



FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**“IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL RETROCESO GLACIAR
DE LA SUBCUENCA DEL RIO SAHUANAY, PROVINCIA DE
ABANCAY EN EL 2017”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERA CIVIL**

AUTORA:

SERRANO CHUIMA, MARÍA ROSA

ASESOR:

DR. MUÑIZ PAUCARMAYTA, ABEL ALBERTO

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO DE OBRAS HIDRÁULICAS Y SANEAMIENTO

LIMA- PERÚ

2018

PÁGINA DE JURADO

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS	Código : F06-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1
--	--	---

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don(a)
SERRANO CHUINA, MARIA ROSA

cuyo título es:

" IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL RETROCESO
GLACIAR DE LA SUBCUENCA DEL RÍO SANHUANAY,
PROVINCIA DE MANTAY - 2017 "

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante,
otorgándole el calificativo de: 16 [número] BUENAS [letras].

Trujillo (o Filial) LIMA, 07 de JULIO del 2018.


.....
PRESIDENTE
Dr. Cancho Zuñiga, Gerardo


.....
SECRETARIO
Mg. Fernández Díaz, Carlos


.....
VOCAL
Dr. Muñoz Paucarmayta, Abel Alberto

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable del SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	-------------------------------	--------	---------------------	--------	------------------------------------

DEDICATORIA

A mi familia
Con inmensa gratitud
y cariño.

AGRADECIMIENTOS

Mi profundo agradecimiento a las personas que contribuyeron con sus sugerencias, críticas constructivas, apoyo moral e intelectual para cristalizar la presente tesis.

A mi asesor de tesis el Dr. Muñiz Paucarmayta, Abel; por la guía científica y metodológica para la formulación de la Tesis.

A todos los académicos que fueron parte de este proceso les agradezco, por la buena disposición ante cualquier duda, problema u otro.

Al SENAMHI, UGRH e INAIGEM por la disponibilidad de información brindada.

A todos ellos, eterna gratitud.

La Autora.

DECLARACION DE AUTENTICIDAD

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo Serrano Chuima, María Rosa identificada con DNI N° 47710805, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces. 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 de la Universidad César Vallejo.

Lima, 07 de julio del 2018



Serrano Chuima, María Rosa
DNI N° 47710805

PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado,

Se presenta ante ustedes la Tesis titulada: “Impacto del cambio climático en el retroceso glaciar de la subcuenca del río Sahuanay, provincia de Abancay - 2017”, con la finalidad de determinar la relación existente entre los componentes climáticos y la pérdida de superficie glaciar del nevado Ampay; en cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniero Civil.

La autora.

ÍNDICE

DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS	IV
PRESENTACIÓN	VI
ÍNDICE	VII
RESUMEN.....	XII
ABSTRACT	XIII
I. INTRODUCCIÓN.....	14
1.1. Realidad problemática	16
1.2. Trabajos previos.....	18
1.2.1. Nacionales.....	18
1.2.2. Internacionales	22
1.3. Teorías relacionadas al tema	24
1.3.1. Cambio climático.....	24
1.3.2. Retroceso glaciar	28
1.4. Términos conceptuales	40
1.5. Formulación del Problema.....	41
1.5.1. Problema general	41
1.5.2. Problema específico	41
1.6. Justificación del Problema	41
1.6.1. Justificación Social.....	41
1.6.3. Justificación ambiental.....	42
1.6.3. Justificación práctica	43
1.7. Hipótesis.....	44
1.7.3. Hipótesis general.....	44
1.7.4. Hipótesis específica	44
1.8. Objetivos.....	44
1.8.3. Objetivos generales.....	44
1.8.4. Objetivos específicos.....	44
II. METODOLOGÍA.....	45
2.1. Método: Científico.....	46
2.2. Tipo de investigación: Aplicada	46
2.3. Nivel de investigación: Explicativa.....	46
2.4. Diseño de investigación: No experimental.....	46
2.5. Variables y definición operacional	47

2.5.1.	Operacionalización de variables	47
2.6.	Población y muestra.....	47
2.6.1.	Población.....	47
2.6.2.	Muestra	48
2.6.3.	Muestreo	48
2.7.	Técnicas e instrumento de recolección de datos.....	49
2.7.1.	Técnicas de recolección de datos	49
2.7.2.	Instrumentos de recolección de datos	50
2.7.3.	Análisis de validez de datos.....	50
2.7.4.	Análisis de confiabilidad de datos	51
2.8.	Métodos de análisis de datos	52
2.9.	Aspectos éticos	52
III.	ANÁLISIS Y RESULTADOS.....	53
3.1.	Breve descripción de la zona de estudio.....	54
3.1.1.	Ubicación política.....	54
3.1.2.	Ubicación geográfica	54
3.1.3.	Ubicación hidrográfica	54
3.1.4.	Descripción del glaciar Ampay.....	57
3.2.	Trabajos Previos.....	62
3.2.1.	Trabajos de Campo.....	62
3.2.2.	Trabajos de Gabinete	64
3.2.2.1.	Imágenes Satelitales:	64
3.2.2.1.	Corrección de imágenes	67
3.2.2.2.	Calibraciones geométricas y radiométricas	68
3.2.2.3.	Datos de Temperatura, Precipitación y Humedad Relativa	70
3.3.	Análisis	71
3.4.	Resultados	93
IV.	DISCUSIÓN.....	113
V.	CONCLUSIONES.....	119
VI.	RECOMENDACIONES	121
VII.	REFERENCIAS	123
	ANEXOS.....	128

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Vista lateral del glaciar Ampay	17
Figura 2: Presencia de poca cobertura glaciar en el Ampay.....	18
<i>Figura 3: Formación del hielo Glaciar</i>	<i>27</i>
Figura 4: Componentes de un glaciar	29
Figura 5: Esquema de fotogrametría.....	31
Figura 6: Estructura Cristalina del hielo glaciar	39
Figura 7: Área total del glaciar Ampay	48
Figura 8: Ubicación de las cordilleras glaciares del Perú	55
Figura 9: Basamento del glaciar Ampay	58
Figura 10: Formación de lagunas glaciares	59
Figura 11: Vista de laguna Uspacocha con ingreso de abundante caudal glaciar	60
Figura 12: Excursión del glaciar Ampay	63
Figura 13: Identificación de estratos y formación Glaciar	63
Figura 14: Inspección ocular de formación de grietas.....	64
Figura 15: Pantalla principal de acceso al servidor del USGS.....	64
Figura 16: Cuadrantes DEM pertenecientes al departamento de Apurímac	66
Figura 17: Proceso de corrección atmosférica de imágenes satelitales en QGis.....	69
Figura 18: Bandas corregidas de imágenes satelitales.....	69
Figura 19: Combinación de bandas 6-4-3.....	70
Figura 20: Tendencia de temperaturas máximas mensuales	73
Figura 21: Tendencia de temperaturas mínimas mensuales	75
Figura 22: Proceso de inserción de Data base en ArGis.....	76
Figura 23: Obtención de capas de precipitaciones en ArGis	76
Figura 24: Tendencia de precipitaciones mensuales	78
Figura 25: Tendencia de Humedad Relativa mensual	80
Figura 26: Estimación de volumen y caudal glaciar en ArGis.....	93
Figura 27: Resultado de influencia superficie/temperaturas máximas en temporada de acumulación	96
Figura 28: Resultado de influencia superficie/temperaturas máximas en temporada de ablación.....	97
Figura 29: Resultado Tendencia superficie/temperaturas mínimas en temporada de acumulación	99
Figura 30: Resultado tendencia superficie/temperaturas mínimas en temporada de ablación.....	100
Figura 31: Resultados de tendencia volumen glaciar/precipitación en temporada de acumulación	103
Figura 32: Resultados de tendencia volumen glaciar/precipitación en temporada de ablación.....	104
Figura 33: Resultados de tendencias caudal glaciar/humedad relativa en temporada de acumulación	107
Figura 34: Resultados de tendencias de caudal glaciar/humedad relativa en temporada de ablación	108
Figura 35: Tendencia de superficie glaciar	110

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tipología de glaciares	30
Tabla 2: Principales programas informáticos para estudio de glaciares.	32
Tabla 3: Características de imágenes procesadas del satélite LANDSAT-5.....	33
Tabla 4: Características de imágenes procesadas del satélite LANDSAT-8.....	33
Tabla 5: Características de imágenes procesadas del satélite SENTINEL 2A	35
Tabla 6: Operacionalización de variables.....	47
Tabla 7: Rangos y magnitud de Validez	50
Tabla 8: Coeficiente de validez por juicio de expertos	51
Tabla 9: Rango y Magnitud de confiabilidad	51
Tabla 10: Ecosistemas identificados en el Santuario Nacional del Ampay.....	60
Tabla 11: Datos de descarga de imágenes satelitales.....	65
Tabla 12: Estaciones meteorológicas del departamento de Apurímac	71
Tabla 13: Variación de temperaturas máximas	73
Tabla 14: Variación de temperaturas mínimas	75
Tabla 15: Variación de precipitaciones	78
Tabla 16: Variación de Humedad Relativa.....	80
Tabla 17: Resultados de superficie, volumen y caudal glaciar	94
Tabla 18: Resultados de Superficie glaciar/temperaturas máximas en temporada de acumulación	95
Tabla 19: Resultados superficie glaciar/temperaturas máximas en temporada de ablación	97
Tabla 20: Resultados de análisis superficie glaciar/temperaturas mínimas en temporada de acumulación.....	98
Tabla 21: Resultado de análisis superficie glaciar/temperaturas mínimas en temporada de ablación.....	100
Tabla 22: Resultado de análisis volumen glaciar/precipitación en temporada de acumulación	102
Tabla 23: Resultados de análisis volumen glaciar/precipitación en temporada de ablación.	104
Tabla 24: Resultados de análisis caudal glaciar/humedad relativa en temporada de acumulación	106
Tabla 25: Resultados de análisis de caudal glaciar/humedad relativa en temporada de ablación.....	108
Tabla 26: Resultados de superficie glaciar	110

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1: Mapa de Ubicación del glaciar Ampay	56
Mapa 2: Mapa topográfico del santuario nacional del Ampay.....	57
Mapa 3: Mapa hidrográfico en el ámbito del glaciar Ampay.....	59
Mapa 4: Mapa de pendientes del glaciar Ampay	61
Mapa 5: Mapa de orientaciones del glaciar Ampay	61
Mapa 6: Mapa de altitudes del glaciar Ampay	62
Mapa 7: Mapa de análisis de temperaturas máximas	72
Mapa 8: Mapa de análisis de Temperaturas Mínimas.....	74
Mapa 9: Mapa de análisis de precipitaciones	77
Mapa 10: Mapa de análisis de humedad relativa.....	79
Mapa 11: Mapa de cobertura glaciar año 1985.....	81
Mapa 12: Mapa de cobertura glaciar año 2007.....	82
Mapa 13: Mapa de cobertura glaciar año 2008.....	83
Mapa 14: Mapa de cobertura glaciar año 2009.....	84
Mapa 15: Mapa de cobertura glaciar año 2010.....	85
Mapa 16: Mapa de cobertura glaciar año 2011.....	86
Mapa 17: Mapa de cobertura glaciar año 2012.....	87
Mapa 18: Mapa de cobertura glaciar año 2013.....	88
Mapa 19: Mapa de cobertura glaciar año 2014.....	89
Mapa 20: Mapa de cobertura glaciar año 2015.....	90
Mapa 21: Mapa de cobertura glaciar año 2016.....	91
Mapa 22: Mapa de cobertura glaciar año 2017.....	92
Mapa 23: Mapas de comparación de cobertura glaciar del año 1985 y 2017	111
Mapa 24: Mapas de comparación de cobertura glaciar de 1985 y 2017 en temporada de ablación.....	112

RESUMEN

La presente tesis se desarrolló en el 2018, cuyo ámbito es la provincia de Abancay; las teorías que abarcan esta investigación se basan en las variaciones de parámetros climatológicos y el comportamiento de la cobertura glaciar frente a estos eventos. El objetivo de esta investigación es determinar la influencia del cambio climático en el retroceso glaciar de la subcuenca del río Sahuanay con fines de manejo hídrico, para lo cual se utilizó el método científico, tipo de investigación aplicada de nivel descriptivo y diseño no experimental, aplicado a una población y muestra que corresponde al área total del glaciar en estudio; así mismo para llevar a cabo el proceso se utilizó el instrumento de investigación ficha de recolección de datos.

Se concluye que los parámetros de temperatura, precipitación y humedad relativa tienen una influencia significativa en el comportamiento del glaciar Ampay; el cual presenta 0.48 km² de pérdida de masa glaciar durante los últimos 10 años con tendencia a recuperarse en algunos periodos; el mayor porcentaje de pérdida glaciar se da en temporadas de ablación donde las temperaturas son mayores, con precipitaciones escasas y bajo porcentaje de humedad relativa.

Palabras claves. Imágenes Satelitales, Cambio Climático, Retroceso Glaciar, Reserva Hídrica.

ABSTRACT

This thesis was developed in 2018, whose scope is the province of Abancay; the theories that cover this investigation are based on the variations of climatological parameters and the behavior of the glacier coverage in front of these events. The objective of this research is to determine the influence of climate change on the glacial retreat of the sub-basin of the Sahuanay River, for which the scientific method, type of applied research of descriptive level and non-experimental design, applied to a population and sample was used. Which corresponds to the total area of the glacier under study; likewise, to carry out the process, the research instrument data collection card was used.

It is concluded that the parameters of temperature, precipitation and relative humidity have a significant influence on the behavior of the Ampay glacier; which presents 0.48 km² of loss of glacial mass during the last 10 years with a tendency to recover in some periods; the highest percentage of glacial loss occurs in seasons of ablation where temperatures are higher, with low rainfall and low percentage of relative humidity.

Keywords. Satellite Images, Climate Change, Glacial Retreat, Water Reserve.

I. INTRODUCCIÓN

La presente tesis denominada “impacto del cambio climático en el retroceso glaciar de la subcuenca del río Sahuanay, provincia de Abancay en el 2017” nace frente a la necesidad de conocer y entender la dinámica de este glaciar frente a variaciones climáticas y la influencia que producen en el retroceso glaciar. El glaciar Ampay es una de las reservas hídricas más importantes de este sector el cual actualmente atraviesa uno de los problemas más intensos por el cambio climático, lo que ha provocado la pérdida de más del 50 % de su superficie glaciar poniendo en peligro la disponibilidad hídrica del futuro; esta investigación tiene como objetivo determinar la influencia del cambio climático en el retroceso glaciar, basándonos en una hipótesis de influencia significativa que genera los parámetros climáticos en el retroceso glaciar y el comportamiento del glaciar frente a estas variaciones.

Para llevar a cabo el estudio y comprender este proceso, se establecen capítulos que son desglosados de la siguiente manera:

Capítulo I: Éste presenta la realidad problemática que atraviesa el glaciar Ampay, también referencia estudios anteriores o antecedentes que proyectan y respaldan la investigación, de la misma manera las teorías utilizadas en el estudio; así mismo presenta los objetivos e hipótesis que se pretenden alcanzar.

