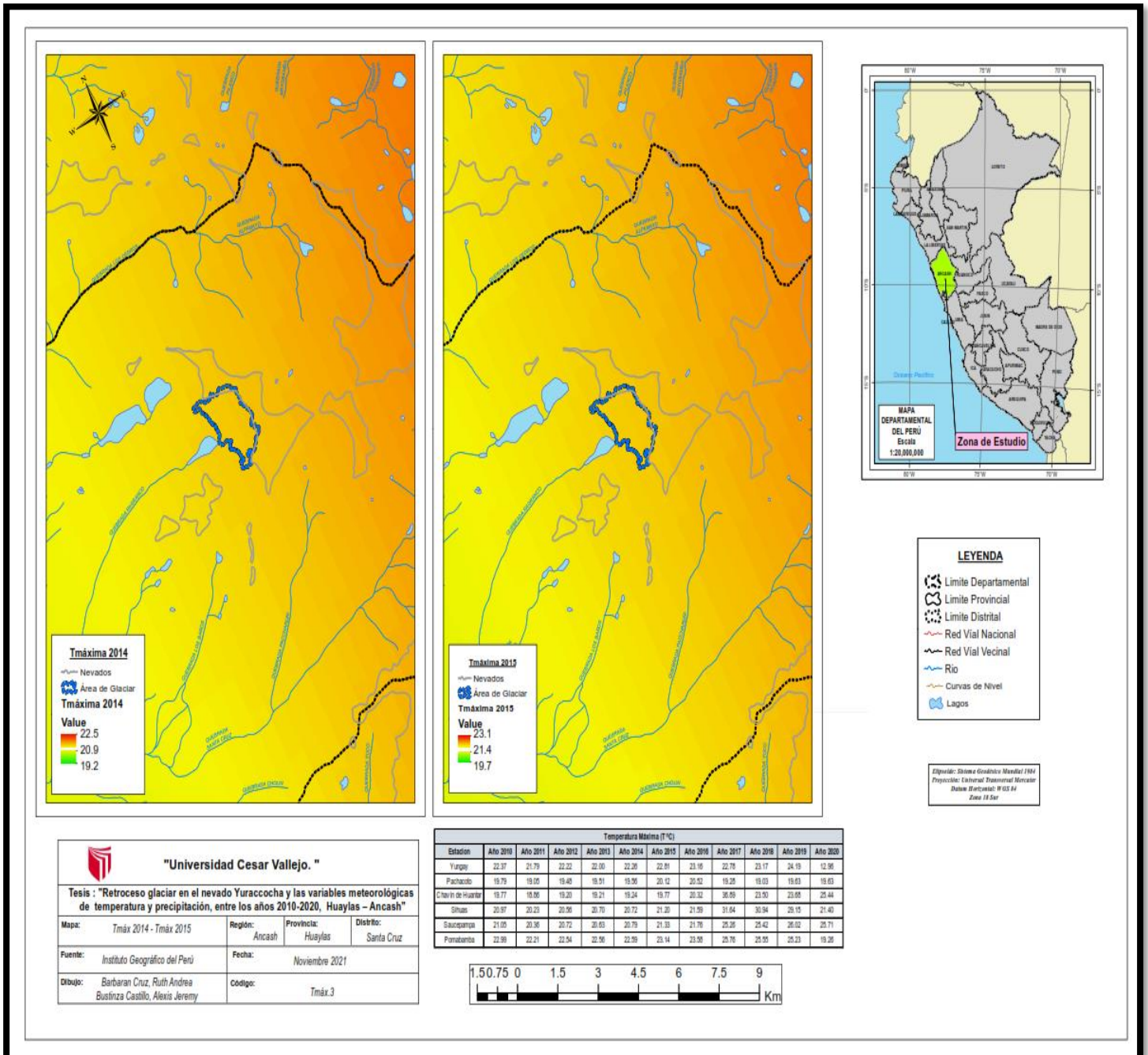
Mapa 11: Mapa de análisis de temperatura máxima 2010 – 2011

Interpretación: En el mapa 11, se observa el análisis de temperaturas máximas realizado mediante la metodología de isoyetas e isotermas, durante los años 2010 al 2011. Teniendo como resultado una temperatura máxima durante el año 2010 que oscilo entre los 19°C y 22°C. Y durante el año 2011 se obtuvo como resultado una temperatura máxima que oscilo entre los 18°C y 22°C.



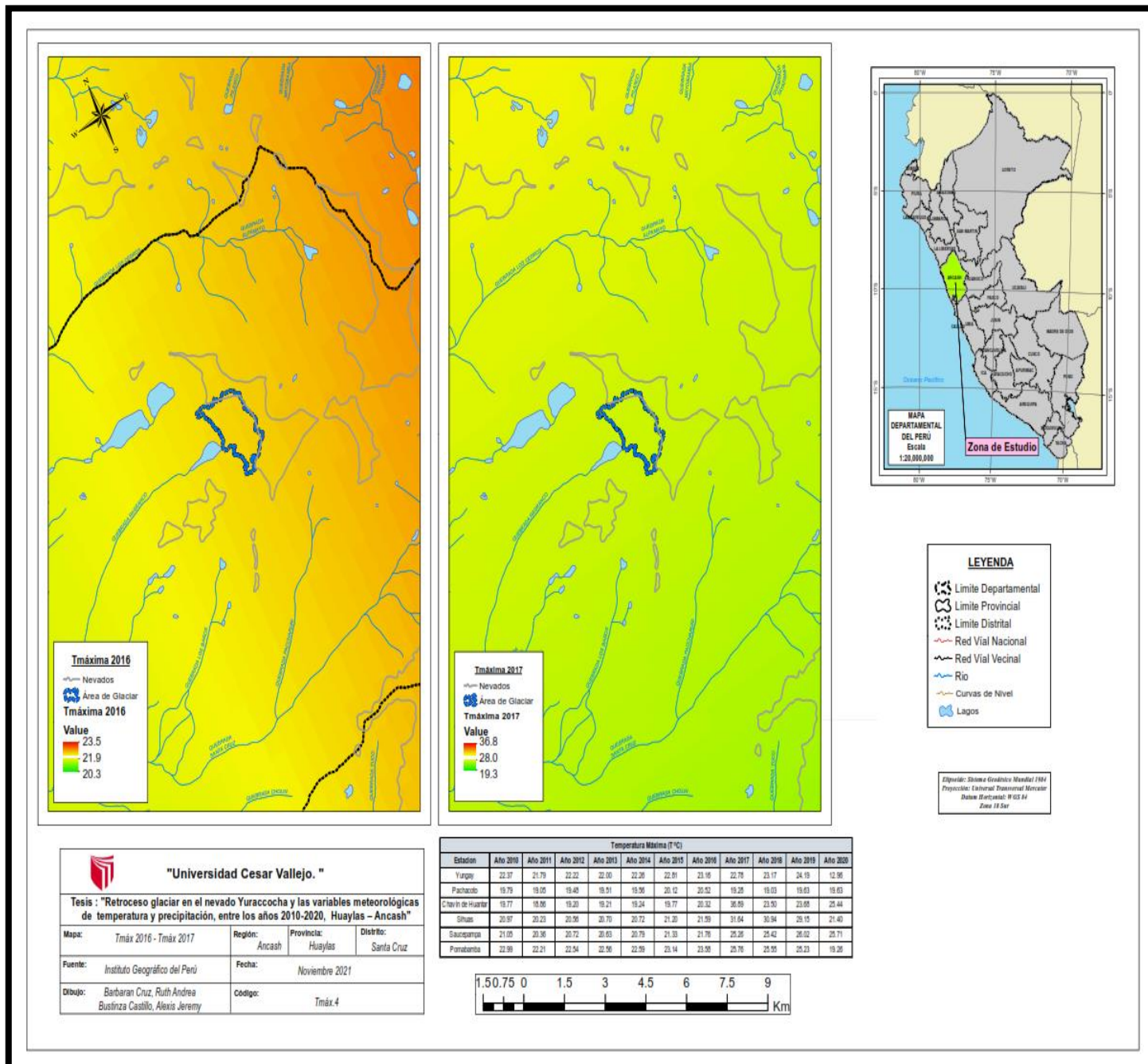
Mapa 12: mapa de análisis de temperatura máxima 2012 – 2013

Interpretación: En el mapa 12, se observa el análisis de temperaturas máximas realizado mediante la metodología de isoyetas e isotermas, durante los años 2012 al 2013. Teniendo como resultado una temperatura máxima durante el año 2012 que oscilo entre los 19°C y 22°C. Y durante el año 2013 se obtuvo como resultado una temperatura máxima que oscilo entre los 19°C y 23°C.