Capítulo II: Se desarrolla la parte metodológica, la cual incluye el método, nivel, tipo y diseño de la investigación, también desglosa la composición de la matriz de operacionalización; así mismo la población y muestra en estudio y la evaluación de expertos a los instrumentos de investigación.

Capítulo III: Se desarrolla el análisis y los todos los estudios y cálculos correspondientes, así mismo se presenta los resultados obtenidos.

Capítulo IV: Se realiza el análisis de las discusiones y evaluación de parámetros de estudios anteriores.

Capítulo V: Establece las conclusiones con respecto a los objetivos e hipótesis planteados inicialmente.

Capítulo VI: Presenta recomendaciones y sugerencias que surgen de la investigación

Capítulo VII: Presenta un listado de todos los materiales bibliográficos utilizados en la investigación.

1.1. Realidad problemática

La tierra, nuestro hogar; hoy enfrenta uno de los problemas más intensos por el incremento de temperatura global, lo cual ha provocado la extinción acelerada de muchos glaciares poniendo en peligro el acceso futuro al recurso hídrico, la mayoría de los glaciares en todo el mundo ya se encuentran con fecha de expiración y muchas desaparecieron por completo.

Según (Arroyo & Gurmendi, 2011, pág. 142) El Perú posee más del 70% de los glaciares tropicales del mundo, por esta razón nuestro país es el principal afectado con el cambio climático, pues los 0.75°C adicionales en los últimos cien años han provocado a la fecha la desaparición de una de nuestras cordilleras; el Barroso fue la primera víctima del cambio climático; de él solo se sabe que se encontraba en la sierra de Tacna y que en 1970 ya no contaba con hielo en sus picos; pues en un momento el Perú contó con 20 cadenas montañosas a lo largo de todo su territorio y según pronósticos en las próximas décadas cinco más se extinguirán.

El glaciar Ampay no es ajeno a este problema; esta reserva hídrica forma parte de la cordillera de Vilcabamba y el proveedor principal de recurso hídrico a la ciudad de Abancay. Según estimaciones del (Inaigem, 2016, pág. 4) “El glaciar Ampay en desde el inventario de 1970 al 2016, en un periodo de 46 años ha perdido más del 50% de su superficie glaciar”; esto conlleva a estimar que, en un periodo de tiempo muy corto este glaciar podría extinguirse y que desde hace cinco años los problemas por escasez de agua en la subcuenca Sahuanay se han acrecentado, por lo cual es previsible que en los próximos años se agudizará pues en las poblaciones aledañas y la ciudad de Abancay, se observa un panorama bastante crítico con racionalización de agua para el consumo durante el día y la sectorización de este recurso para la siembra.

En ese ámbito nace la interrogante de ***¿cuál es el impacto que produce el cambio climático en el retroceso del glaciar Ampay?*** Por ende la realización de nuevas investigaciones sobre los glaciares tiene mayor importancia, así mismo conocer su

dinámica y evaluar el recurso hídrico no solo como tal, sino que también como un elemento que está en proceso de extinguirse y sobre todo por el importante valor que tienen como un indicador del clima lo que permite realizar un análisis y evaluar el cambio climático. Hoy en día ya se prevé la pronta desaparición de varios glaciares alrededor del mundo y otros que ya tienen fecha de desaparición lo cual nos indica la urgencia de evaluar los impactos de una rápida transformación sobre el recurso hídrico ya que el retroceso glaciar trae como consecuencia efectos diversos ya sea desde la calidad y cantidad del agua disponible, los efectos que tienen en la salud humana, agricultura, hidroenergía, reducción de la infraestructura y sobre todo la pérdida de valiosos ecosistemas y vida natural, los cuales al final se traducen en la disminución del movimiento económico lo cual tiene una repercusión directa en el desarrollo y la calidad de vida de la población; por ende más allá del importante valor que tienen los glaciares como reservorios en un futuro, es necesario conocer la cantidad de escurrimiento que se descarga de los glaciares y de qué manera estos pueden afectarnos en un futuro colocándose en un escenario de cambio climático inminente.



Figura 1: Vista lateral del glaciar Ampay

Fuente: (INAIGEM, 2016 pág. 20)



Figura 2: Presencia de poca cobertura glaciar en el Ampay

Fuente: (INAIGEM, 2016 pág. 14)

1.2. Trabajos previos

Los trabajos que se han seleccionado están relacionados con los temas del presente estudio, además, facilitarán otros procesos, herramientas y para una mejor orientación de la investigación.

A continuación, se citan los siguientes estudios realizados con anterioridad que contribuyen en el desarrollo de la presente investigación, así se tiene a:

1.2.1. Nacionales

(Carranza, y otros, 2017) Tesis para optar el grado de Magister en Recursos Hídricos en la universidad Nacional Agraria La Molina; cuyo **título** es “Estimación de la superficie glaciar, volumen y caudal de aporte del nevado 1375699-17, ocurrida en los últimos 28 años (1988-2016), Lima-Oyón, Perú”. Planteó como **objetivo** conocer la variabilidad histórica del retroceso glaciar del nevado 1375699-11, durante el período 1988 - 2016, utilizando imágenes LANDSAT5 y LANDSAT8, en cada 4 años aproximadamente, aplicando para el procesamiento de delimitación del glaciar el método de NDSI.

La **metodología** utilizada en esta investigación se basa en la estimación de áreas que ha sido realizado mediante el método de teledetección basado en el procesamiento e interpretación de las imágenes adquiridas desde los sensores TM del satélite LANDSAT5 y LANDSAT8. Para el cálculo de las áreas se utilizó el Índice de Diferencia Normalizada de la Nieve (NDSI), el cual permite eliminar agua pro glaciario que inicialmente se considera como glaciario. Esta técnica multifractal permite definir un NDSI, en función del algoritmo aplicable para las bandas 2 y 5 para las imágenes registradas del satélite LANDSAT5 (1988,1994,1998, 2007 y 2011) y para las bandas 3 y 6 en la imagen registrada del satélite LANDSAT8 (2016).

Los **resultados** obtenidos nos muestran una reducción del área del glaciario de 43% desde 1988 hasta 2017, a un ritmo de retroceso promedio de 0.06km²/año. Asimismo, en aplicación del modelo de aproximación empírica basado en el área glaciario, se tiene una disminución progresiva del volumen del glaciario hasta en un 47%. El caudal en promedio que se descarga del nevado estudiado es de 2,45 Lt/s.

La **conclusión** de este estudio muestra que en todos los registros de análisis se observó, que las imágenes satelitales, presentan una disminución de su área, siendo la pérdida parcial menor en los últimos años, debido a que existe en cada periodo menor área que derretir.

(Castillo, 2017) Tesis para optar el grado de Ingeniero Ambiental en la Universidad Cesar Vallejo; cuyo **título** es “*factores ambientales de temperatura y precipitación que inciden en la dinámica de la montaña glaciario Pastoruri*”, planteo como **objetivo** determinar la relación que existe entre los factores ambientales de temperatura y precipitación con la dinámica de la montaña glaciario Pastoruri, Ancash – 2017; la **metodología** utilizada se basa en técnicas de teledetección con el uso de imágenes satelitales Landsat 5 TM para para determinar el nivel de evolución glaciario en el área de estudio, Así mismo se utilizó el método de delineación del área glaciario con el SIG, esta técnica se fundamenta en la diferencia de bandas espectrales de emisión por superficie, siendo el caso de estudio denotado por hielo, nieve, en diferentes longitudes de ondas, mediante la división de bandas y delimitación del glaciario mediante imagen multi-espectral.

Los **resultados** obtenidos muestra la asociación que existe entre la temperatura, la precipitación y el área glaciar de la montaña Pastoruri, para el periodo 1997 al 2016, sin embargo es débilmente positiva en términos estadísticos, al ser tomado datos anuales cada 5 años, en donde se somete a evaluación la temperatura y precipitación como variable independiente, así mismo el área como variable dependiente, el resultado obtenido, es una asociación inversamente proporcional, en donde los valores de temperatura oscilan entre 8.80 a 10.80°C, y el área glaciar del nevado Pastoruri, presenta una pérdida de alrededor de 51.730 ha, en el periodo 1997 -2016. En tanto la precipitación pluvial promedio anual oscilan entre 0 mm como dato mínimo, y 38.8 mm como registro máximo, en el periodo evaluado, de tal manera que el área va en descenso, mientras que la precipitación va ligeramente en aumento, cuyos valores promedios anuales oscilan entre 1.71 mm a 3.6 mm, siendo el primero, registro para el año 2016, y el ultimo para el año 2009.

La conclusión de esta investigación muestra que si existe asociación entre los factores ambientales del cambio climático y la dinámica de la montaña glaciar Pastoruri, habiéndose tomado para el caso de estudio la temperatura y precipitación, como variables independientes, y el área así como la longitud desplazada respecto al glaciar como variables dependientes,

(Yap, 2015) Tesis para optar el grado de Licenciatura en Geografía y Medio Ambiente en la universidad Católica del Perú; cuyo **título** es "*análisis Multitemporal de glaciares y lagunas glaciares en la cordillera blanca e identificación de potenciales amenazas glafs*" planteó como **objetivo** la identificación de los cambios que se producen en los glaciares y lagunas que se forman debajo de ellas los cuales podrían ser una potencial amenaza de cualquier evento glafs hacia las localidades cuya ubicación este aguas debajo de su cauce, esta investigación se realiza para los años 2004, 2009 y 2014; la **metodología** utilizada en esta investigación es semi-automatizada para detección y análisis de lagunas glaciares, a causa que esta problemática se halla en un área muy amplia de aproximadamente 800 km² y que el análisis realizado a las lagunas es en tres periodos diferentes, Multitemporal, se definió la necesidad de utilizar herramientas gis y técnicas de teledetección, todo ello con la finalidad de aplicar métodos automatizados los cuales permiten

identificar lagunas con gran exactitud y el cálculo de parámetros espaciales con mayor rapidez y precisión.

Los **resultados** obtenidos muestran que la utilización de un modelo semi-automatizado para detectar superficies glaciares resultó muy útil y satisfactorio ya que se logró identificar con gran precisión y la revisión de los datos se obtuvo en un tiempo bastante corto, sin embargo la detección de lagunas glaciares mediante este modelo tuvo un largo tiempo de estudios sobre todo en el establecimiento de umbrales para disminuir los errores que se ocasionan por sobras, nubosidad y la poca profundidad de las mismas lagunas.

La **conclusión** de este estudio muestra la creciente tendencia en el incremento de tamaño y cantidad de lagunas glaciares en la cordillera blanca, esto ocasionado por el acelerado derretimiento de glaciares, los cuales se agravan por el incremento del clima a nivel global; durante los años de análisis comprendido entre 2004 a 2014 la superficie glaciares mostro una reducción de 515,4 km² el cual significa una pérdida del 6%, ello comprueba que a nivel global existe la tendencia de reducción y extinción de glaciares.

(Tarazona, 2012) tesis **titulado** *“Aplicación de la Teledetección como una herramienta para el análisis Multitemporal del retroceso glaciar en el Nevado Pastoruri debido al Cambio Climático”* Teniendo como **objetivo** determinar la pérdida glaciar entre los periodos comprendidos 1988- 1999, 1999-2011. Así como también una predicción para el año 2050 del área glaciar perdida.

Para su estudio y análisis, se aplicó la **metodología** de la Teledetección o sensores remotos que nos permite obtener información indirecta mediante el empleo de imágenes satelitales, obteniendo el área de deshielo del nevado, así como la longitud de retroceso. Se usó imágenes de satélite de los años 1988, 1999 y 2011, esto permitió analizar el comportamiento de la regresión glaciar en un periodo de 23 años y poder predecir el comportamiento del retroceso glaciar para el año 2050. Así se puede apreciar en los **resultados** obtenidos que con el transcurrir de los años, la cubierta glaciar ha ido disminuyendo drásticamente, dándonos una idea que si el proceso continuo, dentro de unos 60 o 70 años no quedará más que un

lecho rocoso, perdiéndose mucho recurso hídrico y las posibles consecuencias para el Perú.

Finalmente se **concluyó** que las imágenes que se obtiene por medio de la teledetección es una herramienta importante para realizar cálculos de retroceso glaciar, ya que nos permiten obtener resultados confiables y en muy poco tiempo así mismo se determinó que el retroceso glaciar se produce como consecuencia del calentamiento global que genera en consecuencia el cambio climático global en las escalas temporales y espaciales.

1.2.2. Internacionales

(Buglio, 2017) Tesis para optar el grado de Geólogo, **titulado** “*Reanálisis de las series de mediciones del balance de masa del glaciar Echaurren Norte, región Metropolitana, Chile*”; Cuyo **objetivo** fue hacer un reanálisis de las series de mediciones sobre el balance de masa de este glaciar en el periodo de 1975 a 2016.

En esta investigación se aplicaron dos **metodologías**: el método glaciológico basado en mediciones de ablación y acumulación, realizados sobre el terreno en puntos estratégicos e individuales; este proceso se realizó mediante la colocación de estacas y excavaciones de pozos puntuales; así mismo el método geodésico determina un cambio en el volumen de masa glaciar utilizando un mapeo de resta de elevaciones y densidad durante dos periodos determinados, estos estudios se pueden realizar mediante métodos a través de teodolitos, GPS, fotogrametría y otros estudios por escaneo satelital. Esta investigación obtuvo como **resultado** que existe una diferencia de las series a causa de las extrapolaciones de ablación y acumulación analizadas durante un año hidrológico.

La **conclusión** obtenida es que las variaciones principales de las series que se reportaron y las series que se obtuvieron durante el estudio de reanálisis son producto de sobreestimaciones de la ablación durante un año hidrológico entre 1999 a 2000, el cual para compensar dicha situación se realizó una sobreestimación de la acumulación durante las siguientes temporadas.

Según (Maturana, 2015) En su tesis **titulada** “*Análisis del retroceso glaciar y su influencia en la disponibilidad de recurso hídricos en la cuenca del río Olivares, provincia Cordillera, Chile*” para optar el grado de Ingeniero Civil en la Universidad

de Chile. Planteó como **objetivo** general la estimación de la variación del recurso hídrico en esta cuenca ocasionada por el retroceso glaciar y los posibles impactos que se generan en la hidrología de este sector.

La **metodología** aplicada en este caso se basó en el estudio de las variables que tienen incidencia en la deglaciación y la estimación de sus variaciones a través del tiempo; además de ello se realizó un análisis de las características y comportamiento de estos glaciares para determinar parámetros de descarga tanto del glaciar y también de la cuenca, el cual permite la generación de los modelos de escurrimientos para periodos de un año y para periodos de deshielo que corresponden a meses entre octubre y marzo con ausencia total de precipitaciones; después de realizados todos los anteriores análisis se realiza una proyección para el periodo de 2040 a 2070 para lo cual se consideró un escenario extremo de cambio climático, como **resultado** de esta investigación se determinó la influencia de los glaciares en la variación hídrica del río Olivares.

Finalmente se **concluyó** que la producción de los glaciares depende de la situación meteorológica e hidrológica que atraviesa el sector en estudio, el cual nos muestra que durante un año normal la producción de un glaciar es menor al de un año con escasas precipitaciones; del mismo modo la productividad también depende del tiempo de estudio si se realiza durante un año o solo para un periodo determinado de deshielo, este periodo está determinado por la cantidad de deshielo glaciar y derretimiento. Por lo tanto concretizando se afirma que realizando un análisis anual para periodos de 25 años se obtiene 9% más del escurrimiento glaciar y 15% con respecto a periodos de deshielo.

(Castillo, 2015) Tesis de maestría **titulada** “*Caracterización de la hidrología glaciar de la cuenca del río Maipo mediante la implementación de un modelo glacio-hidrológico semi-distribuido físicamente basado*”; cuyo **objetivo** planteado fue desarrollar herramientas de modelación glacio-hidrológica para una cuenca, el cual sea aplicado tanto en glaciares descubiertos como en semi-áridas.

La **metodología** aplicada se basó en el desarrollo de una modelación sobre una plataforma WEAP, el cual cubre toda la zona de montaña de la cuenca Maipo; este estudio se realizó para un periodo de 30 años analizados diariamente, el cual

permitió obtener una caracterización de hidrología glaciar en su totalidad de la cuenca Maipo. La obtención de **resultados** muestra que esta cuenca ha experimentado el deshielo igual a 25.2 % en los últimos 30 años, así mismo se afirma que los glaciares descubiertos tienen una pérdida de masa a mayor velocidad que un glaciar cubierto.

La **conclusión** que se obtuvo es que el rol hidrológico de un glaciar tiene una variación fuerte frente a cambios climáticos distintos, en algunos casos aportando hasta 81% de todo el caudal durante el verano de un año seco, en un año normal 44% y en año húmedo 21%. Esta contribución se incrementa de manera significativa según aumente la masa glaciar de las subcuencas, el cual puede variar durante los años secos, del mismo modo se concluye que las cuencas con glaciares relativamente pequeños presentan retrocesos más severos.

1.3. Teorías relacionadas al tema

1.3.1. Cambio climático

Según (CONVENCION MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMATICO, 1992 pág. 6) Por “cambio climático se entiende un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables”.

Por ende se puede decir que este fenómeno de cambio climático consiste en todo un proceso de modificación del clima en aspectos diversos; pudiendo ser de cálido a frío, de húmedo a seco o viceversa; estos cambios de temperatura se desarrollan en toda la tierra, desde una escala regional hasta una escala global, del mismo modo estos cambios se producen en escalas diversas de tiempo y varios parámetros climáticos como temperatura, precipitación, nubosidad y otros.

1.3.1.1. Temperatura

Según (Cortéz, y otros, 2011 pág. 30) se define temperatura “como el grado de energía térmica medida en una escala definida. La temperatura de un cuerpo es su intensidad de calor o sea la cantidad de energía que puede ser transferida a otro cuerpo”.

Así mismo (Cortéz, y otros, 2011 pág. 30) mencionan 5 escalas de medición:

a. Escala en grados centígrados o Celsius

El cual divide el intervalo de temperatura de ebullición del agua en 100 partes o grados, considerando que el punto de fusión es 0°C y el punto de ebullición es a 100°C .

b. Escala en grados Fahrenheit

Esta escala divide los intervalos de temperatura entre el punto de fusión de hielo y el punto de ebullición del agua en 180 grados; dándole valores de 32°F para el punto de congelación y 212°F para el punto de ebullición.

c. Escala Kelvin

Esta escala es una escala absoluta, su cero es el cero absoluto o sea que es una temperatura teórica en la cual no existe movimiento molecular es decir calor cero; esta determina el punto de fusión del hielo a 273.1°K y el punto de ebullición del agua a 373.1°K .

d. Escala Ranking

Esta también es una escala absoluta, pero que considera las divisiones de la escala Fahrenheit; esta escala determina que 0°F corresponde a 459.6°R .

e. Escala Reaumur

Esta escala inicialmente se usaba con vino diluido como liquido termométrico para definir el punto de congelación del agua como 1000 y el punto de ebullición del agua como 1080; este concepto fue cambiando de manera que el intervalo se definió que entre el punto de congelación y ebullición es de 80 grados. Actualmente esta escala es muy poco usada con excepción de las industrias de bebidas y licores; se denota $^{\circ}\text{Re}$.

1.3.1.2. Precipitación

Según (Villón, 2004 pág. 69) “la precipitación es toda forma de humedad que originándose en las nubes, llega hasta la superficie del suelo; de acuerdo a esta definición la precipitación puede ser en forma de lluvias, granizadas, garuas, nevadas”.

Desde el punto de vista de la ingeniería hidrológica, la precipitación se considera como la fuente primaria del agua encontrada en la superficie terrestre; sus mediciones y análisis son el inicio y punto de partida fundamental para determinar el uso y control del agua en cualquiera de sus estados.

a. Ciclo de la Nieve

(Tarbuck, y otros, 2005 pág. 510) Definen a la nieve como “una materia prima desde la cual se da origen al hielo glaciar, es por ende que la formación de los glaciares se da en áreas donde la nieve acumulada en invierno es mayor a la nieve derretida durante el verano”.

Tiempo antes de la creación de un glaciar, debe existir la conversión de la nieve en hielo glaciar, el cual se da cuando las temperaturas permanecen por debajo del punto de congelación durante un determinado tiempo después de la caída de la nieve, entonces empieza la transformación de los cristales hexagonales de nieve a medida que el aire frío se filtra por los poros entre los cristales y que los bordes de los cristales comienzan a diluirse y evaporarse condensándose en su centro, es así como los copos de nieve se hacen más pequeños, gruesos y también toman una forma esférica; así mismo los poros entre los cristales desaparecen expulsando el aire en su interior. La nieve pierde su forma inicial esponjosa para adquirir una forma más densa recristalizada a la cual se denomina neviza, durante el transcurso de acumulación de nieve sobre la superficie del glaciar aumenta la presión sobre las capas inferiores el cual compacta los granos de hielo inferior, entonces se crea el suficiente peso para fusionar la neviza finalizando así la formación del hielo glaciar.



Figura 3: Formación del hielo Glaciar

Fuente: (Tarbuck, y otros, 2005 pág. 510)

1.3.1.3. Humedad Relativa

Según (Inzunza, 2011 pág. 123) “La humedad es el término usado para describir la cantidad de vapor de agua en el aire”. Así mismo se utilizan diversos parámetros para expresar de manera cuantitativa la cantidad de humedad en la atmosfera; cabe mencionar que antes de aplicar estos parámetros se debe conocer las definición de saturación el cual determina que el aire a una temperatura dada contiene una cantidad determinada de vapor de agua, con un máximo limite el cual depende de la temperatura; cuando se alcanza ese límite se puede afirmar que el aire está saturado de humedad completamente, si excede este límite, el excedente de vapor se condensa para convertirse en nubes o niebla.

Así mismo (Inzunza, 2011 pág. 124) determina varios parámetros de humedad, las cuales se definen a continuación.

a. Humedad absoluta (U)

Se entiende como la cantidad de masa de vapor de agua que está contenida en una unidad de volumen de aire, el cual se mide en gr/m^3 ; por ende la humedad absoluta es la densidad del vapor de agua que existe en el aire.

Los valores máximos que puede alcanzar la humedad absoluta son del orden de 40 gr/m³.

b. Humedad relativa (HR)

Esta humedad es la proporción de vapor de agua real que está en el aire, el cual se define a comparando con la cantidad de vapor de agua que se necesita para la saturación a una temperatura determinada; la humedad relativa indica que tan cerca está el aire de la saturación, ósea la cantidad real de vapor de agua en el aire; este se mide en porcentajes de 0 a 100, donde el 0 significa aire seco y 100% aire saturado de humedad.

c. Humedad específica (q)

Esta se define como la cantidad de gramos de vapor de agua que está contenida en un kilogramo de aire húmedo, en otras expresiones es una mezcla de aire seco y vapor de agua; esta humedad se mide en gr/kg donde los valores máximos son del orden de 40 gr/kg.

1.3.2. Retroceso glaciar

a. Glaciar: según (IPCC, 2014) citado en (INAIGEM, 2017 pág. 23) Define al glaciar como “masa de hielo terrestre que fluye pendiente abajo (por deformación de su estructura interna y por el deslizamiento en su base), encerrado por los elementos topográficos que lo rodean, como las laderas de un valle o las cumbres adyacentes”.

b. Partes de un glaciar

- **Zona de acumulación:** se define como aquella zona con cantidad de nieve y hielo acumulada durante un año hidrológico, ésta también proporciona información acerca de la cantidad de precipitaciones solidas recogidas por el glaciar durante un año hidrológico (Francou, y otros, 2004 pág. 83)
- **Zona de ablación:** es aquella zona del glaciar donde predominan los procesos de fusión (perdida de hielo en forma líquida) evaporización, sublimación y desprendimiento de masas de hielo. (Francou, y otros, 2004 pág. 83)
- **Altitud de la línea de equilibrio (ELA):** es la línea teórica que separa la zona de acumulación y ablación, en la primera predominan procesos de ganancia que propician la conservación de nieve y su transformación en

hielo, en la segunda zona prevalecen la fusión y la sublimación que favorecen la pérdida de masa glaciar (Francou, y otros, 2004 pág. 86)



Figura 4: Componentes de un glaciar

Fuente: (INAIGEM, 2017)

c. Tipos de glaciar

Tabla 1: Tipología de glaciares

Parámetro de clasificación	Tipo	Descripción
Morfología	Valle	Son glaciares que siguen la trayectoria de un valle preexistente, la lengua glaciar es alargada.
	Montaña	Masa de hielo adheridas a las paredes rocosas, cuyo frente glaciar se encuentra alejada de los valles, distribuida generalmente en pendientes pronunciadas
	Glaciaretos	Pequeñas masas de hielo cuyas zonas de acumulación y ablación no son claramente detectables, este tipo de glaciar generalmente se presenta en glaciares fragmentados.
	Capa de Hielo	Masa glaciar en forma de domo, cuyo flujo es en forma radial
Temperatura	Templados	La temperatura de hielo es de 0°C existe agua entre la masa de hielo y una probabilidad más alta de deformación, estos glaciares se desplazan sobre flujos de agua líquida en la base.
	Fríos	Glaciares por debajo del punto de fusión, sin agua basal y poco aporte superficial
Dinámica	Activos	Glaciares con movimiento rápido y evacuación de detritos
	Pasivos	Glaciares que fluyen lentamente, lo cual dificulta la evacuación de rocas y la conformación de morrenas. Asociados a masas de hielo en retroceso.
	Estáticos	Glaciares que no tienen alimentación y presentan lenta fusión de hielo. Pueden considerarse como relictos sin movimiento
Contenido de Impurezas	Limpio	Glaciares blancos con cobertura superficial característica de nieve y hielo
	Cubierto	Glaciares cubiertos parcial o total por restos adyacentes (detritos y/o fragmentos de rocas) erosionados en su área terminal.
	De Roca	Denominados también glaciares rocosos, presentan una acumulación lenta de restos rocosos (angulares) generalmente con un patrón de cresta/surco distintivo y pendientes empinadas y laterales, cuya longitud es generalmente mayor que su ancho (en forma de lengua) existente en un valle de montaña
Localización	Polares	Ubicados en latitudes altas o zonas polares
	Ecuatoriales/ Tropicales	Ubicados cerca de la línea ecuatorial
	Intertropicales Internos	Ubicados entre los trópicos y cercanos a la línea ecuatorial (Colombia y Ecuador)
	Intertropicales Externos	Ubicados entre los trópicos y alejados de la línea ecuatorial (Perú y Bolivia)

Fuente: (INAIGEM, 2017 pág. 25)

1.3.2.1. Superficie glaciar

(Geoestudio, 2008 pág. 39), según investigaciones y pruebas realizadas por esta organización la superficie glaciar puede ser calculado mediante una técnica indirecta llamada fotogrametría, la cual es la técnica o ciencia de obtener información cuantitativa mediante mediciones en pares de fotografías que cubren un mismo terreno pero tomadas desde puntos algo distantes entre sí. Si bien esto puede hacerse con cualquier par de fotografías, el sistema se ha desarrollado enormemente para el empleo de fotografías obtenidas desde aeronaves; estas fotografías, obtenidas con condiciones geométricas apropiadas (entre otros, conocimiento de la distancia focal de la cámara fotográfica, de la cota de vuelo, y de la horizontalidad del plano de vuelo en que va montado el sistema), y con algunos puntos de control en el terreno (de coordenadas y cotas conocidas), pueden ser procesadas empleando programas computacionales dedicados, para obtener coordenadas y cotas de cualquier punto en el terreno. Así, y en resumen, la aerofotogrametría utiliza pares de fotografías aéreas con los cuales crear imágenes en 3D, el cual permite generar mapas topográficos a partir de fotografías aéreas.

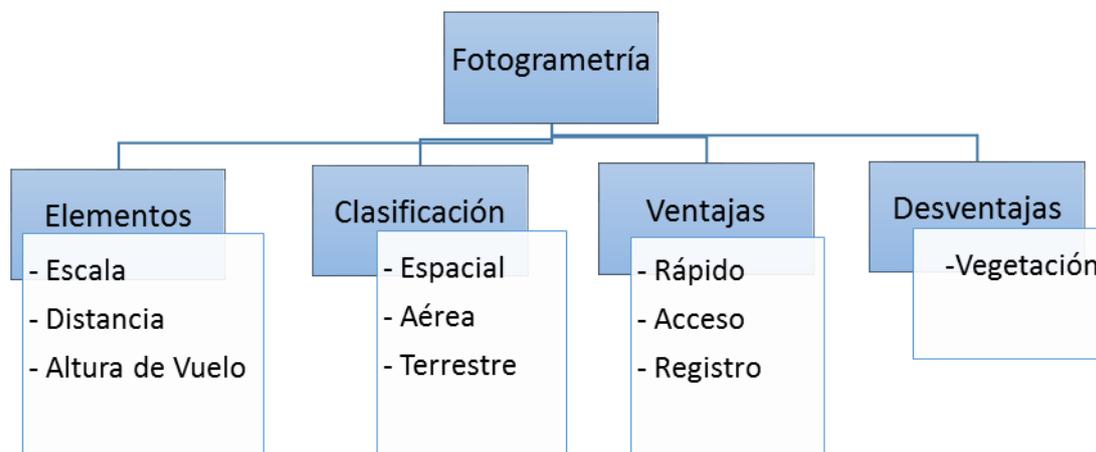


Figura 5: Esquema de fotogrametría

La obtención de cobertura glaciar se basa en procesamiento de imágenes satelitales a través de la teledetección.

Para el estudio de glaciares se deben usar programas que trabajan con los sistemas de información geográfica (SIG) así mismo para la lectura de las imágenes satelitales y modelos digitales de elevación se utilizan programas de teledetección.