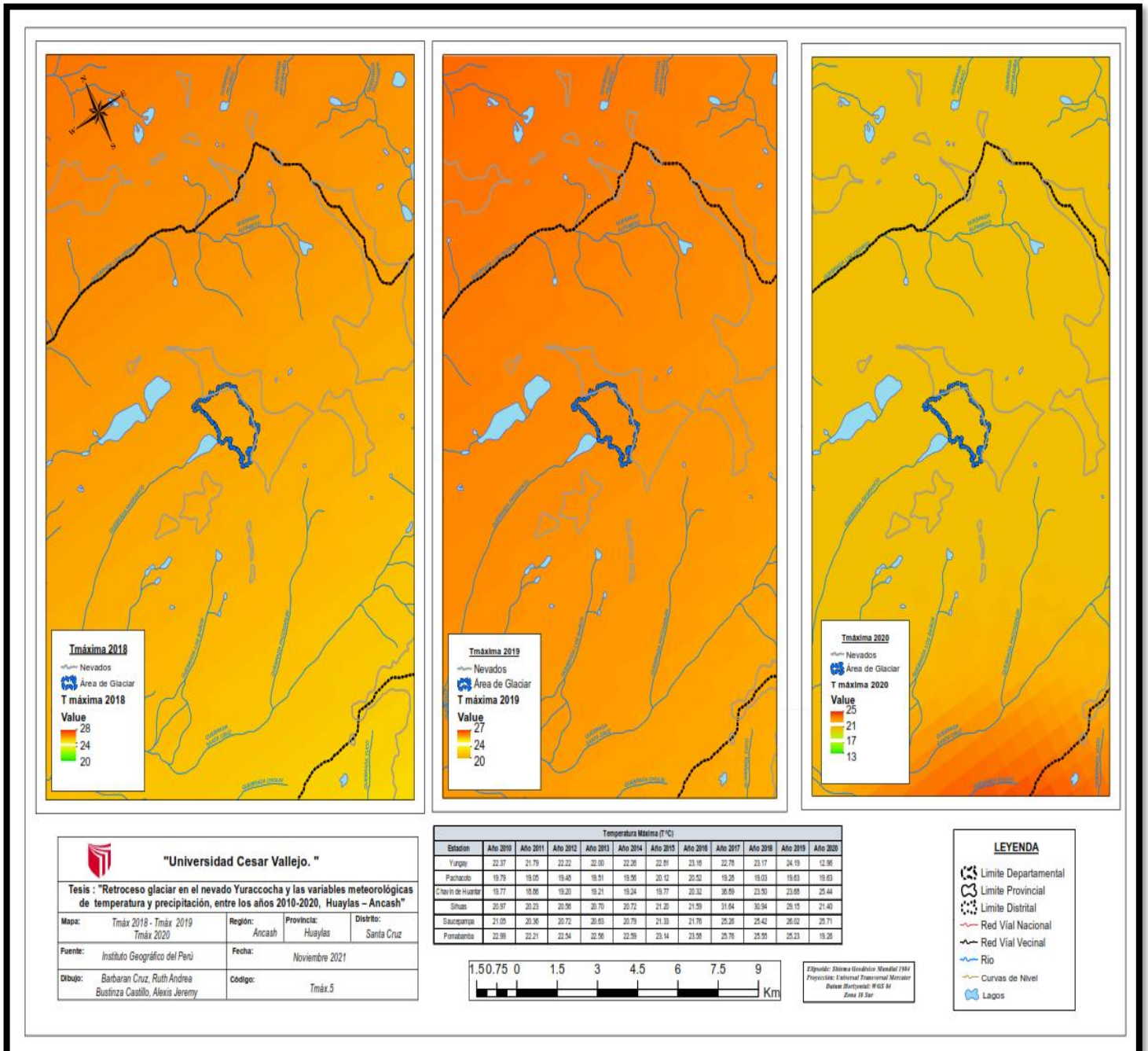
Mapa 13: mapa de análisis de temperatura máxima 2014 – 2015

Interpretación: En el mapa 13, se observa el análisis de temperaturas máximas realizado mediante la metodología de isoyetas e isotermas, durante los años 2014 al 2015. Teniendo como resultado una temperatura máxima durante el año 2014 que oscilo entre los 19.2°C y 22.5°C. Y durante el año 2015 se obtuvo como resultado una temperatura máxima que oscilo entre los 19.7°C y 23.1°C.



Mapa 14: mapa de análisis de temperatura máxima 2016 – 2017

Interpretación: En el mapa 14, se observa el análisis de temperaturas máximas realizado mediante la metodología de isoyetas e isotermas, durante los años 2016 al 2017. Teniendo como resultado una temperatura máxima durante el año 2016 que oscilo entre los 20.3°C y 23.5°C. Y durante el año 2017 se obtuvo como resultado una temperatura máxima que oscilo entre los 19.3°C y 36.8°C.



Interpretación: En el mapa 15, se observa el análisis de temperaturas máximas realizado mediante la metodología de isoyetas e isotermas, durante los años 2018, 2019 y 2020. Teniendo como resultado una temperatura máxima durante el año 2018 que oscilo entre los 20°C y 28°C. De igual manera, durante el año 2019 se obtuvo como resultado una temperatura máxima que oscilo entre los 20°C y 27°C. Y para el año 2020 se obtuvo como resultado una temperatura máxima que oscilo entre los 13°C y 25°C.

c. Temperatura mínima anual

Tabla 24. Variación de las temperaturas mínimas

Año/Mes	Temperatura Mínima												T. Mínima anual Promedio
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
2010	8.75	9.32	9.01	8.33	7.28	5.24	4.16	4.07	5.69	6.03	6.15	7.66	6.81
2011	7.51	7.75	7.50	7.64	6.04	4.81	4.39	4.68	6.28	6.10	7.45	8.03	6.52
2012	7.85	7.84	8.02	8.04	6.41	4.60	3.95	4.13	5.73	7.10	7.87	8.26	6.65
2013	8.32	8.44	8.62	7.04	7.05	5.46	4.44	4.73	5.33	7.50	6.76	8.13	6.82
2014	8.11	8.25	7.71	7.42	7.12	5.10	5.06	4.68	6.69	7.12	7.04	8.11	6.87
2015	7.76	8.11	8.49	8.41	7.77	5.43	4.67	5.02	6.88	7.74	7.83	8.52	7.22
2016	8.04	9.63	8.63	8.44	6.66	4.73	4.01	5.17	6.25	6.87	5.63	8.00	6.84
2017	5.75	7.56	8.02	5.63	5.38	4.18	8.67	8.46	10.91	11.47	11.58	4.92	7.71
2018	4.06	4.91	5.97	5.02	4.36	2.90	2.28	3.15	2.71	4.74	5.49	3.87	4.12
2019	5.62	6.71	6.50	5.68	4.04	2.10	2.89	1.80	4.13	4.69	5.69	6.81	4.72
2020	5.79	7.26	6.45	5.77	3.22	2.94	2.67	3.71	4.93	5.20	5.31	6.68	4.99
T. Minina Mensual Promedio	7.05	7.80	7.72	7.04	5.94	4.32	4.29	4.51	5.96	6.78	6.98	7.18	

Interpretación: En la tabla 24, se presentan los resultados meteorológicos de temperaturas mínimas obtenidas durante el periodo 2010 al 2020. La presente data fue obtenida a través del servidor web del SENAMHI y trabajado con la herramienta de grillado PISCO. Se observa además de ello que las temperaturas máximas de los 03 últimos años han sido mucho menores a comparación de años atrás.

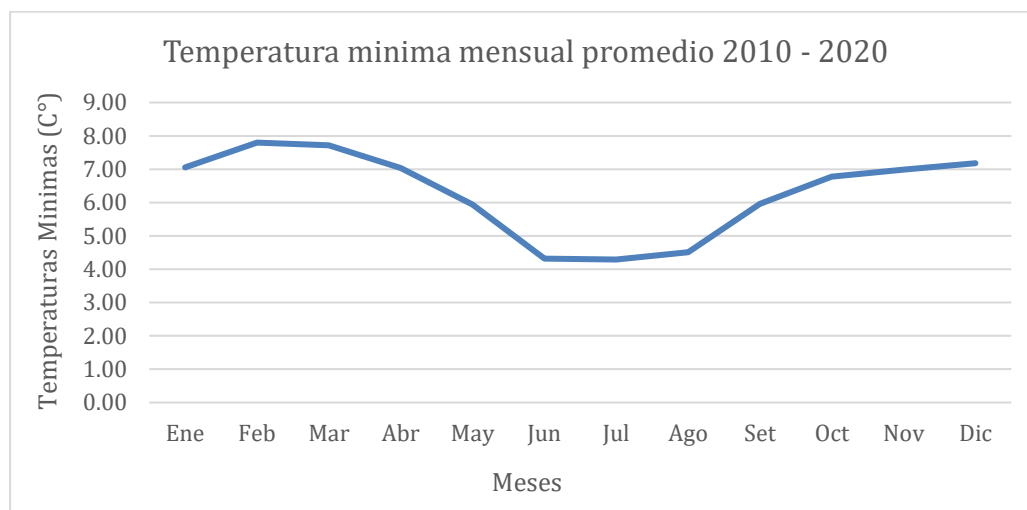
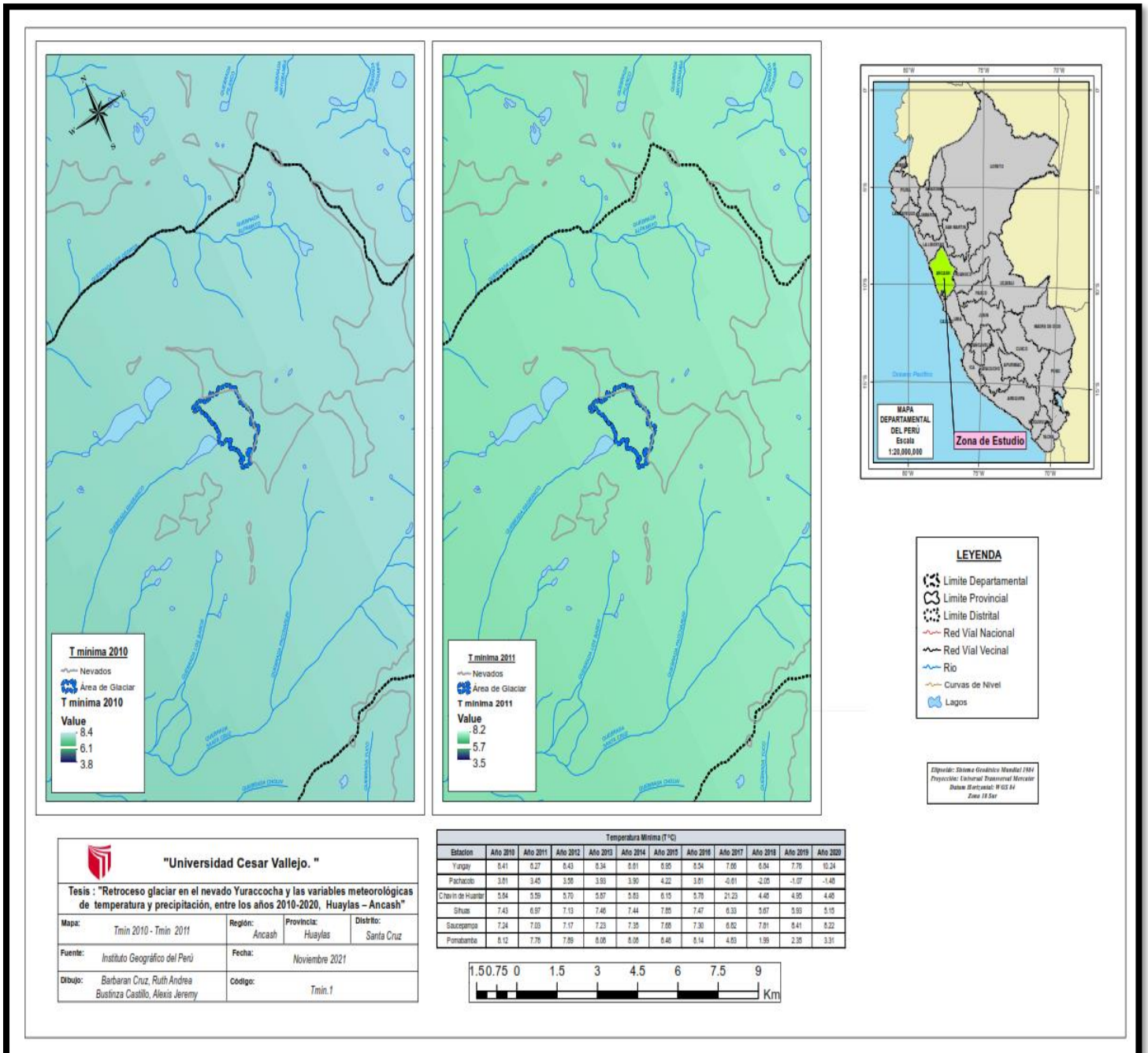


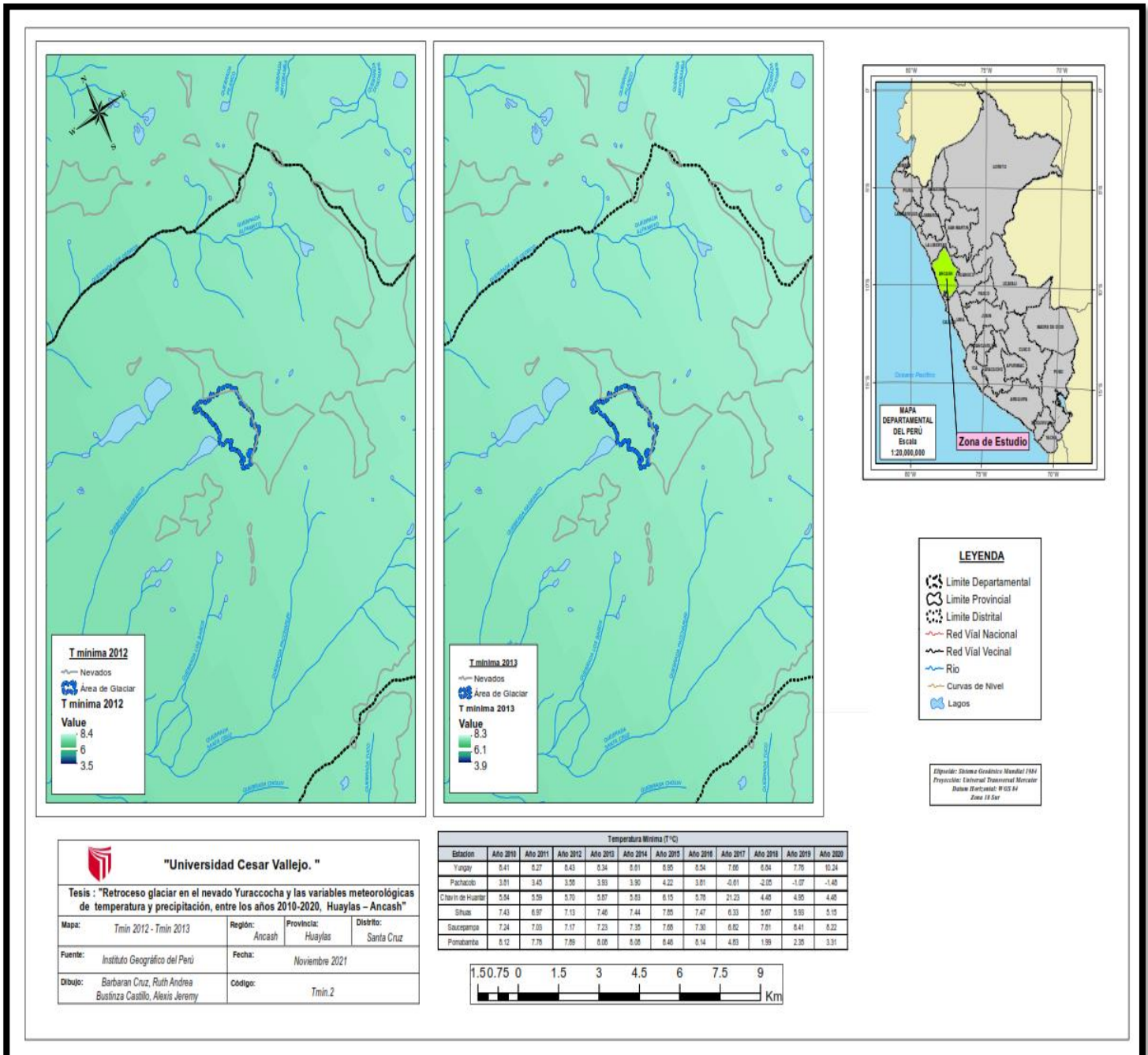
Figura 08. Tendencia de temperaturas mínimas mensuales

Interpretación: En la figura 08, se observan las temperaturas mínimas mensuales/promedio del periodo 2010 al 2020. Teniendo como resultado, que las temperaturas mínimas se dieron en los meses de junio, julio y agosto los cuales llegaron a alcanzar una temperatura mínima/promedio de 4°C.



Mapa 16: mapa de análisis de temperatura mínima 2010 - 2011

Interpretación: En el mapa 16, se observa el análisis de temperaturas mínimas realizado mediante la metodología de isoyetas e isotermas, durante los años 2010 al 2011. Teniendo como resultado un año una temperatura mínima durante el año 2010 que oscilo entre los 3.8°C y 8.4°C. Y durante el año 2011 se obtuvo como resultado una temperatura mínima que oscilo entre los 3.5°C y 8.2°C.

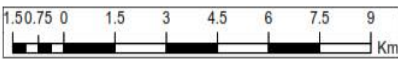


"Universidad Cesar Vallejo."