Tabla 2: Principales programas informáticos para estudio de glaciares.

Línea	Procesos	Programas informáticos (Software)
SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	<ul style="list-style-type: none"> • Sistematización de cartas topográficas. • Delimitación del ámbito de estudio. • Obtención de cobertura glaciár- Normalized Difference Snow Index (NDSI). • Determinación de parámetros y caracterización de los glaciares. • Base de datos del inventario de glaciares. • Elaboración de mapas temáticos. 	ARCGIS
TELEDETECCIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Procesamiento de imágenes de satélite. • Adecuación y generación de Modelos Digital de Elevación (MDE) y derivados. • Análisis multitemporal. 	ENVI ERDAS IMAGINE

Fuente: (INAIGEM, 2017 pág. 29)

PRINCIPALES SATÉLITES

La teoría obtenida está presente en el portal de información satelital disponible que corresponde a la descarga del servidor GLOVIS (<http://glovis.usgs.gov>) del USGS (Servicio Geológico de los Estados Unidos).

a. IMÁGENES LANDSAT-5

Según (Bravo, 2017 pág. 19) Este satélite fue lanzado el 1 de marzo de 1984 por la NASA, se compone de dos sensores MSS y TM, del cual el más operativo es el TM (Thermatic Mapper) que incorpora data en el rango infrarrojo; este sensor está provisto de siete bandas espectrales que incluye también la banda térmica (banda 6). Este satélite actualmente ya no se encuentra en órbita, su última transmisión fue el 6 de enero del 2013, por la que en el presente estudio se utilizó también imágenes Landsat-8 para los periodos posteriores.

Tabla 3: Características de imágenes procesadas del satélite LANDSAT-5

Banda	Ancho (μm)	Resolución (m)
Banda 1 azul	0.45 - 0.52	30
Banda 2 verde	0.52 - 0.60	30
Banda 3 roja	0.63 - 0.69	30
Banda 4 Infrarrojo cercano1	0.76 - 0.90	30
Band 5 Infrarrojo cercano2	1.55 - 1.75	30
Banda 7 Infrarrojo medio:	2.08 - 2.35	30
Banda 6 Infrarrojo térmico:	10.4 - 12.5	120

Fuente: (Bravo, 2017 pág. 20)

b. IMÁGENES LANDSAT-8

(Bravo, 2017 pág. 21) Este satélite fue lanzado el 11 de febrero de 2013, su nombre técnico es LDCM (Landsat Data Continuity Mission), Misión de continuidad de información Landsat; este satélite incorpora dos instrumentos de barrido: Operational Land Imager (OLI) y un sensor térmico infrarrojo de nombre Thermal Infrared Sensor (TIRS).

Tabla 4: Características de imágenes procesadas del satélite LANDSAT-8

Banda	Ancho (μm)	Resolución (m)
Band 1 Coastal	0.43 – 0.45	30
Band 2 Blue	0.45 – 0.51	30
Band 3 Green	0.53 – 0.59	30
Band 4 Red	0.64 – 0.67	30
Band 5 Infrarrojo cercano (NIR)	0.85 – 0.88	30
Band 6 Infrarrojo de onda corta 1(SWIR1)	1.57 – 1.65	30
Band 7 Infrarrojo de onda corta 2(SWIR2)	2.11 – 2.29	30
Band 8 Pancromatica	0.50 – 0.68	15
Band 9 Cirrus	1.36 – 1.38	30
Band 10 TIRS1	10.6 – 11.19	100
Band 11 TIRS2	11.5 – 12.51	100

Fuente: (Bravo, 2017 pág. 21)

c. IMÁGENES ASTER L1T

(Bravo, 2017 pág. 49) Este sensor es transportado por el satélite TERRA de la NASA, éste es un sensor de imágenes ópticas de alta resolución geométrica y

radiométrica; el satélite TERRA fue puesto en órbita el 18 de diciembre de 1999. El sensor ASTER posee un ancho de barrido (swath) de hasta 60 kilómetros, además cuenta con dos características muy fundamentales como:

Alta resolución espacial

- Bandas VNIR 15m
- Bandas SWIR 30m - Bandas TIR 90m

Amplio rango espectral

- 3 bandas en VNIR (0.52 – 0.86 μm)
- 6 bandas en SWIR (1.6 – 2.43 μm)
- 5 bandas en TIR (8.125 – 11.65 μm)

Este sistema multiespectral ASTER, está constituido por 14 bandas desde el visible al infrarrojo termal, el cual para cubrir esta amplia región espectral está cubierta por tres telescopios para los subsistemas VNIR, SWIR y TIR, y de un cuarto telescopio en la región del visible-infrarrojo cercano VNIR el cual es utilizado en posición vista atrás para generar una visión estereoscópica.

d. IMÁGENES SENTINEL 2A

Según manifiesta (Bravo, 2017 pág. 27), este satélite europeo SENTINEL 2A forma parte de la familia de misiones de la ESA dentro de su programa espacial Copernicus que se lanzó al espacio en 2015.

Sentinel 2 lleva una cámara multiespectral de alta resolución, basada en las misiones francesas SPOT y en los satélites estadounidenses Landsat, con 13 bandas espectrales que aportan una nueva perspectiva de la superficie terrestre y de la vegetación.

Tabla 5: Características de imágenes procesadas del satélite SENTINEL 2A

Sensor	Intervalos de longitud de onda (μm)	Tamaño de píxel (m)
SENTINEL 2: 10 metros		
Banda 2	490 nm	10
Banda 3	560 nm	10
Banda 4	665 nm	10
Banda 8	842nm	10
SENTINEL 2: 20 metros		
Banda 5	705 nm	20
Banda 6	740 nm	20
Banda 7	783 nm	20
Banda 8	865 nm	20
Banda 11	1610 nm	20
Banda 12	2190 nm	20

Fuente: (Bravo, 2017 pág. 30)

CORRECCIÓN DE IMÁGENES SATELITALES

CORRECCIÓN GEOMÉTRICA: Según el (INAIGEM, 2017 pág. 49) este proceso consiste en “eliminar las distorsiones de la imagen por los efectos de rotación, curvatura de la tierra y la variación de altitud del satélite con respecto al elipsoide de referencia, para lo cual se realiza el orto rectificación usando modelos de elevación digital”.

Todo este proceso de corrección puede ser operado desde una óptica bidimensional utilizando puntos de control en el sistema de coordenadas UTM, los que son ubicados de forma homogéneo en la imagen satelital con el fin de lograr un ajuste con un error medio cuadrático menor a un píxel, tomando en cuenta las características de la imagen y su nivel de precisión.

CORRECCIÓN RADIOMÉTRICA: Como afirma (INAIGEM, 2017 pág. 50) este proceso consiste en la conversión de los valores digitales a valores de radiancia y reflectancia al tope de la atmosfera; este proceso permite la distinción de la

cobertura del terreno al aplicar las características espectrales corregidas de la imagen, así mismo este procedimiento toma en consideración las condiciones al momento de captura de la imagen satelital como la fecha, el ángulo de toma, azimut solar y las fallas propias. Estos datos se obtienen del archivo de cabecera de cada imagen satelital.

$$L_{rad} = \frac{DN}{(GAIN + BIAS)}$$

L_{rad}: Radiancia

DN: Valor digital

GAIN/BIAS: Coeficiente de calibración por banda espectral

$$P_{\lambda} = \frac{\pi * L_{\lambda} + d^2}{ESUN_{\lambda} * \cos \vartheta_s}$$

P_λ: Reflectancia

L_λ: Valores de Radiancia

D: Distancia en unidades astronómicas tierra-sol

ESUN_λ: Irradiancia solar a nivel estratosférico

ϑ_s: Angulo del zenith solar

1.3.2.2. Volumen glaciar

El volumen glaciar es uno de los parámetros que más complicaciones trae estudiarlos, por la topografía de las montañas y la imposibilidad de realizar un mapeo completo, así como las densidades del hielo que son distintas en cada punto de medición, esto conlleva a establecer una serie de ecuaciones que intentan predecir el volumen partiendo del área y espesor de un glaciar. Una de estas ecuaciones es la propuesta por la DGA (GEOESTUDIOS-DGA, 2011) para glaciares de la zona del Aconcagua y río Blanco, Chile; en que el volumen es la multiplicación entre el área y el espesor, siendo el espesor determinado por la ecuación:

$$\text{Espesor} = 0.0465 * \text{área}^{0.51402}$$

Así mismo el (SENAMHI, 2015 pág. 14) establece que el cálculo del volumen glaciar se puede realizar por el método propuesto por Bahr (1997) el cual establece que:

$$V = kA^y$$

k e **y** corresponden a los parámetros de balance neto de masa, los cuales equivale $y=1.375$ (obtenido por Bahr, 1997) y la constante teórica $k = 0.0633$ (Radic, 2006).

Balance de masa

(Pastor, 2013 pág. 59) Define al balance de masa como la cantidad que manifiesta una variación del volumen de hielo glaciar durante un determinado año hidrológico, el cual se puede expresar en columnas de agua que equivalen a la densidad de nieve y hielo, el cual debe ser aplicado a toda la superficie que ocupa el hielo.

Al inicio de un periodo de invierno es donde se inicia también el periodo de acumulación de nieve en la superficie del glaciar, al cual se denomina como estado inicial y que se puede visualizar al realizar un corte transversal. En el transcurso de todo el periodo de invierno se suscitan las precipitaciones nivales, de tal manera que cuando haya terminado este periodo se puede calcular un perfil de acumulación máxima de nieve encima del hielo anterior, es entonces a partir de este periodo que empieza la fusión de nieve acumulada para formar la superficie glaciar y en este periodo las precipitaciones ya se presentan en forma de lluvia; al término de este periodo también finaliza el año hidrológico y da comienzo a un nuevo ciclo, en ese entonces el glaciar ya adopta un perfil final definitivo que es muy distinto al perfil inicial.

El balance de masa de un glaciar es la evaluación de la masa de nieve y hielo ganada en un ciclo anual en la Zona de Acumulación de un glaciar, y su comparación con la masa perdida, también en un ciclo anual, en la Zona de Ablación de un glaciar. En otras palabras, el Balance de Masa (BM) de un glaciar es:

$$BM = \text{Masa ganada Zona Acumulación} - \text{Masa perdida Zona de Ablación.}$$

Un glaciar está en equilibrio cuando BM es igual a 0, ello significa que en el mediano o largo plazo su frente no avanza ni retrocede y que la superficie del glaciar mantiene la cota y también la forma.

1.3.2.3. Caudal glaciar

(Cepeda, 2017 pág. 13) Para estimar el caudal de aporte glaciar se utiliza tanto información registrada en las distintas estaciones pertenecientes a la DGA como ecuaciones empíricas, modelos climatológicos y percepción remota, todos ellos comparados y ajustados a las mediciones. Dentro de las variables relacionadas con los glaciares, se debe obtener la cobertura histórica, la tasa de variación del espesor o balance de masa, la topografía basal, el espesor y la relación que existe entre el área y el volumen del glaciar. Las mediciones directas de dichas variables en los principales glaciares de la zona de estudio son casi inexistentes, por lo que se realizan estimaciones basadas principalmente en percepción remota, información asociada a glaciares cercanos a la zona de estudio y modelos desarrollados a nivel mundial.

Según establece (SENAMHI, 2015 pág. 14) el cálculo de caudal equivalente en agua del hielo perdido se realiza multiplicando la densidad del hielo (0.9 gr/cm^3) por el volumen perdido.

Así mismo el caudal de aporte ($\text{Km}^3/\text{día}$) se determinó dividiendo el volumen perdido y los días transcurridos en la captación de cada imagen satelital.

Estructura cristalina

Según (GEOESTUDIOS LTDA., 2008 págs. 39-40) La estructura cristalina del hielo depende esencialmente de la presión y temperatura de formación, lo cual resulta en diversas formas posibles. Sin embargo, en los mantos de nieve se encuentra casi exclusivamente la estructura ordinaria del hielo, llamada Ih. Las otras formas existen solamente a muy altas presiones o extremadamente bajas temperaturas.

En los cristales de hielo, los átomos de oxígeno se disponen en forma tetraédrica, cada átomo de oxígeno rodeado a su vez por otros cuatro átomos de oxígeno casi igualmente separados ubicados en los vértices del tetraedro. Cada par de átomos de oxígeno se relaciona con enlaces de hidrógeno. Si los tetraedros fueran perfectos, todos los enlaces de hidrógeno serían de igual longitud y todos los ángulos internos serían de $109^\circ 28'$. En realidad las desviaciones de esta figura ideal son menores, de manera que en una primera aproximación los átomos de oxígeno se disponen en juegos de tetraedros perfectamente ensamblados. Esta

disposición tetraédrica de los átomos de oxígeno en el hielo produce la característica simetría hexagonal de los cristales de hielo.

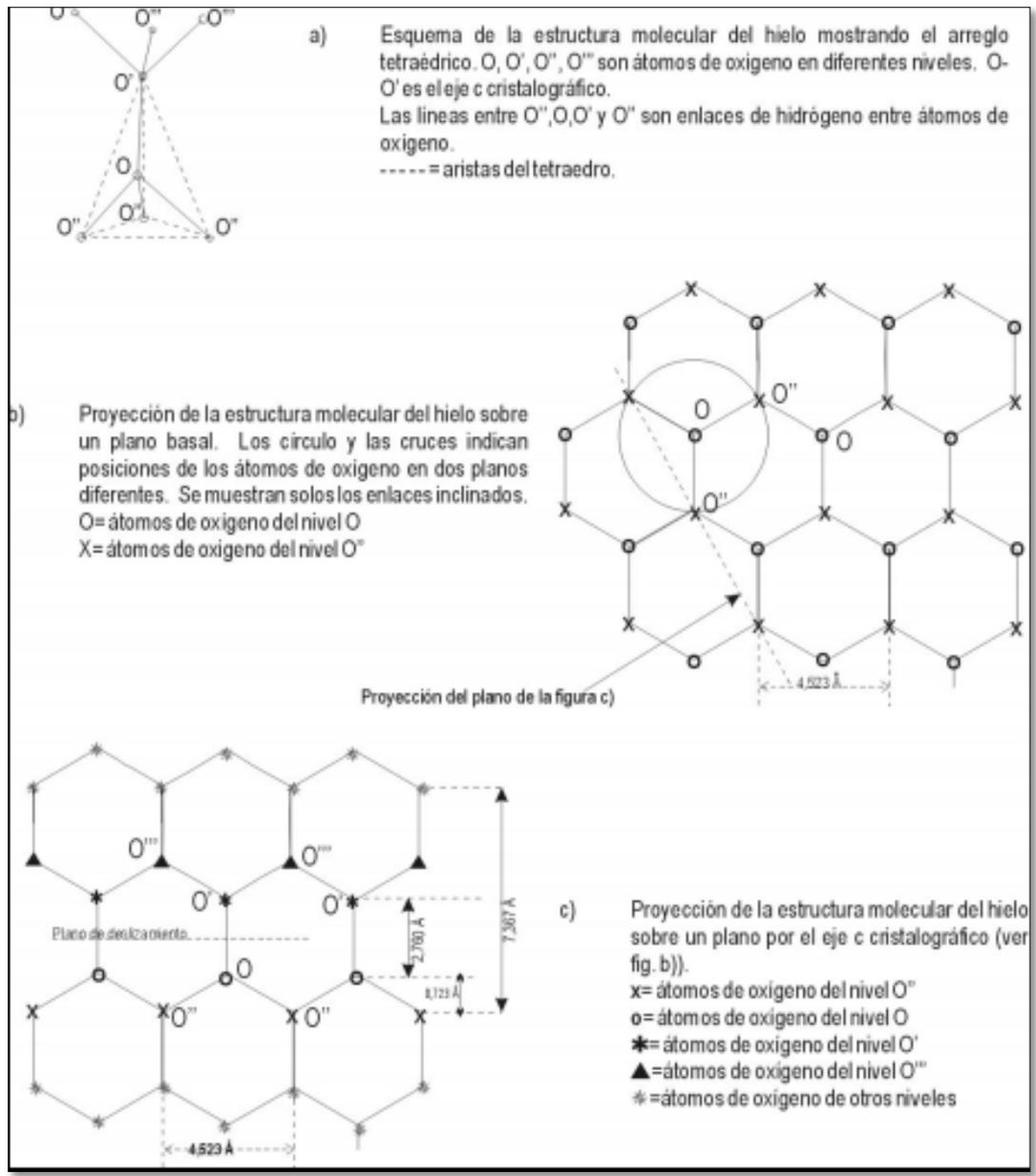


Figura 6: Estructura Cristalina del hielo glaciar

Fuente: (GEOESTUDIOS LTDA., 2008 pág. 40)

1.4. Términos conceptuales

Área de ablación: es el área de un glaciar donde predominan los procesos que propician la pérdida de masa por fusión o sublimación. (INAIGEM, 2017)

Área de acumulación: es el área de un glaciar donde predominan los procesos que favorecen la ganancia de masa, ya sea por precipitación en forma de nieve, redistribución eólica de la cubierta nival o avalanchas, donde las condiciones topográficas son favorables. (INAIGEM, 2016)

Deglaciación: retroceso o disminución de la cobertura de hielo del glaciar de una montaña. (INAIGEM, 2016)

Glaciar: masa de hielo en movimiento formado en las cimas de montañas durante periodos climáticos glaciares. (CONICET, 2014)

Morrenas: Son acumulaciones de detritos que el glaciar tritura en su recorrido pendiente abajo y que los acumula en el frente glaciar y en sus flancos, denominándose morrena frontal, morrena lateral, morrena de fondo o morrena media. (Maturana, 2015)

Movimiento glaciar: desplazamiento por efecto de la carga de nieve anual que tienen en la zona de acumulación, por gravedad de la constitución de su masa como un cuerpo semi plástico y por la pendiente misma del sub suelo, tienen movimiento continuo cuya velocidad es diferente de acuerdo a su posición, potencia glaciar y altura. (Carranza, y otros, 2017)

Cambio climático: cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables. (Convencion marco de las naciones unidas sobre el cambio climatico, 1992 pág. 6)

Cristal de nieve. Cristal individual de hielo, blanco o traslúcido, simple o combinado, de estructura hexagonal y de variadas formas cristalinas. Tamaños típicos son desde fracciones de milímetro hasta pocos milímetros de diámetro. (GEOESTUDIOS LTDA., 2008).

Copo de nieve. Conglomerado entrelazado de cristales de nieve, o de fragmentos de cristales de nieve, que puede llegar a tener varios centímetros de diámetro, en particular cuando la nieve está húmeda. (GEOESTUDIOS LTDA., 2008).

1.5. Formulación del Problema

1.5.1. Problema general

¿Cómo impacta el cambio climático en el retroceso glaciar de la subcuenca del río Sahuanay, provincia de Abancay en el 2017?

1.5.2. Problema específico

¿Cuál es el impacto de la temperatura en el retroceso glaciar de la subcuenca del río Sahuanay, provincia de Abancay en el 2017?

¿De qué manera influye la precipitación en el retroceso glaciar de la subcuenca del río Sahuanay, provincia de Abancay en el 2017?

¿Qué incidencia tiene la humedad relativa en el retroceso glaciar de la subcuenca del río Sahuanay, provincia de Abancay en el 2017?

1.6. Justificación del Problema

1.6.1. Justificación Social

En la actualidad el problema hídrico por el cambio climático ha llegado a niveles catastróficos, el retroceso de los glaciares es la prueba visible más grande que se presenta y tiene una consecuencia muy directa en el agua y que además genera otros efectos en la calidad de vida de la población así como impactos hidrológicos, en la energía, la agricultura e impactos en la economía.

Por ello el presente estudio considera una temática relativamente en los procesos de retroceso glaciar, específicamente en el nevado Ampay, cuantificando el deshielo acelerado que se produce a través de los años causados por el incremento del clima global; así mismo la relación existente en la disminución de la disponibilidad hídrica en toda la sub cuenca del río Sahuanay para de esa manera predecir y garantizar el futuro hídrico de la población de Abancay.

1.6.2. Justificación metodológica

El análisis del retroceso glaciar es el de generar información sobre los glaciares de la zona, sus dinámicas y características para poder comprender y prever su comportamiento para minimizar los riesgos naturales asociados a ellos, conocer

valores de disponibilidad hídrica para las poblaciones que dependen del agua de fusión glaciaria y valorar la rapidez del retroceso asociada al cambio climático.

La elección del glaciar Ampay viene dada por el interés personal en realizar un proyecto de esta naturaleza, directamente relacionado con el mundo de la alta montaña y sus glaciares. Era por tanto la oportunidad de realizar un proyecto sobre un espacio hasta hoy no analizado, lo que le confiere a este proyecto una plusvalía extra; para la realización de este estudio se parte de la teledetección, la única herramienta que nos permite una visión general de la zona de estudio en diferentes tiempos.

1.6.3. Justificación ambiental

El retroceso de los glaciares hoy en día es una de las consecuencias más graves que ha producido el cambio climático, esto está ocurriendo aceleradamente en todas partes del mundo, lo cual genera una amenaza muy grave de posibles inundaciones y desastres naturales

Los glaciares tienen un valor ambiental incalculable, puesto que son ecosistemas muy frágiles que pueden quebrarse casi por nada, y que además ofrecen servicios ambientales muy valiosos como reguladores del clima y proveedores de agua para el desarrollo de todos los procesos naturales en todos los ecosistemas existentes.

Del mismo modo existe una relación estrecha con sus características físico-naturales por la capacidad que poseen de acumulación y reserva del recurso hídrico en estado sólido, además de ello son distribuidores eficaces de agua hacia las cuencas de manera gradual, todo ello se traduce en beneficios posteriores para el desarrollo normal de los ecosistemas naturales y su interacción con la vida humana los cuales son dependientes de estos procesos.

El retroceso de los glaciares es la prueba visible más grande de las consecuencias que producen las actividades humanas en la tierra, es la huella atroz que deja el hombre por su paso por el planeta; por ello los glaciares vienen a ser los laboratorios más eficaces para detectar las variaciones de la temperatura terrestre, como también para predecir potenciales impactos futuros en todo el planeta.

1.6.3. Justificación práctica

El análisis y estudio del comportamiento de los glaciares en Perú no es un tema nuevo, desde hace varios años se están registrando y monitoreando varios glaciares piloto ubicados en la cordillera blanca, pero a pesar de que existen mediciones desde hace muchos años atrás aún queda por estudiar gran parte del territorio nacional en toda su profundidad.

La cordillera de Vilcabamba presenta escasos estudios y obtención de datos y mediciones de la deglaciación son casi nulos, lo cual deja un campo abierto para el desarrollo de estudios nuevos y estimar los posibles escenarios que se presentarían en el futuro.

El área glaciar de esta investigación está ubicado dentro del Santuario Nacional del Ampay que es administrada directamente por el Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (**Sernanp**), el cual es un organismo del estado perteneciente al ministerio del Ambiente y que tiene la función de garantizar la conservación de áreas naturales protegidas en todo el territorio del país, la diversidad biológica y mantenimiento de servicios ambientales; así mismo la Autoridad Nacional del Agua (ANA), aún no posee con estudios previos en este glaciar, por ende se trabajará en coordinación con estas entidades para las cuales esta investigación sirve de base y sustento para programar estudios futuros y conocer la descarga hídrica de los glaciares, originada en sus balances de masa la cual es esencial para entender el balance hídrico en cuencas de montaña con glaciares, así mismo para la planificación y manejabilidad de los recursos hídricos. Puesto que los glaciares actúan como reservorios de agua, descargándola durante períodos secos y almacenándola en períodos de mayor disposición y como reguladores de los caudales en su cuenca.

1.7. Hipótesis

1.7.3. Hipótesis general

El cambio climático produce un impacto significativo en el retroceso glaciar de la subcuenca del río Sahuanay, provincia de Abancay en el 2017

1.7.4. Hipótesis específica

La temperatura impacta significativamente en el retroceso glaciar de la subcuenca del río Sahuanay, provincia de Abancay en el 2017

La precipitación influye significativamente en el retroceso glaciar de la subcuenca del río Sahuanay, provincia de Abancay en el 2017

La humedad relativa incide notoriamente en el retroceso glaciar de la subcuenca del río Sahuanay, provincia de Abancay en el 2017

1.8. Objetivos

1.8.3. Objetivos generales

Determinar el impacto del cambio climático en el retroceso glaciar de la subcuenca del río Sahuanay, provincia de Abancay en el 2017.

1.8.4. Objetivos específicos

Evaluar el impacto de la temperatura en el retroceso glaciar de la subcuenca del río Sahuanay, provincia de Abancay en el 2017.

Calcular la influencia de la precipitación en el retroceso glaciar de la subcuenca del río Sahuanay, provincia de Abancay en el 2017.

Estimar la incidencia de la humedad relativa en el retroceso glaciar de la subcuenca del río Sahuanay, provincia de Abancay en el 2017.

II. METODOLOGÍA

2.1. Método: Científico

(Hernandez Sampieri, y otros, 2014) Definen que: “*La investigación científica se infiere como un conjunto de procesos sistemáticos y empíricos que se adaptan a estudios de fenómenos; es dinámica, cambiante y evolutiva.*”

En este estudio se realiza un conjunto de procedimientos para describir fenómenos y plantear hipótesis así mismo se realiza un análisis siguiendo objetivos establecidos y finalmente se verifica resultados, por ende esta investigación es de tipo **científico**.

2.2. Tipo de investigación: Aplicada

Según (Valderrama, 2015) “*la investigación aplicada también es llamada práctica, empírica, activa o dinámica y busca conocer para hacer, actuar, construir, modificar y aplicar sobre una realidad concreta*”.

Este proyecto de investigación se realiza basándonos en la búsqueda o utilización de los conocimientos que adquirimos en el transcurso de aprendizaje, para obtener estudios y resultados basados de la realidad por ende plantear soluciones reales y factibles que sean aplicables para alternativas futuras de preservación de este glaciar, por ello esta investigación es **aplicada**.

2.3. Nivel de investigación: Explicativa

(Valderrama, 2015 pág. 173) Define que la investigación explicativa “son estudios que van más allá de la descripción de conceptos o fenómenos, están dirigidos a responder por las causas de los eventos o fenómenos”.

El nivel de estudio realizado busca una aproximación hacia el problema y así conocer los fenómenos que se presentan, tanto en sus características y componentes, lo cual permite realizar un contraste de las hipótesis con la realidad, hasta que ello sea comprobada o refutada después de realizado en análisis e interpretación de datos, por ende esta investigación es de carácter **Explicativo** de corte transversal.

2.4. Diseño de investigación: No experimental

De acuerdo con Hernández citado por (Valderrama, 2015 pág. 67) “*la investigación No experimental es la que se realiza sin manipular deliberadamente las variables,*

es decir se trata de investigar sin variar intencionalmente las variables independientes”.

Esta investigación está basada en la observación de fenómenos naturales tal cual se presentan en su contexto natural, para después describirlos y analizarlos; así mismo no se realiza la manipulación de ninguna de las variables, por ende esta investigación es de tipo **no experimental**.

2.5. Variables y definición operacional

2.5.1. Operacionalización de variables

Tabla 6: Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA
Cambio Climatico	(Convencion marco de las naciones unidas sobre el cambio climatico, 1992 pág. 6) Define el cambio climático como el “cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera	Para entender la variable 1, se desglosa en a través de sus componentes como temperatura, precipitación y humedad relativa.	Temperatura	Maximo Minimo Promedio	Ficha de recoleccion de datos	Razon
			Precipitacion	Maximo Minimo Promedio		
			Humedad Relativa	Maximo Minimo Promedio		
Retroceso Glaciar	“Se conoce como retroceso glaciar al ascenso de la línea inferior de las nieves permanentes de alta montaña cada vez a mayor altitud, hasta desaparecer por completo, en muchos casos, como consecuencia del deshielo o fusión glaciar”. (Gil, 2012 pág. 1)	Para la comprensión de la variable 2, se puede calcular a través de sus dimensiones como superficie, volumen y caudal de aporte glaciar.	Superficie glaciar	Maximo Minimo Promedio		
			Volumen de perdida glaciar	Maximo Minimo Promedio		
			Caudal de aporte glaciar	Maximo Minimo Promedio		

Nota: La columna de los indicadores presenta criterios de las dimensiones.

2.6. Población y muestra

2.6.1. Población

(Valderrama, 2015 pág. 182) Define la población como “la totalidad de las medidas de las variables en estudio”; Dicho de otra manera, la población viene ser un conjunto de series que se debe de investigar para poder obtener un resultado efectivo

El tamaño de la población de este proyecto viene a ser el área total del glaciar Ampay.

2.6.2. Muestra

(Valderrama, 2015 pág. 148) Define la muestra como “*un subconjunto representativo que refleja fielmente las características de una población*”

La muestra es la representación de la población total, por ende la muestra considerada en esta investigación es el 100% de la población que es el área total del glaciar en estudio.



Figura 7: Área total del glaciar Ampay

Fuente: Google Earth

2.6.3. Muestreo

(Valderrama, 2015 pág. 188) Define el muestreo como: “El proceso de selección de una parte representativa de la población, la cual permite estimar los parámetros de la población el cual es un valor numérico que caracteriza a la población que es objeto de estudio”.

Así mismo existen dos tipos de muestro, el probabilístico y el no probabilístico, del cual el **No probabilístico o dirigido**, es un subgrupo de la población total en la cual no se considera la probabilidad para la elección de los elementos, sino más bien se consideran las características de la investigación y el criterio del investigador.

Del mismo modo el muestreo no probabilísticos se subdivide en otros, de los cuales el **Muestreo intencional**, la cual se caracteriza por la selección de los elementos de manera intencional y dirigida dependiendo de la conveniencia del investigador y las características que quiera estudiar.