Tesis: "Retrceso glaciar en el nevado Yuracocha y las variables meteorológicas de temperatura y precipitación, entre los años 2010-2020, Huaylas – Ancash"

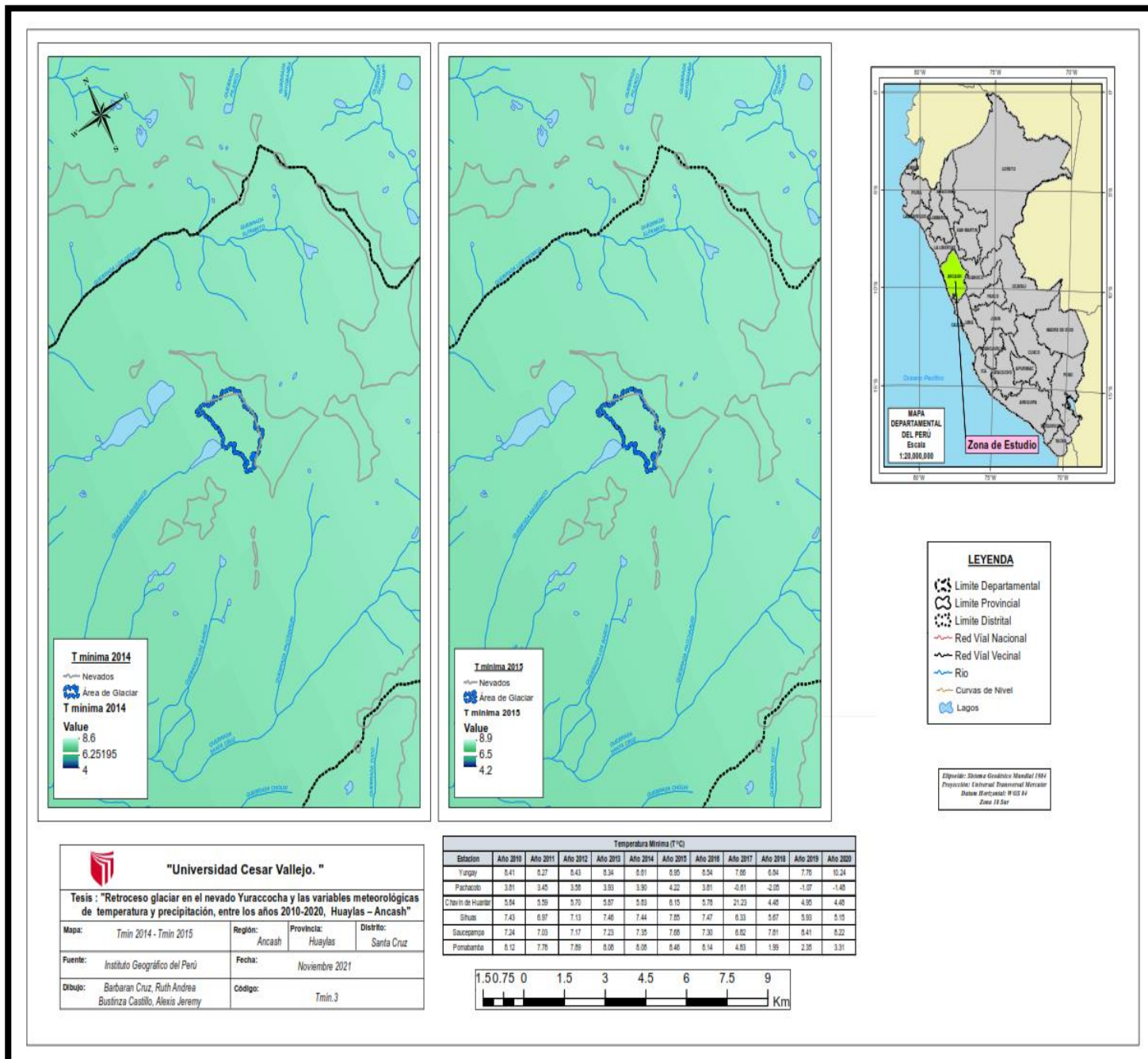
Mapa: T_{min} 2012 - T_{min} 2013 Región: Ancash Provincia: Huaylas Distrito: Santa Cruz
 Fuente: Instituto Geográfico del Perú Fecha: Noviembre 2021
 Dibujo: Barbaran Cruz, Ruth Andrea Bustinza Castillo, Alexis Jeremy Código: T_{min} 2

Estacion	Temperatura Mínima (T ^o C)										
	Año 2010	Año 2011	Año 2012	Año 2013	Año 2014	Año 2015	Año 2016	Año 2017	Año 2018	Año 2019	Año 2020
Yurpá	0.41	0.27	0.43	0.34	0.01	0.05	0.54	7.05	0.04	7.70	10.24
Pachacayo	3.01	3.45	3.50	3.93	3.90	4.22	3.01	-0.01	-2.05	-1.07	-1.40
Chavin de Huantar	5.54	5.59	5.70	5.87	5.93	6.15	5.70	21.23	4.48	4.95	4.48
Silvayo	7.43	6.97	7.13	7.40	7.44	7.85	7.47	6.33	5.67	5.93	5.10
Saucepampa	7.34	7.03	7.17	7.23	7.35	7.60	7.30	6.92	7.91	8.41	8.22
Pimantambo	8.12	7.70	7.89	8.08	8.05	8.40	8.14	4.83	1.99	2.35	3.31



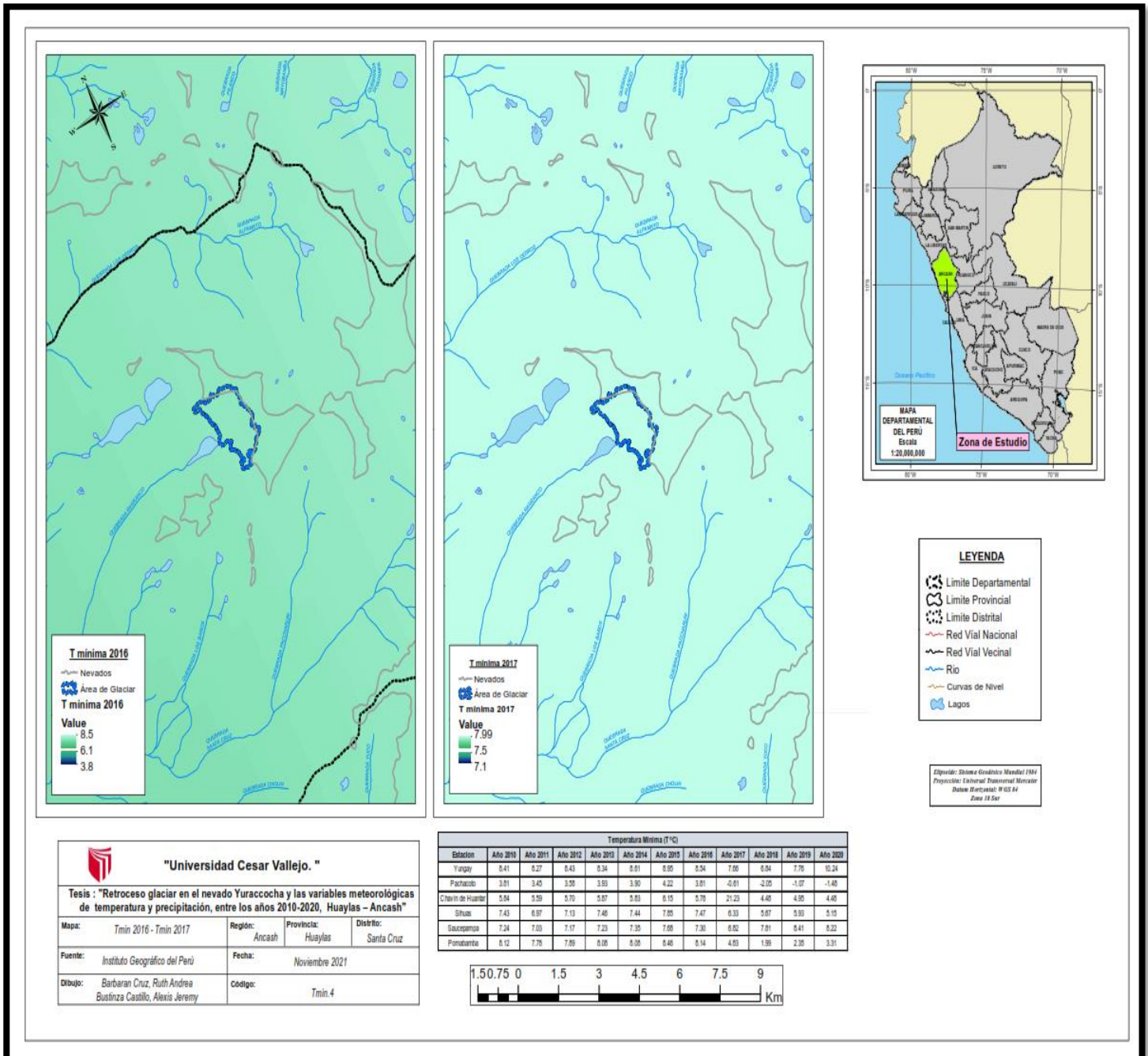
Mapa 17: mapa de análisis de temperatura mínima 2012 - 2013

Interpretación: En el mapa 17, se observa el análisis de temperaturas mínimas realizado mediante la metodología de isoyetas e isotermas, durante los años 2012 al 2013. Teniendo como resultado una temperatura mínima durante el año 2012 que oscilo entre los 3.5°C y 8.4°C. Y durante el año 2013 se obtuvo como resultado una temperatura mínima que oscilo entre los 3.9°C y 8.3°C.