Este proyecto de investigación está basado en el muestreo **no probabilístico** de tipo **intencional**, ya que para la selección de individuos solo se ha considerado el criterio del investigador y seleccionado de manera directa el área aportante hidrológicamente a la sub cuenca del rio Sahuanay.

2.7. Técnicas e instrumento de recolección de datos

2.7.1. Técnicas de recolección de datos

Para la presente investigación se utilizó:

La **observación directa** que consiste en los usos de nuestra percepción y nuestros sentidos para la búsqueda de datos requeridos para la solución de un problema de investigación, con la finalidad de probar las hipótesis planteadas; mediante los instrumentos de medición con los cuales se recolectaran los datos.

Así mismo se utilizaron información de:

- Las fichas bibliográficas se usaron para apuntar todos los datos que se extraen de los libros que se consultaron durante el proceso de investigación.
- Ficha de transcripción textual, se realizó una transcripción del texto al pie de la letra utilizando comillas, toda la información que el investigador considera importante y aquello que tiene aciertos y calidad científica valorada.
- Las fichas de comentarios o de ideas personales, es la más importante de todas las anteriores ya que es una percepción personal del investigador sobre todas las dudas, incertidumbres, refutaciones, comentarios que surgieron en el proceso de investigación.
- Se emplearon tesis que tenían relación directa o indirecta con el objeto de estudio, la cuales forman parte de los antecedentes que ayudan a comprender el problema desde diferentes perspectivas, analizando sus teorías, resultados y conclusiones a las cuales llegaron en dichas investigaciones.

- Las revistas físicas y virtuales, se utilizaron con la finalidad de obtener información actual y novedosa sobre el tema de investigación así poder incrementar el marco teórico.

2.7.2. Instrumentos de recolección de datos

La información se obtuvo a través de la elaboración y aplicación de instrumentos de medición para llevar a cabo el procesamiento y análisis de los resultados de la investigación. Con respecto a la variable 1 cambio climático y variable 2 retroceso glaciar se elaboró una **ficha de recolección de información y datos** en la cual se desglosa cada variable y la medición a través de sus respectivos indicadores.

2.7.3. Análisis de validez de datos

Según (Hernandez Sampieri, y otros, 2014 pág. 201) define la validez de un instrumento de medición como el “valor que nos indica que un instrumento está midiendo lo que se pretende medir así mismo la congruencia entre el instrumento de medida y la propiedad medible”. además se puede inferir que un instrumento de medición es válido cuando mide realmente el indicador, la propiedad o atributo que debe medirse; por otro lado también es el grado de seguridad que debe tener un instrumento que nos permitirá lograr resultados equivalentes o iguales en sucesivos procesos de recolección de datos y mediciones realizadas.

Tabla 7: Rangos y magnitud de Validez

Rangos	Magnitud
0,53 a menos	Validez nula
0,54 a 0,59	Validez baja
0,60 a 0,65	Válida
0,66 a 0,71	Muy Valida
0,72 a 0,99	Excelente Validez
1.0	Validez perfecta

Fuente: Herrera (1998) citado por (Confiable y Validez de instrumentos de investigación, 2013 pág. 13)

Tabla 8: Coeficiente de validez por juicio de expertos

Validez	Experto A	Experto B	Experto C	Promedio
Variable 1	1	1	1	1
Variable 2	1	0.67	1	0.89
<i>Índice de validez</i>				0.945

De acuerdo al análisis de validez evaluado por tres profesionales expertos en áreas de ingeniería civil y metodología de investigación se obtuvo que el nivel de validez de este instrumento es de **0.945** lo cual corresponde al nivel de **Excelente validez**.

2.7.4. Análisis de confiabilidad de datos

(kerlinger, y otros, 2002) Definen al análisis de confiabilidad como “una de las características técnicas que determinan la utilidad de los resultados de un instrumento de medición es su grado de reproducibilidad”. Esta se refiere al hecho de que los resultados obtenidos con el instrumento en una determinada ocasión, bajo ciertas condiciones, deberían similares si volviéramos a medir el mismo rasgo en condiciones idénticas.

Estos datos se interpretan a través de una tabla con coeficientes de confiabilidad, atribuidos para cada rango como se observa en el siguiente cuadro:

Tabla 9: Rango y Magnitud de confiabilidad

Rangos	Magnitud
0,53 a menos	Confiabilidad nula
0,54 a 0,59	Confiabilidad baja
0,60 a 0,65	Confiable
0,66 a 0,71	Muy Confiable
0,72 a 0,99	Excelente confiabilidad
1.0	Confiabilidad perfecta

Fuente: Herrera (1998) citado por (Confiabilidad y Validez de instrumentos de investigación, 2013 pág. 5)

2.8. Métodos de análisis de datos

Según (Hernandez Sampieri, y otros, 2014) mencionan que un método de análisis de datos es la estadística inferencial encargada de probar las hipótesis planteadas y la estimación de parámetros, de manera que los niveles de validez y confiabilidad estipulados no sean vulnerados de los parámetros de estudio.

En esta investigación se utilizara los siguientes métodos:

- Excel Estadístico
- QGIS 3.0
- ARGIS

2.9. Aspectos éticos

Por razones éticas las identidades de los colaboradores de esta investigación se mantendrán en estricta reserva puesto que dicha información es confidencial del investigador.

Por otro lado la información utilizada en la investigación ha sido citada en su totalidad mediante las normas ISO 690-2.

III. ANÁLISIS Y RESULTADOS

3.1. Breve descripción de la zona de estudio

3.1.1. Ubicación política

Políticamente, pertenece al Distrito de Tamburco, Provincia de Abancay, capital del Departamento de Apurímac.

3.1.2. Ubicación geográfica

El glaciar Ampay forma parte de la Cordillera Vilcabamba de los Andes Orientales del Sur del Perú en las coordenadas 72°55' – 72°54' latitud oeste y 13°33' – 13°34' longitud sur correspondiente a la proyección cartográfica de Universal Transverse Mercator (UTM) y Datum WGS 84 Zona 18 Sur.

3.1.3. Ubicación hidrográfica

El glaciar Ampay corresponde a la región hidrográfica del Amazonas (vertiente del Atlántico) y dentro de la intercuenca Alto Apurímac, cuenca del río Apurímac, subcuenca del río Sahuanay, el cual desempeña un papel importante en la dotación de agua hacia el “Santuario Nacional Ampay”.

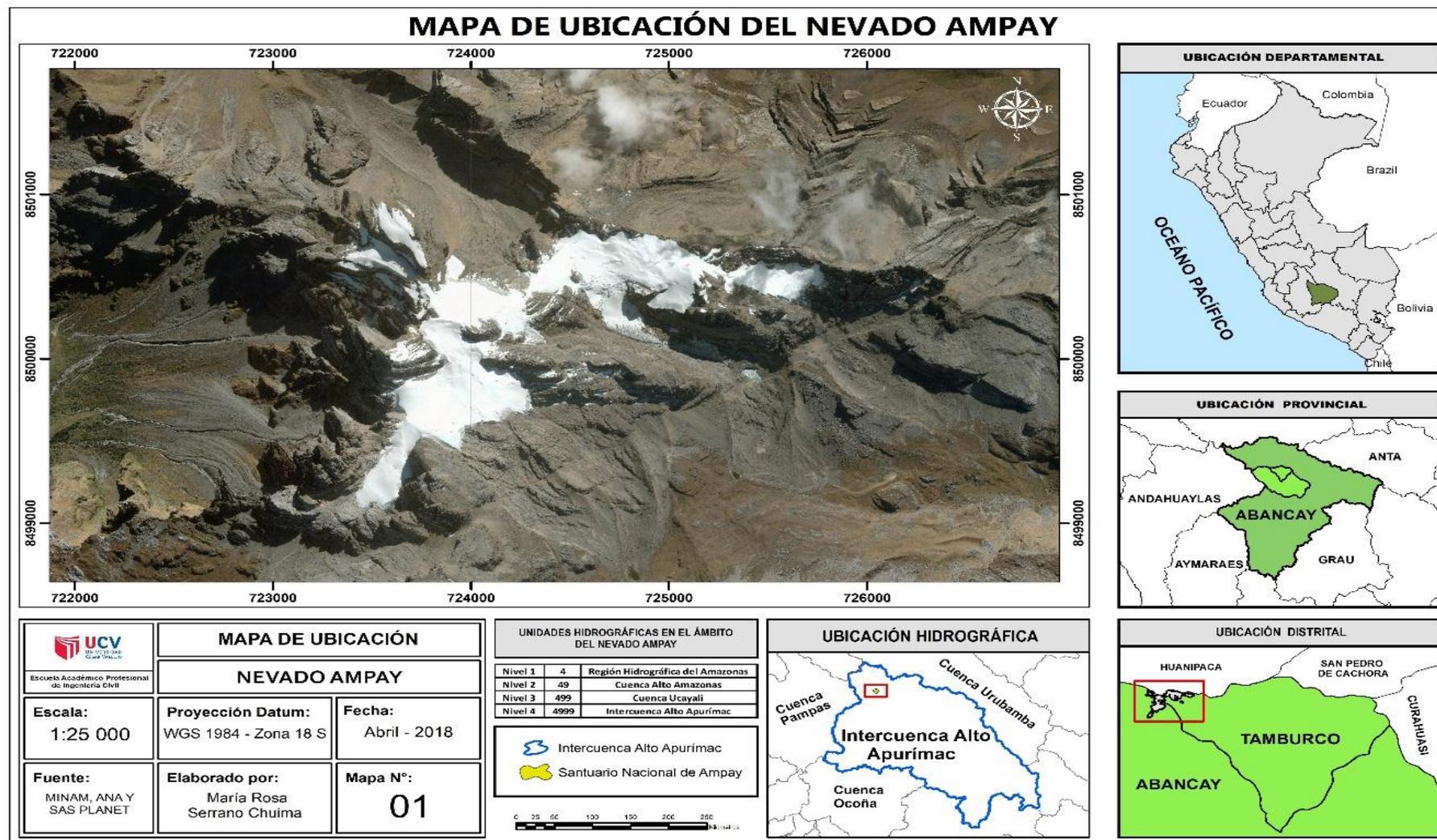
Este glaciar forma parte de la cordillera de Vilcabamba y se encuentra a una altura que oscila entre los 4 600 y los 5 235 metros sobre el nivel del mar.



Figura 8: Ubicación de las cordilleras glaciares del Perú

Fuente: (INAIGEM, 2017)

Mapa 1: Mapa de Ubicación del glaciar Ampay



Fuente: Propia

3.1.4. Descripción del glaciar Ampay

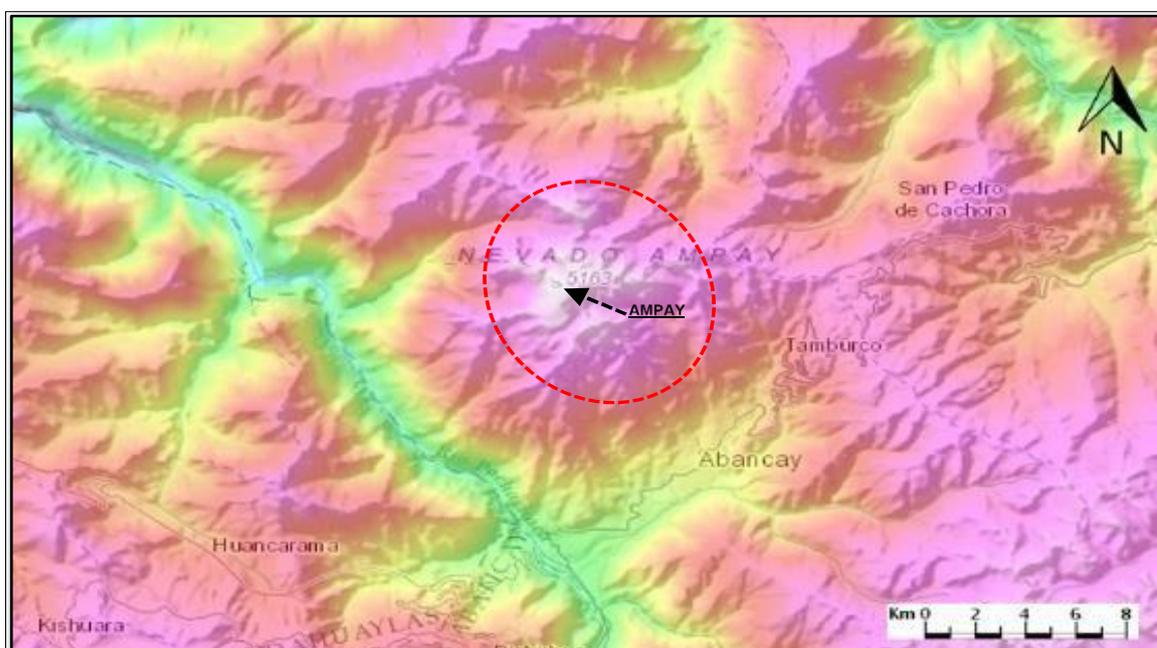
El glaciar Ampay es uno de los 355 glaciares que forman la cordillera de Vilcabamba, cuya extensión abarca el ramal Oriental de los Andes centrales y Sur del Perú, esta cordillera es una de las 19 cordilleras que forman los Andes Peruanos. (INAIGEM, 2017 pág. 39)

Según el informe nº 20 del INAIGEM (glaciares en extinción diagnóstico de la situación actual del nevado Ampay – cordillera Vilcabamba departamento de Apurímac) describe las siguientes características de este glaciar:

a. Aspectos geológicos

Esta zona litológicamente, está constituida por lutitas calcáreas principalmente, de color blanco grisáceo a gris y abundantes granos de cuarzo; del mismo modo estas secuencias más calcáreas presentan karstificación primaria, producto de aguas acidas (Newell, N.D., Chronic, J. y Roberts T.G. ,1953) citado en (INAIGEM, 2016 pág. 8)

Mapa 2: Mapa topográfico del santuario nacional del Ampay



Fuente (INAIGEM, 2016 pág. 8)

Estructuralmente, esta zona presenta una fuerte actividad tectónica como se puede observar en las capas calizas que están fuertemente plegadas y con fallas. Así

mismo estas fallas tienen direcciones N-S y NE-SO; estos plegamientos que se formaron en el nevado Ampay se pueden interpretar como pliegues de arrastre que están asociados a fallas verticales (Marocco, 1975) citado en (INAIGEM, 2016 pág. 8)



Figura 9: Basamento del glaciar Ampay

Fuente: Propia

b. Aspectos geomorfológicos

Geomorfológicamente esta zona está conformada por estribaciones, que presenta una morfología muy agreste ocasionado por el levantamiento de la cordillera oriental y una erosión fuerte de sus valles que han llegado a formar cañones profundos.

Además se pueden divisar depósitos aluviales y coluviales en la que se aprecia una sucesión de huaycos y flujos de barro que están constituidos principalmente por cantos heterométricos de matriz areno-arcillosa.