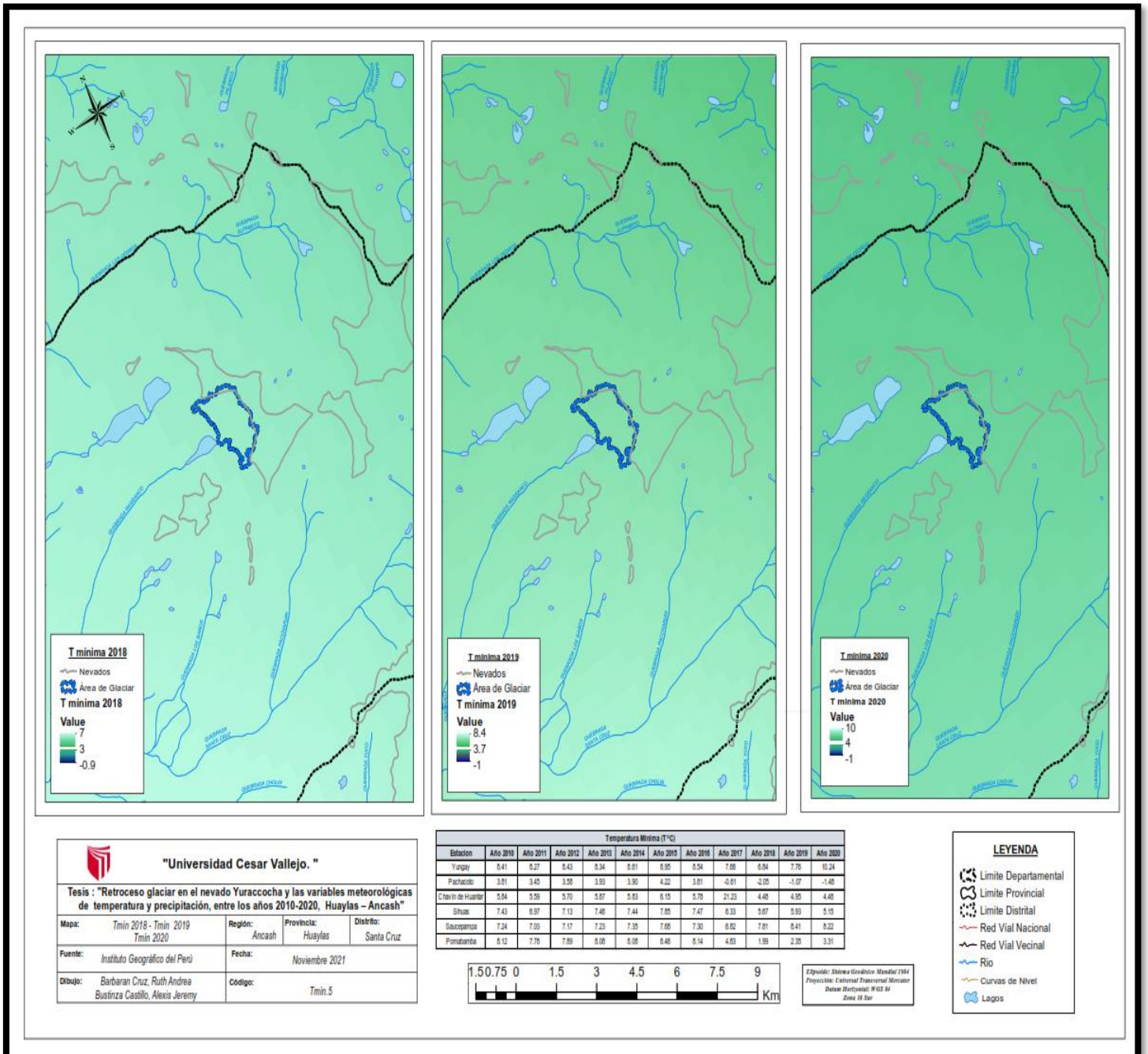
Mapa 18: mapa de análisis de temperatura mínima 2014 - 2015

Interpretación: En el mapa 18, se observa el análisis de temperaturas mínimas realizado mediante la metodología de isoyetas e isotermas, durante los años 2014 al 2015. Teniendo como resultado una temperatura mínima durante el año 2014 que oscilo entre los 4°C y 8.6°C. Y durante el año 2015 se obtuvo como resultado una temperatura mínima que oscilo entre los 4.2°C y 8.9°C.



Mapa 19: mapa de análisis de temperatura mínima 2016 - 2017

Interpretación: En el mapa 19, se observa el análisis de temperaturas mínimas realizado mediante la metodología de isoyetas e isotermas, durante los años 2016 al 2017. Teniendo como resultado una temperatura mínima durante el año 2016 que oscilo entre los 3.8°C y 8.5°C. Y durante el año 2017 se obtuvo como resultado una temperatura mínima que oscilo entre los 7.1°C y 7.99°C.



Mapa 20: mapa de análisis de temperatura mínima 2018, 2019 y 2020

Interpretación: En el mapa 20, se observa el análisis de temperaturas mínimas realizado mediante la metodología de isoyetas e isotermas, durante los años 2018, 2019 y 2020. Teniendo como resultado una temperatura mínima durante el año 2018 que oscilo entre los 0.9°C y 7°C. De igual manera, durante el año 2019 se obtuvo como resultado una temperatura mínima que oscilo entre -1°C y 8.4°C. Y para el año 2020 se obtuvo como resultado una temperatura mínima que oscilo entre -1°C y 10°C.

V. DISCUSIÓN

Las temperaturas juegan un rol influyente en el contenido de cobertura glaciar. En ese sentido, Bullege y Custodio (2020), permitieron corroborar dicha aseveración mediante su estudio, donde evaluaron la influencia del cambio de temperatura en el retroceso de la masa glaciar de la Cordillera Huaytapallana entre los años 1986 a 2016, recopilando información de los reportes del SENAMHI y del IGP, determinando la existencia de aumento de temperatura promedio de 4.757 °C, lo que produjo la reducción de 11.86 km² de la masa glaciar. Del mismo modo, Mazuera y Martínez (2019), realizaron una evaluación espacio-temporal dinámica utilizando imágenes de los satélites Landsat 5 y 8 recopiladas del sitio web del USGS del periodo de 1989 - 2018, determinando que a través de temperaturas superiores a 24°C en las zonas más planas del sur de Tolima se registró una pérdida de 15% de cobertura vegetal y 9500 hectáreas de recursos hídricos. Asimismo, Mollinedo y Quispe (2017), evaluaron la masa de cobertura glaciar Queñuani, donde nos indicaron que se ocasionó un desequilibrio glaciar (-83,8) en la estación seca debido al aumento de temperatura. En tanto, en nuestra investigación entre el periodo 2010 – 2020, se alcanzó una temperatura máxima mensual de 26.93 C° y una temperatura mínima mensual de 4.12 C°, lo que produjo la reducción de 4.69% (0.12 km²) de la masa glaciar del nevado Yuracocha, provincia de Huaylas– Ancash. En síntesis, el aumento de la temperatura del período mencionado influye inversamente en la masa glaciar de los nevados.

Las precipitaciones generan desequilibrios en la masa glaciar, este argumento es corroborado por Mollinedo y Quispe (2017), que determinaron la masa del Glaciar Queñuani durante las precipitaciones, basado en datos medidos en campo por medio de balizas en la parte de ablación y pozos congelados en la parte de acumulación, donde se pudo determinar que en la temporada de precipitaciones hay un fuerte desequilibrio de masa glaciar (-1698,4 mm). Por otro lado, Alpala (2016), analizó el proceso de evolución glaciar del volcán Nevado del Huila entre los años 1987 y 2016, logrando determinar que en las temporadas de mayor nivel de precipitación se evidenció mayor pérdida glaciar alcanzando a lo largo del periodo una pérdida glaciar del 50%. Similar a lo presentado por Fernández (2018), que propuso una secuencia

metodológica para el estudio de los glaciares y el cambio climático, donde pudo establecer que las precipitaciones juegan un rol determinante en el retroceso glaciar, mostrando reducciones de 1.3 km de área glaciar. Adicionalmente, pudo acotar que la humedad ideal para conservación de recubrimiento glaciar sería del 49%. En tanto, en nuestra investigación se alcanzó una precipitación de 7.97 mm lo que produjo la reducción del área glaciar en 4.69% (0.12 km²), del volumen en 4,05% (0.003 km³) y aumentando el flujo de aporte hídrico glaciar en 78.02% (810,126.21 m³). En suma, la variabilidad de las precipitaciones es un punto de relevante en el retroceso glaciar por su influencia inversa en la masa glaciar de los nevados.