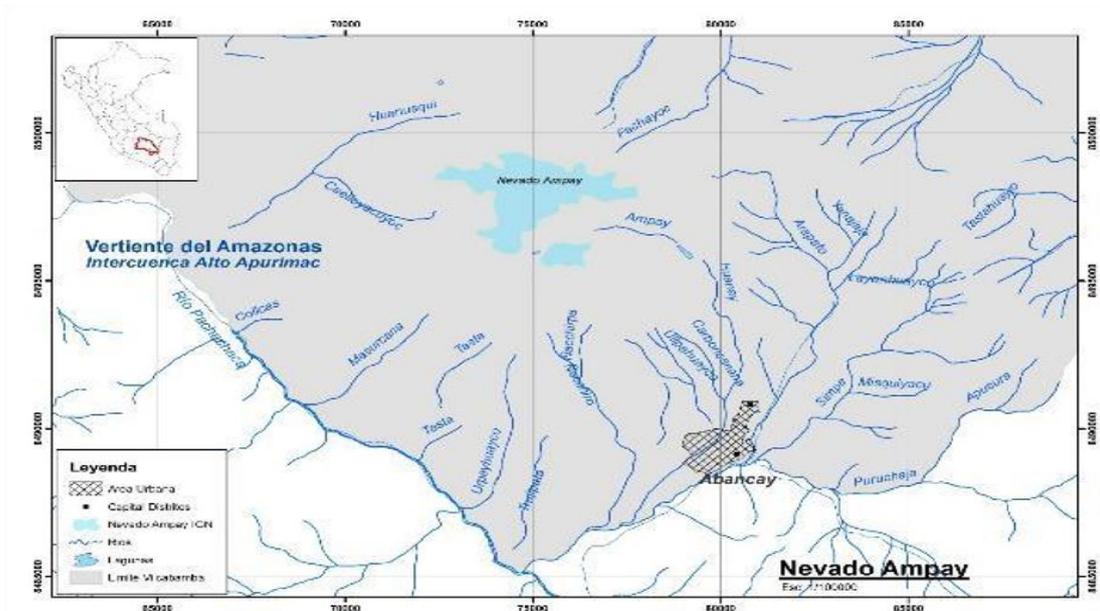
Figura 10: Formación de lagunas glaciares

Fuente: Propia

c. Recursos hídricos

La unidad hidrográfica para el diagnóstico de los glaciares en el nevado Ampay es la Intercuenca Alto Apurímac, los principales ríos que alimentan esta cuenca es el Apurímac y el río Pachachaca.

Mapa 3: Mapa hidrográfico en el ámbito del glaciar Ampay



Fuente: (INAIGEM, 2016)

d. Ecosistemas

Los ecosistemas identificados en la quebrada del Santuario Nacional del Ampay son como se muestra a continuación:

Tabla 10: Ecosistemas identificados en el Santuario Nacional del Ampay

N°	Ecosistema	Lugar	Coordenadas		
			X	Y	
1	HUMEDALES	Bofedales	Cabecera laguna	728703	8498477
		Lagunas/Cochas	Ushpacocha	728465	8498233
			Anqáscocha	729304	8496184
2	PRADERAS NATIVAS	Pajonal	Desde 4 121 a 4 646 msnm.	727125	8499056
3	BOSQUES ANDINOS	<i>Podocarpus glomeratus</i>	3 252 a 3 539 msnm.	729148	8496753
		<i>Escallonia resinosa</i>	Concentrado a 3 966 msnm.	727709	8498912
		Matorral	Control a 3 252 msnm.	729771	8495241

Fuente: (INAIGEM, 2016)

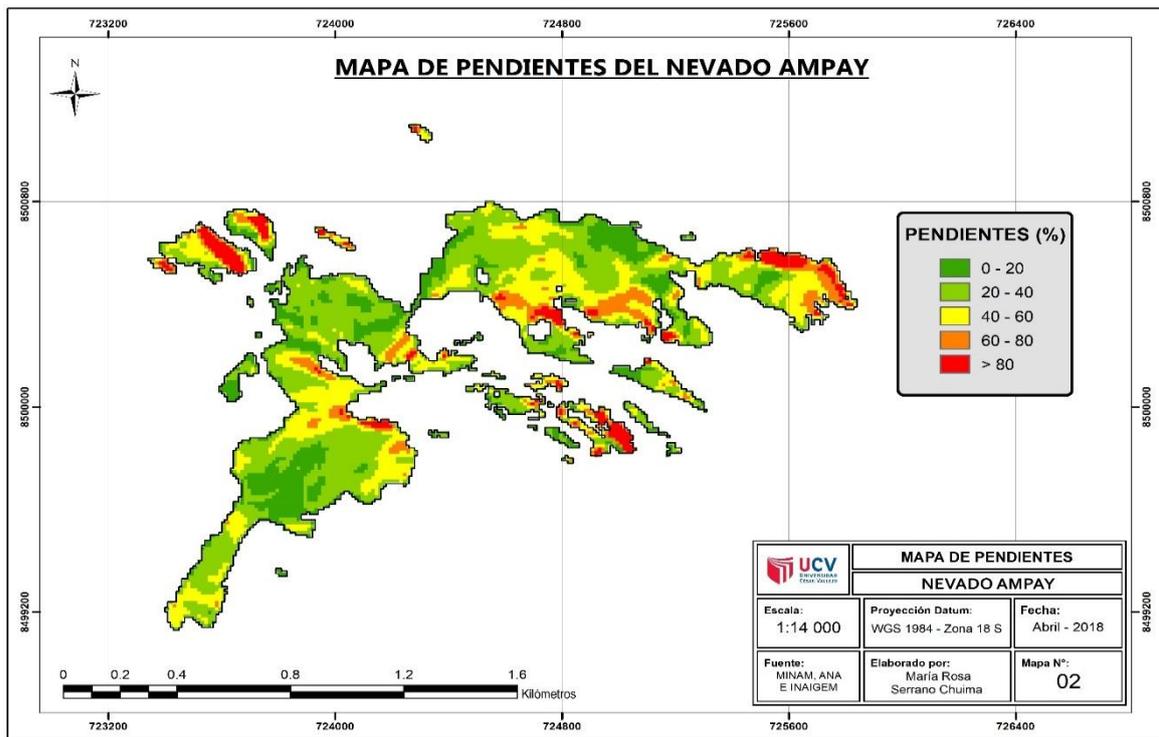


Figura 11: Vista de laguna Uspacocha con ingreso de abundante caudal glaciar

Fuente: Propia

e. Pendientes:

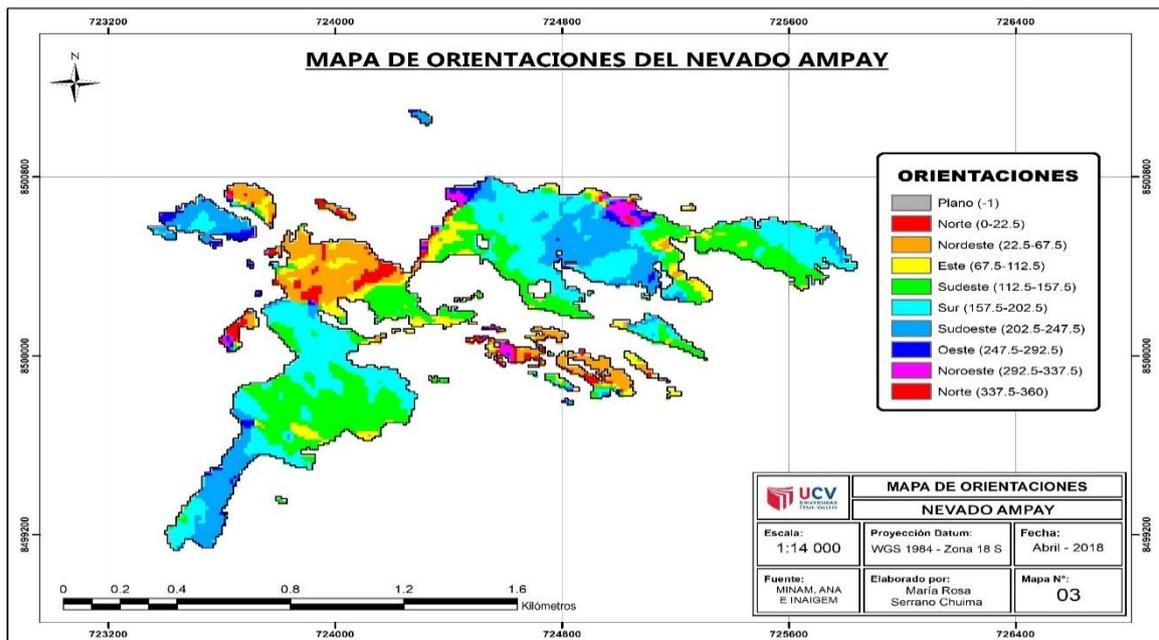
Mapa 4: Mapa de pendientes del glaciar Ampay



Fuente: Propia

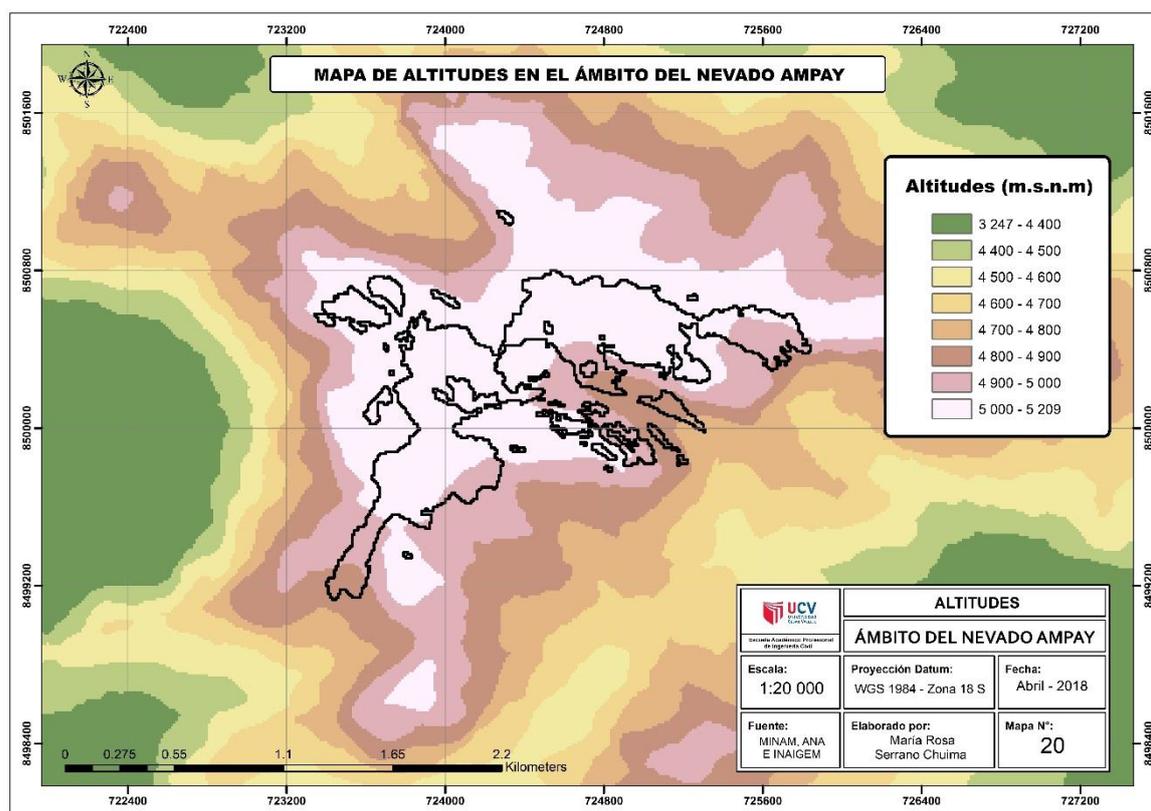
f. Orientaciones

Mapa 5: Mapa de orientaciones del glaciar Ampay



Fuente: Propia

Mapa 6: Mapa de altitudes del glaciar Ampay



Fuente: Propia

3.2. Trabajos Previos

3.2.1. Trabajos de Campo

Para los estudios que se realizaron In Situ, se estableció las siguientes actividades:

- Inspección ocular del campo para revisar los posibles inconvenientes que se puedan presentar en el campo
- Definir recorridos, vías de acceso y formas de aproximación a las zonas de interés.
- Identificar la zona de visita con criterio técnico para no dañar la superficie glaciar y no generar impactos negativos.



Figura 12: Excursión del glaciar Ampay

Fuente: Propia

- Inspección del entorno, reconocimiento y caracterización de la zona de estudio (ecosistemas existentes, morfología, suelos, temperatura, identificación de grietas, morrenas, etc.)



Figura 13: Identificación de estratos y formación Glaciar

Fuente: Propia

- Obtención de imágenes insitu, que permitan reflejar la situación actual, del glaciar y las lagunas, así mismo la evaluación de la posible formación de lagunas futuras.



Figura 14: Inspección ocular de formación de grietas

Fuente: Propia

3.2.2. Trabajos de Gabinete

3.2.2.1. Imágenes Satelitales:

Para el procesamiento de imágenes satelitales que corresponden al glaciar Ampay, se accedió a la información satelital disponible que corresponde a la descarga del servidor GLOVIS (glovis.usgs.gov) del USGS (Servicio Geológico de los Estados Unidos).