Dentro de las metodologías más utilizadas para evaluar el grado de vulnerabilidad de los escenarios de cobertura glaciar a casusa de la variabilidad metodológica, tenemos el modelo numérico glaciar utilizando el análisis de componentes del principio espacial (SPCA) realizado por Jian (2015), que se basó en tecnologías de teledetección (RS) y sistemas de información geográfica (GIS), determinando que el 41.2% de las áreas glaciares de montañas en China frente al cambio climático se encuentran en los niveles de vulnerabilidad fuerte y muy fuerte en el período 1961-2007. Similar a lo propuesto por Flores (2016), que determinó el grado de vulnerabilidad con respecto al entorno físico y socioeconómico a través de la modelación geoespacial en la plataforma SIG, obteniendo que sólo el 5,53% tuvo un alto grado de vulnerabilidad; mientras que sólo 0.14% una vulnerabilidad muy alta, determinando que los bajos niveles organizacionales de la empresa ante los escenarios implican riesgos y aumentan el nivel de vulnerabilidad. En el mismo año, Cabrejos (2016) para identificar el nivel de riesgo y detección cuántica de erosión hídrica en una microcuenca realizó el procesamiento digital de imágenes de satélite Landsat y el geomodelado asociado con agentes físicos, bióticos y sociales, concluyendo que la mayor tasa de erosión ocurre en la parte más alta del área de los glaciares y en las riberas de los ríos. De igual forma, Casanueva (2016) desarrolló un modelado geoespacial que establece la distribución de áreas con grados de vulnerabilidad con respecto a la productividad agrícola que ocurrió con el fenómeno El Niño en la parte baja de la cuenca del río Lurín, logrando una mejor perspectiva de la vulnerabilidad de un área de estudio, concluyendo que el SIG ha sido una herramienta útil y confiable para la toma de decisiones sobre la

planificación de la gestión de riesgos. Respecto a nuestro estudio utilizamos la metodología de Normalized Difference Snow Index (NDSI), donde se realizó procesado y análisis de imágenes geoespaciales y el cartografiado de la zona de estudio se utilizó la herramienta software ENVI y en la delimitación en las imágenes satelitales históricas entre los periodos 2010 – 2020, fueron extraídas de la plataforma Google Earth en temporadas de ablación georreferenciada con la ayuda de la herramienta ArcMap del ArcGIS, y se digitalizó manualmente cada contorno desde el circo hasta la lengua glaciar en una escala de 1:250, lo cual permitió evaluar satisfactoriamente la influencia de las variables meteorológicas de temperatura y precipitación en el retroceso glaciar en el nevado Yuracocha. En síntesis, la digitalización de imágenes satelitales Landsat y la modelación geoespacial en la plataforma SIG, utilizada para la delimitación de glaciares es a través del Normalized Difference Snow Index (NDSI) procesado en el software ENVI. permite evaluar el nivel de vulnerabilidad de los nevados.

La variabilidad meteorológica causa impactos significativos en el retroceso glaciar de los nevados, esto es validado por Herrera (2017) que identificó los efectos negativos del cambio climático en Nevado Cocuy, donde se pudo predecir que las especies tienden a congregarse en altitudes mayores, ya que se encuentran alejadas del área social. Asimismo, Strel (2017) también evaluó la importancia de los glaciares de roca en las montañas del norte de Tien Shan, determinando que el cambio climático provocó una pérdida del área glaciar de casi el 30% entre los años 1971 – 2016, donde la mitad del glaciar perdidos se dieron en los últimos cuatro años (2012-2016), por lo que consideró que los glaciares contribuyen a los recursos hídricos de la estación seca de las montañas del norte de Tien Shan y se han asociado con peligros naturales. Mientras tanto, Serrano (2018) determinó que las propiedades comunes (humedad relativa, precipitación y temperatura) tienen una influencia significativa (efecto retroactivo) en el comportamiento del Glaciar Ampay, lo que reflejó una pérdida glaciar de 0,48 km² en los últimos 10 años, estableciendo que existe menos precipitación durante la temporada de ablación y mayor es la pérdida glaciar ande índices de humedad relativa más bajos. A su vez, Narcizo (2017) indicó la existencia del retroceso glaciar Pastoruri del 20.95%, lo que generó que los cambios climáticos que afectan el retroceso de los glaciares en la Cordillera Blanca provocan la migración de especies autóctonas a gran altura y la imposibilidad de adaptación,

resultando también la pérdida de biodiversidad. Por otro lado, Paucar (2018), manifestó que existe una relación negativa e inversamente influenciada entre el retroceso de los glaciares de la montaña Ampay y la producción agrícola de la comunidad de Huayllabamba. Según Nerio (2020), Venezuela pronto se convertirá en el primer país andino en perder todos sus glaciares y en tener la capacidad de producir mapas multitemporales detallados que relacionen la evolución de la capa de hielo entre 1952 y 1910, por lo que nuevos mapas elaborados son una herramienta fundamental para la toma de decisiones en la gestión de registros hídricos. Asimismo, Leiva (2018) evaluó el declive en el área del glaciar de los Nevados en Colombia. Utilizando imágenes de satélite de los últimos años analizadas con herramientas SIG, identificando que el Nevado podría identificarse con la mayor pérdida de cobertura glaciar (área glaciar). En tanto, Cai (2015) evaluó las relaciones entre cambios en el ENOS y el estado medio del clima del Pacífico, donde los desastres climáticos relacionados con ENOS ocurran con mayor frecuencia si no se reducen las emisiones de gases de efecto invernadero. Mientras tanto, en la investigación se demostró que la variabilidad meteorológica (temperatura y precipitación) provoca impactos negativos en el glaciar de la provincia de Huaylas – Ancash. En conclusión, podemos dar validez a la hipótesis: La variabilidad meteorológica (temperatura y precipitación) crea un efecto notable en el retroceso glaciar de los nevados.

VI. CONCLUSIONES

1. Existe un impacto negativo en el nevado Yuracocha, provincia de Huaylas – Ancash (reducción del 4.69% de la masa glaciar), entre los años 2010-2020. provocado por el cambio de las variables meteorológicas (precipitación y temperatura).
2. La temperatura máxima alcanzada fue de 26.93 C° y una temperatura mínima fue 4.12 C°, lo que produjo la reducción de 4.69% (0.12 km²) de la masa glaciar del nevado Yuracocha, provincia de Huaylas– Ancash. En síntesis, el aumento de la temperatura influyó inversamente en la masa glaciar de los nevados.
3. La precipitación alcanzada fue de 7.97 mm lo que produjo la reducción del volumen en 4,05% (0.003 km³) y el aumento del flujo de aporte hídrico glaciar en 78.02% (810,126.21 m³). En suma, el aumento de las precipitaciones genera desequilibrios en la masa glaciar siendo un punto relevante en el retroceso glaciar por su influencia inversa en la masa glaciar de los nevados.

VII. RECOMENDACIONES

1. Para futuras investigaciones que se realicen usando la misma metodología, se recomienda la utilización de más parámetros meteorológicos como el viento, radiación solar y contar con una estación meteorológica en el sitio de estudio, permitiendo así la generación de datos más reales y exactos.
2. Es de crucial importancia evaluar el comportamiento del glaciar por un periodo más largo, permitiendo así la realización de una proyección más certera.
3. Es importante dar prioridad y tratamiento especial a nevados en proceso de extinción como el glaciar Yuracocha, del cual no dispone de información actualizada. Lo que permite una desinformación total de la problemática que se suscita; y no poder desarrollar medidas preventivas o de mitigación para la conservación de esta fuente hídrica.

VIII. REFERENCIAS

ALPALA, Rosa. Evolución del glaciar del volcán nevado del Huila a través del tratamiento de imágenes satelitales (1987 - 2016). [en Línea]. Colombia: Universidad de Manizales, 2016. [Fecha de consulta: 03 de mayo de 2021].

Disponible en:
https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/bitstream/handle/20.500.12746/2885/Alpala_Aguilar_Rosa_Liliana_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y

BONAN, David, CHRISTIAN, John, y CHRISTIANSON, Knut. Influence of North Atlantic climate variability on glacier mass balance in Norway, Sweden and Svalbard. *Journal of Glaciology*, 65(252), 580-594, mayo 2019.

<https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-glaciology/article/influence-of-north-atlantic-climate-variability-on-glacier-mass-balance-in-norway-sweden-and-svalbard/E65F046030777965553F903C67A4439F>

BULLEGE, Wilfredo y CUSTODIO, María. Cambio climático y retroceso glaciar en la Cordillera Huaytapallana, Perú. *México: Revista tecnología y ciencias del agua*, 2020. 11(2). 229-261 pp. [Fecha de consulta: 29 de abril de 2021].

Disponible en:
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7430651>

CABREJOS, Mirella. Modelamiento geoespacial en la determinación del riesgo, vulnerabilidad y de la cuantificación de la erosión hídrica en la microcuenca del río Atuen – Amazonas. [en Línea]. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina, 2016. [Fecha de consulta: 28 de abril de 2021].

Disponible en:
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/1951/P36-C32-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

CASANUEVA, Kevin. Modelamiento Geoespacial de distribución de áreas vulnerables de la productividad agrícola ante del fenómeno El Niño en la cuenca baja del río Lurín, 2015 – 2016. [en Línea]. Lima: Universidad César Vallejo, 2016. [Fecha de consulta: 27 de abril de 2021]. Disponible en:

https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/825/Casanueva_CKV.pdf?sequence=1&isAllowed=y

CHÁVEZ, Renzo. Modelamiento espacial de los cambios hidro-climatológicos de la cuenca del río Huarmey y el riesgo en la localidad, 2012 – 2022. [en Línea]. Lima: Universidad César Vallejo, 2017. [Fecha de consulta: 28 de abril de 2021]. Disponible en: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/38065/Ch%c3%a1vez_VRJ.pdf?sequence=1&isAllowed=y

CHESNOKOVA, A.; BARAËR, M; LAPERRIÈRE, T. Y HUH, K. Vinculando el retroceso de los glaciares de las montañas y los cambios hidrológicos en el suroeste de Yukón. [en Línea]. Brasil: Revista AGU, 2020. 56(1). [Fecha de consulta 03 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2019WR025706>

D' AMEN, Manuela; *et al.* Using species richness and functional traits predictions to constrain assemblage predictions from stacked species distribution models. [en Línea]. Suiza: Journal of Biogeography, 2015. 42(7). 1255-1266pp. [Fecha de consulta: 29 de abril de 2021]. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/jbi.12485>

DE PAZ, Alex. Modelamiento de dispersión de material particulado mediante la Aplicación del Modelo Gaussiano para determinar la zona vulnerable del sector industrial de Puente Piedra. [en Línea]. Lima: Universidad César Vallejo, 2017. [Fecha de consulta: 29 de abril de 2021]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/17417>

FERNÁNDEZ, F. Propuesta metodológica para el análisis de la evolución de los glaciares desde la Pequeña Edad del Hielo y su aplicación en la Península de Tröllaskagi (norte de Islandia). [en Línea]. Islandia: Geographical Research Letters, 2018. 44 (1), pp. 69-97. [Fecha de consulta: 03 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://publicaciones.unirioja.es/ojs/index.php/cig/article/view/3392/3000>
[ISSN 0211-6820](https://publicaciones.unirioja.es/ojs/index.php/cig/article/view/3392/3000)

FLORES, Ricardo. Modelamiento geoespacial para la determinación del grado de vulnerabilidad, distrito Leimebamba – Amazonas. [en Línea]. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina, 2016. [Fecha de consulta: 28 de abril de 2021]. Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2240>

GARRARD, Rodney; *et al.* Land Use and Land Cover Change in Sagarmatha National Park, a World Heritage Site in the Himalayas of Eastern Nepal. [en Línea]. Nepal: Mountain Research and Development. 2016. 36 (3), 299-310 pp. [Fecha de consulta: 03 de mayo de 2021]. Disponible en <https://bioone.org/journals/mountain-research-and-development/volume-36/issue-3/MRD-JOURNAL-D-15-00005.1/Land-Use-and-Land-Cover-Change-in-Sagarmatha-National-Park/10.1659/MRD-JOURNAL-D-15-00005.1.full>

GAITA, María. Cuantificación e impacto del retroceso glaciar sobre los recursos naturales determinados mediante el SIG y teledetección - Microcuenca Lullán, Ancash. [en Línea]. Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina, 2017. [Fecha de consulta: 30 de abril de 2021]. Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2913>

GRADILLA, Luz; MENDOZA, Juan; ORANTES, Hector y MARCOS, Omar. Aproximación Geoespacial para la Adaptación al Cambio Climático de la Infraestructura Carretera en México. [en Línea]. México: Instituto mexicano del transporte, 2018. [Fecha de consulta: 27 de abril de 2021]. Disponible en: <https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt523.pdf>

HERRERA, Nicolas. Implementación de biomodelos estimativos de la calidad ecosistémica en el nevado de Cocuy al año 2030 producto del retroceso glaciar. [en Línea] Colombia: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2017. [Fecha de consulta: 03 de mayo de 2021]. Disponible en: https://ciaf.igac.gov.co/sites/ciaf.igac.gov.co/files/files_ciaf/Herrera_Vargas_Nicolas.pdf

Leiva, Jenny. Análisis multitemporal del retroceso glaciar de los nevados de Colombia a través de la utilización de herramientas SIG. [en Línea]. Colombia: Universidad Militar Nueva Granada, 2018. [Fecha de consulta: 03 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/17348/LeivaLeivaJennyLorena2018.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

LITT, Maxime, SHEA, Joseph, WAGNON, Patrick, STEINER, Jakob, KOCH, Inka., STIGTER, Emmy y IMMENZEEL, Walter. Glacier ablation and temperature indexed melt models in the Nepalese Himalaya. Sci Rep 9 (1), 520-526., marzo 2019.

<https://www.nature.com/articles/s41598-019-41657-5#citeas>

MALONE, Andrew, DOUGHTY, Alice y MACAYEAL, Douglas. Interannual climate variability helps define the mean state of glaciers. Journal of Glaciology, 65(251), 508-517, mayo 2019.

<https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-glaciology/article/interannual-climate-variability-helps-define-the-mean-state-of-glaciers/08B9AB32CEA4A724F9BAB6C823F7970A#>

MAZUERA, Daniel y MARTINEZ, David. Dinámica espacio temporal de índices espectrales y su relación con parámetros hidrológicos en la zona sur del departamento del Tolima. [en Línea]. Colombia: Universidad De Ibagué, 2019. [Fecha de consulta: 02 de mayo de 2021]. Disponible en:

<https://repositorio.unibague.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12313/1549/1/Trabajo%20de%20grado.pdf>

MOLLINEDO, Magna y QUISPE, Angel. Balance de masa del glaciar Queñuani de la cordillera de Carabaya, Puno. [en Línea]. Perú: Universidad Nacional del Altiplano, 2017. [Fecha de consulta: 30 de abril de 2021]. Disponible en:

http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/7174/Mollinedo_Machaca_Magna_Quispe_Huahuasoncco_Angel%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y

NARCIZO, Angeles. Modelamiento de las especies pioneras tras el retroceso del glaciar Pastoruri mediante la cronosecuencia post-glaciar utilizando MAXENT Y GIS. [en Línea]. Perú: Universidad Cesar Vallejo, 2017. [Fecha de consulta: 29 de abril de 2021]. Disponible:

https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/3586/Angeles_PNA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

NERIO, Alejandra, RESLER, Lynn y LLAMBÍ, Luis. El fin de las nieves eternas: mapeo integrador de 100 años de retroceso de glaciares en los Andes venezolanos, Ártico, Antártico y Alpino Research. [en Línea]. Venezuela: Revista interdisciplinaria. 52 (1), 563-581 pp, 2020. [Fecha de consulta: 03 de mayo de 2021]. Disponible en <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15230430.2020.1822728>

Orozco, I., Ramírez, A., Francés, F. Modelación de los impactos del Cambio Climático sobre los flujos y almacenamientos en una cuenca de alta montaña. [en Línea]. México: Revista ingeniería del agua, 2018. 22(3), 125-139 pp. [Fecha de consulta: 29 de abril de 2021]. Disponible en: <https://iwaponline.com/IA/article-pdf/22/3/125/577584/ia20188931.pdf>

PAUCAR, John. Estudio del retroceso glaciar en el santuario nacional de Ampay y determinación de su influencia en la agricultura de la comunidad de Huayllabamba, distrito de Abancay, año 2016. [en Línea]. Perú: Universidad Tecnológica de los Andes, 2018. [Fecha de consulta: 29 de abril de 2021]. Disponible en: <http://repositorio.utea.edu.pe/bitstream/handle/utea/113/Tesis-Estudio%20del%20retroceso%20glaciar%20en%20el%20santuario%20Nacional%20de%20Ampay%20y%20determinaci%C3%B3n%20de%20su%20influencia%20en%20la%20agricultura.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

PEÑA, Miguel. Modelamiento geoespacial para evaluar la vulnerabilidad ambiental, ante la ocurrencia de inundaciones, en la cuenca baja del Río Chillón, 2017. [en Línea]. Lima: Universidad César Vallejo, 2017. [Fecha de consulta: 27 de abril de 2021]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/23562>

POUTEAU, Robin; *et al.* Accounting for the indirect area effect in stacked species distribution models to map species richness in a montane biodiversity hotspot. [en Línea]. Francia: Instituto agronómico de Nueva Caledonia, 2015. [Fecha de consulta: 28 de abril de 2021]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/281809722_Accounting_for_the_indirect_area_effect_in_stacked_species_distribution_models_to_map_species_richness_in_a_montane_biodiversity_hotspot

RAM, Shalik., ZHANG, Hui, ZHU, Haigenf, MUHAMMAD, Sher y LIANG, Eryuan. (21 de agosto 2020). Retreating Glacier and Advancing Forest Over the Past 200 Years in the Central Himalayas. 125 (9), 1-7, agosto 2020. <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1029/2020JG005751>

RIOS, Lucas. Modelación geoespacial del impacto paisajístico (suelo y cobertura vegetal) en la loma de Carabayllo debido a la expansión urbana entre el 2006 y el 2017. [en Línea]. Lima: Universidad César Vallejo, 2017. [Fecha de consulta: 25 de abril de 2021]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/3593>

REGALADO, Juan y VASQUEZ, Roxana. Modelamiento con arcgis 10.7.1 de la concentración del material particulado en Lima metropolitana durante el estado de emergencia nacional covid 19 marzo y abril del 2020. [en Línea]. Lima: Universidad Privada del Norte, 2020. [Fecha de consulta: 28 de abril de 2021]. Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/24923/Regalado%20Cotrino%2c%20Juan%20Daniel%20%20Vasquez%20Quispe%2c%20Roxana%20Elizabeth%20-%20Parcial.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ROE, Gerard, BAKER, Marcia y HERLA, Florian. Centennial glacier retreat as categorical evidence of regional climate change. Nature Geosci. 10, 95–99, febrero 2017. <https://www.nature.com/articles/ngeo2863#citeas>

SUN, Weijun, QIN, Xiang, WANG, Yetang, CHEN, Jizu, DU, Wentao, ZHANG, Tong y HUAI, Baojuan. The response of surface mass and energy balance of a continental glacier to climate variability, western Qilian Mountains, China. Clim Dyn 50, 3557–3570, mayo de 2018. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00382-017-3823-6#citeas>

SERRANO, María. Impacto del cambio climático en el retroceso glaciar de la subcuenca del río Sahuanay, provincia de Abancay en el 2017. [en Línea]. Perú: Universidad Cesar Vallejo, 2018. [Fecha de consulta: 27 de abril de 2021]. Disponible: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/27194>

Strel, Alexandra. Uso de imágenes satelitales ópticas de alta resolución para observar glaciares y glaciares de roca en el norte de Tien Shan, Asia central. [en Línea]. Alemania: Universidad Técnica de Munich, 2017. [Fecha de consulta: 03 de mayo de 2021}. Disponible: https://cartographymaster.eu/wp-content/theses/2017_Strel_Thesis.pdf

ZIMMER, Anaïs. Caracterizar la migración altitudinal de las comunidades vegetales altoandinas frente al calentamiento global mediante cronosecuencias post-glaciales recientes. Ecología en Bolivia [en línea]. Diciembre 2014, n° 3. [Fecha de consulta: 28 de abril de 2021]. Disponible en: https://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S1605-25282014000300004&script=sci_arttext

ISSN: 2075-5023

ANEXOS




ANEXO 1: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN

Matriz de Operacionalización					
Título: “Retroceso glaciar en el nevado Yuracocha y las variables meteorológicas de temperatura y precipitación, entre los años 2010-2020, provincia de Huaylas – Ancash”					
Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medición
Variables Meteorológicas	“Las variables meteorológicas son parámetros, elementos caracterizadores del estado del tiempo que son medibles y que a través de su comportamiento permiten conocer cuál es la condición que presenta la atmosfera en su momento” (González y Meira, 2020)	Para comprender las variables meteorológicas, se hará a través de los siguientes componentes como temperatura y precipitación.	Temperatura	Máxima	°C
				Mínima	
				Promedio	
			Precipitación	Máxima	mm
				Mínima	
				Promedio	
Retroceso Glaciar	“El cambio climático ha causado cambios en los ecosistemas de montaña, lo más resaltante de este impacto negativo es muy notorio en los glaciares tropicales a la cual se denominada retroceso glaciar” (Narcizo, 2017)	El retroceso glaciar se calculará a través de sus dimensiones como superficie glaciar, volumen glaciar y el flujo de aporte hídrico glaciar.	Superficie Glaciar	Máximo	km ²
				Mínimo	
				Promedio	
			Volumen Glaciar	Máximo	km ³
				Mínimo	
				Promedio	
			Flujo de aporte hídrico Glaciar	Máximo	m ³
				Mínimo	
				Promedio	

ANEXO 2 - FICHA DE INSTRUMENTO

FICHA DE RECOPIACION DE DATOS								
Título: "Retroceso glaciar en el nevado Yuracocha y las variables meteorológicas de temperatura y precipitación, entre los años 2010 - 2020, provincia de Huaylas - Anchash"								
Autores: Bustinza castillo alexis, Barbaran cruz ruth								
ASPECTOS GENERALES								
UBICACIÓN GEOGRAFICA			UBICACIÓN HIDROGRAFICA			TIPOLOGIA DEL GLACIAR		
ALTITUD	LONGITUD	LATITUD	VERTIENTE	INTERCUENCA	CUENCA	MORFOLOGIA	DINAMICA	LOCALIZACION
TEMPERATURA								
MAXIMO (°C)			PROMEDIO (°C)			MINIMO (°C)		
PRECIPITACION								
MAXIMO (m12)			PROMEDIO (m12)			MINIMO (m12)		
SUPERFICIE GLACIAR								
ACUMULACION (km2)			PROMEDIO (km2)			ABLACION (km2)		
VOLUMEN GLACIAR								
ACUMULACION (km3)			PROMEDIO (km3)			ABLACION (km3)		
FLUJO DE APORTE HIDRICO GLACIAR								
ACUMULACION (m3)			PROMEDIO (m3)			ABLACION (m3)		

ANEXO 3 – VALIDACION DEL INSTRUMENTO DE RECOLECCION DE DATOS

FICHA DE RECOPIACION DE DATOS								
Título: "Retroceso glaciar en el nevado Yuracocha y las variables meteorológicas de temperatura y precipitación, entre los años 2010 - 2020, provincia de Huaylas - Ancash"								
Autores: Bustinza castillo alexis, Barbaran cruz ruth								
ASPECTOS GENERALES								
UBICACIÓN GEOGRAFICA			UBICACIÓN HIDROGRAFICA			TIPOLOGIA DEL GLACIAR		
ALTITUD	LONGITUD	LATITUD	VERTIENTE	INTERCUENCA	CUENCA	MORFOLOGIA	DINAMICA	LOCALIZACION
TEMPERATURA								
MAXIMO (°C)			PROMEDIO (°C)			MINIMO (°C)		
PRECIPITACION								
MAXIMO (ml2)			PROMEDIO (ml2)			MINIMO (ml2)		
SUPERFICIE GLACIAR								
ACUMULACION (km2)			PROMEDIO (km2)			ABLACION (km2)		
VOLUMEN GLACIAR								
ACUMULACION (km3)			PROMEDIO (km3)			ABLACION (km3)		
FLUJO DE APOORTE HIDRICO GLACIAR								
ACUMULACION (m3)			PROMEDIO (m3)			ABLACION (m3)		
 Dr. Carlos F. Cabrera Carranza CIP. 46572 DNI. 17402784			 Jave Nakayo Jorge Leonardo CIP. 43444			 LUIS FERMÍN HOLGUÍN ARANDA INGENIERO AMBIENTAL Reg. CIP. N° 111514		

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO
I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: CABRERA CARRANZA CARLOS FRANCISCO
 1.2. Cargo e Institución donde labora: DOCENTE UCV
 1.3. Nombre del Instrumento motivo de evaluación:
 1.4. Autor(A) del Instrumento: BUSTINZA CASTILLO – BARBARÁN CRUZ

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulada con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y a las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.											X		
6. INTERNACIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	Las estrategias responden una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- ✓ El Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
 ✓ El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI

90 %

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

Lima 03 DE JULIO del 2021



 Dr. Carlos F. Cabrera Carranza
 C.P. 48072
 DNI. 37402784

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO
I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **HOLGUIN ARANDA, LUIS**
 1.2. Cargo e institución donde labora: **DOCENTE UCV**
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Ficha de recolección de información y datos.**
 1.4. Autor(A) del instrumento: **BARBARAN CRUZ RUTH, BUSTINZA CASTILLO ALEXIS.**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Está formulada con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Está adecuada a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Está adecuada a los objetivos ya las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.										X			
6. INTERNACIONALIDAD	Está adecuada para validar las variables de la hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	Las estrategias responden una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método científico.										X			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- ✓ El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
 ✓ El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X
90%

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

Lima 28 de junio del 2021



LUIS HOLGUIN ARANDA
INGENIERO AMBIENTAL
 Reg. CIP. N° 111211

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: JAVE NAKAYO JORGE LEONARDO
- 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE UCV
- 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de recolección de información y datos.
- 1.4. Autor(A) del instrumento: BARBARAN CRUZ RUTH, BUSTINZA CASTILLO ALEXIS.

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulada con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y a las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.										X			
6. INTERNACIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	Las estrategias responden una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método científico.										X			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X
85%

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

Lima 29 de junio del 2021



FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, BENITES ALFARO ELMER GONZALES, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "RETROCESO GLACIAR EN EL NEVADO YURACCOCHA Y LAS VARIABLES METEOROLÓGICAS DE TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN, ENTRE LOS AÑOS 2010 – 2020, PROVINCIA DE HUAYLAS – ANCASH", cuyos autores son BUSTINZA CASTILLO ALEXIS JEREMY, BARBARAN CRUZ RUTH ANDREA, constato que la investigación cumple con el índice de similitud establecido, y verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 20 de Diciembre del 2021

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
BENITES ALFARO ELMER GONZALES DNI: 07867259 ORCID 0000-0003-1504-2089	Firmado digitalmente por: ELBENITESALF el 21-12- 2021 17:29:22

Código documento Trilce: TRI - 0235985