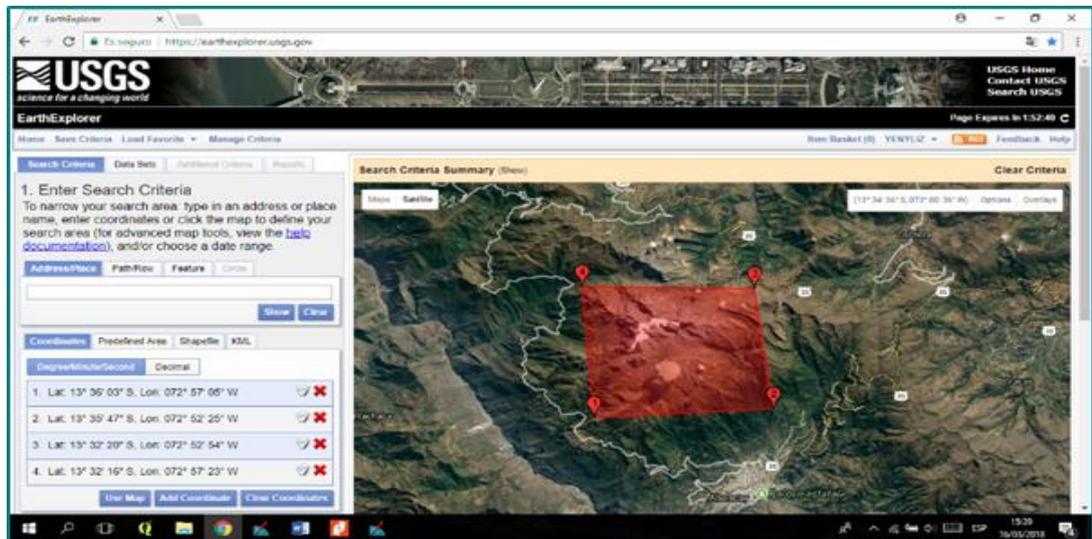


Figura 15: Pantalla principal de acceso al servidor del USGS

Fuente: Propia

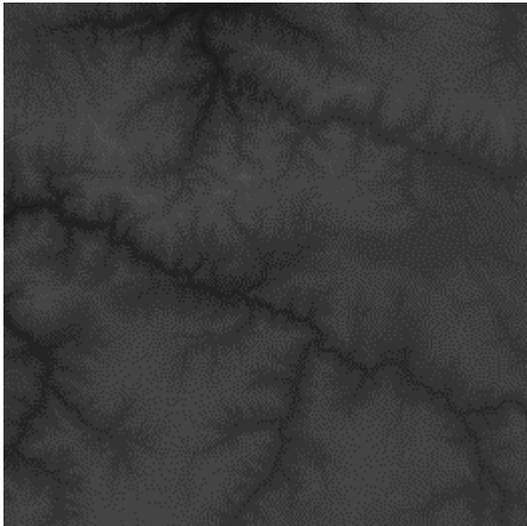
En ella se descargaron imágenes del LANDSAT5, LANDSAT8, ASTER L1T y SENTINEL 2A de los periodos de 2007 a 2017 y un histórico de 1985; se obtuvo dos imágenes por año de temporadas de Acumulación y Ablación respectivamente.

Tabla 11: Datos de descarga de imágenes satelitales

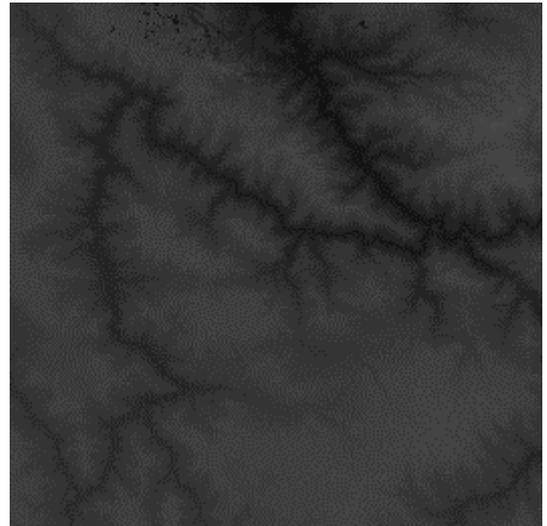
AÑOS DE ESTUDIO	FECHA DE IMAGEN ADQUIRIDA		SATÉLITE/SENSOR		UMBRALES (NDSI)	
	TEMPORADA DE ABLACIÓN	TEMPORADA DE ACUMULACIÓN	TEMPORADA DE ABLACIÓN	TEMPORADA DE ACUMULACIÓN	TEMPORADA DE ABLACIÓN	TEMPORADA DE ACUMULACIÓN
1985	01/08/1985	20/05/1985	LANDSAT 5 MSS	LANDSAT 5 TM	0.32 (*)	0.35
2007	21/08/2007	15/04/2007	LANDSAT 5 TM	LANDSAT 5 TM	0.28	0.28
2008	06/07/2008	01/04/2008	LANDSAT 5 TM	LANDSAT 5 TM	0.30	0.25
2009	16/06/2009	29/04/2009	LANDSAT 5 TM	LANDSAT 5 TM	0.34	0.40
2010	05/07/2010	11/02/2010	LANDSAT 5 TM	LANDSAT 5 TM	0.29	0.33
2011	24/07/2011	05/05/2011	LANDSAT 5 TM	LANDSAT 5 TM	0.45	0.31
2012	30/11/2012	15/05/2012	ASTER L1T	ASTER L1T	0.20	0.30
2013	27/06/2013	15/04/2013	LANDSAT 8 OLI	LANDSAT 8 OLI	0.14	0.17
2014	24/08/2014	27/04/2014	LANDSAT 8 OLI	LANDSAT 8 OLI	0.13	0.11
2015	26/07/2015	13/03/2015	LANDSAT 8 OLI	LANDSAT 8 OLI	0.14	0.75
2016	21/07/2016	14/01/2016	LANDSAT 8 OLI	SENTINEL 2A	0.12	0.24
2017	15/07/2017	18/01/2017	LANDSAT 8 OLI	SENTINEL 2A	0.12	0.61

Fuente: Propia

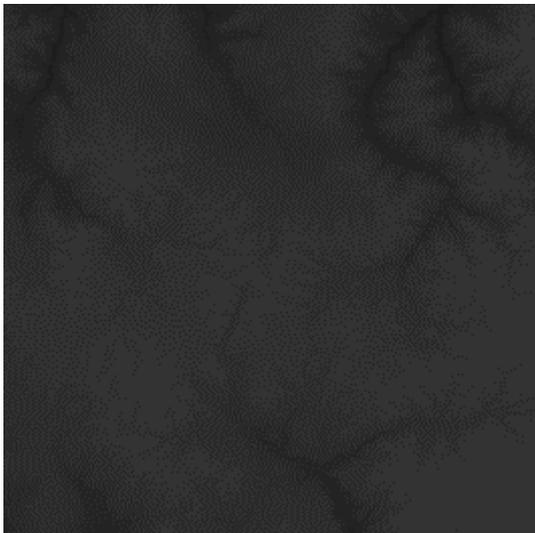
Así mismo se descargó el modelo de elevación digital (DEM) desde la página web del MINAM (<http://geoservidorperu.minam.gob.pe/geoservidor>), de ella se obtuvo 4 cuadrantes de imágenes ÁSTER (DEM) del área de interés, cuyo tamaño de pixel es de 30 m.



ASTGTM_S14W74_dem



ASTGTM_S14W73_dem



ASTGTM_S15W74_dem



ASTGTM_S15W73_dem

Figura 16: Cuadrantes DEM pertenecientes al departamento de Apurímac

Fuente: <http://geoservidorperu.minam.gob.pe/geoservidor>

APLICACIONES

- Para la elaboración de Curvas de Nivel.
- Para la Orto rectificación de Imágenes.
- Para la elaboración de pendientes.
- Para la definición de perfiles topográficos.
- Para la delimitación de cuencas y redes hidrográficas

3.2.2.1. Corrección de imágenes

Las imágenes descargadas (LANDSAT5, LANDSAT8, ASTER L1T y SENTINEL 2A) fueron tratadas en QGIS con el fin de establecer un límite adecuado del área de estudio; después de ello con las herramientas que ofrece este programa se logró la clasificación de los cuerpos que componen una imagen satelital, siendo la prioridad de nuestro caso la detección de la superficie glaciar.

Así mismo existe una opción para diferenciar el cuerpo glaciar en función de su nivel de reflectancia, el cual es a través de la clasificación no supervisada a través del NDSI que se encuentra dentro del paquete de herramientas del QGIS, el cual nos permite el cálculo desde las bandas 2 y 5, para el LANDSAT5; Para el caso del LANDSAT8 el procesamiento del NDSI se realiza a partir de las bandas 3 y 6. La estimación de la superficie glaciar método NDSI (Índice Normalizado de Diferencia de Nieve), es el método comúnmente aplicado para estudios de esta naturaleza, el cual establece la diferenciación entre coberturas de nubes, nieve o hielo en una imagen desde la evaluación de la respuesta espectral que un determinado cuerpo (en nuestro interés el glaciar) con alta reflectancia en el espectro visible y el infrarrojo inferior puede emitir.

Índice normalizado de diferenciación de Nieve (NDSI)

La propiedad espectral de un glaciar es que tiene una alta reflectancia en el espectro visible (verde) y muy baja en el infrarrojo medio o infrarrojo de onda corta. Esto permite usar datos de imágenes de varias bandas (multiespectrales). En el caso particular de la obtención y análisis de la cobertura glaciar se aplica el índice normalizado de diferenciación de nieve (GEOESTUDIOS LTDA., 2008)

$$NDSI = \frac{BANDA\ VISIBLE - BANDA\ INFRAROJO}{BANDA\ VISIBLE + BANDA\ INFRAROJO}$$

Los resultados de la imagen NDSI con valores de -1 a 1, se segmenta definiendo el umbral de $NDSI = 0.4$ por ser óptimo, debido a que la cobertura de glaciares obtenidas con este valor se compara con imágenes satelitales de alta resolución espacial y verificación en campo, obteniendo buenos resultados de coincidencia en los frentes glaciares y los límites del contorno glaciar.

El resultado de la aplicación del umbral es una imagen binaria de zonas de glaciar y sin glaciar, lo cual posibilita la extracción de la cobertura glaciar inicial en las imágenes de satélite, de esta manera la clasificación separa la cobertura glaciar de otras coberturas.

3.2.2.2. Calibraciones geométricas y radiométricas

Se realizaron dos tipos de calibraciones y/o correcciones de las imágenes satelitales, esto sirvió para corregir las distorsiones y desplazamientos del relieve y distorsiones propias de la toma de la imagen de satélite. Y así obtener el comportamiento espectral de las diferentes coberturas:

Corrección geométrica

Consiste en el posicionamiento de las imágenes de satélite en base a la cartografía nacional del IGN, a escala 1/100 000, donde se distribuye los puntos de control en coordenadas (x, y), considerando puntos de referencia en zonas fácilmente identificables y que no sean sujetas a dinamismo temporal, asimismo se usó el Modelo Digital de Elevación (MDE) descargados de la página del MINAM (<http://geoservidorperu.minam.gob.pe/geoservidor>) con 4 cuadrantes de imágenes ÁSTER (DEM) del área de interés, cuyo tamaño de pixel es de 30 m; como respaldo para determinar la ubicación de puntos de control en fuentes de agua y formas de relieve; considerando el valor de error medio cuadrático (RMS) menor a 2 pixeles de la resolución espacial de las imágenes satelitales, condujo a determinar cómo escala de salida la proporción de 1/75 000.

Corrección radiométrica

La corrección radiométrica, consiste en convertir los niveles digitales (ND) a valores de reflectancia y para esto se empleó el modelo simplificado propuesto por Chávez (Milder, 2008); esta corrección se aplicó en las bandas de cada una de las imágenes satelitales, en el software QGIS 3.0.

La radiancia es el “Flujo de energía (principalmente energía irradiante o incidente) por ángulo sólido que abandona una unidad de área de una superficie en una dirección dada”, “radiancia es lo que mide el sensor y depende en cierta medida de la reflectancia” (GEOESTUDIOS LTDA., 2008)

A través del software **QGIS 3.0** y usando el complemento **SCP (Semi-Automático Classification)** se realizará la **CORRECCIÓN ATMOSFÉRICA** de cada una de las bandas que componen las imágenes **LANDSAT (5 y 8) Sentinel 2^a y ÁSTER**

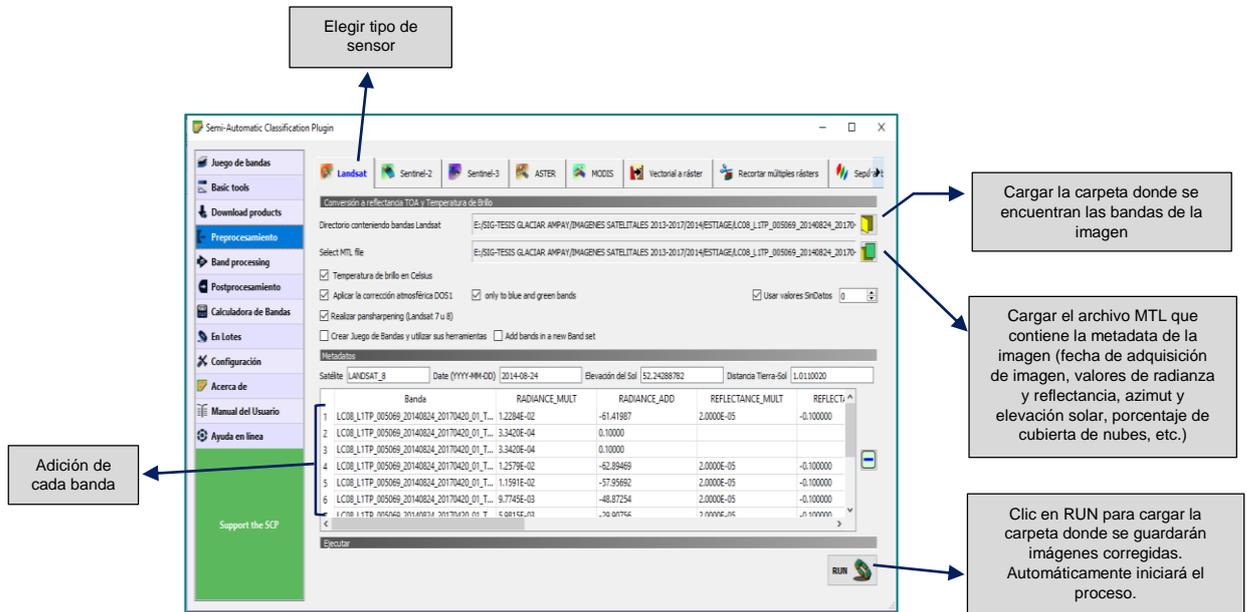


Figura 17: Proceso de corrección atmosférica de imágenes satelitales en QGIS

Fuente: Propia

Finalizado el proceso de corrección atmosférica se cargan y se visualizan las bandas corregidas.

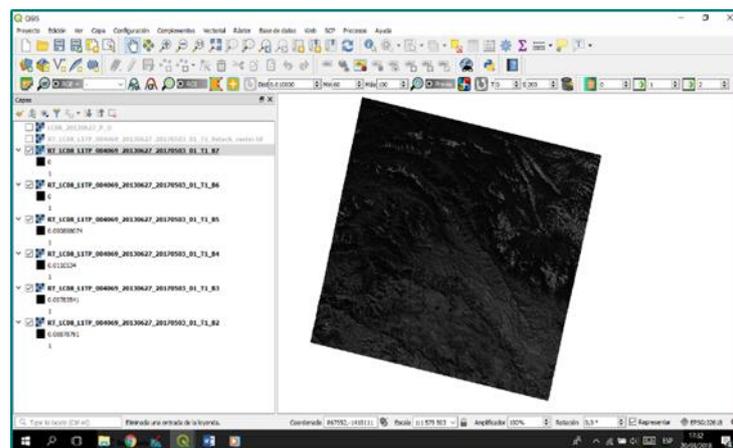


Figura 18: Bandas corregidas de imágenes satelitales

Fuente: Propia

Continuando en la herramienta **SCP (Semi-Automático Classification)**, se selecciona **juego de bandas** y se cargan las bandas a ser unidas o combinadas de acuerdo al tipo de sensor.

Se carga la imagen multispectral generada y se hace la combinación de banda **(6-4-3)** para visualizar la cobertura del glaciar Ampay.

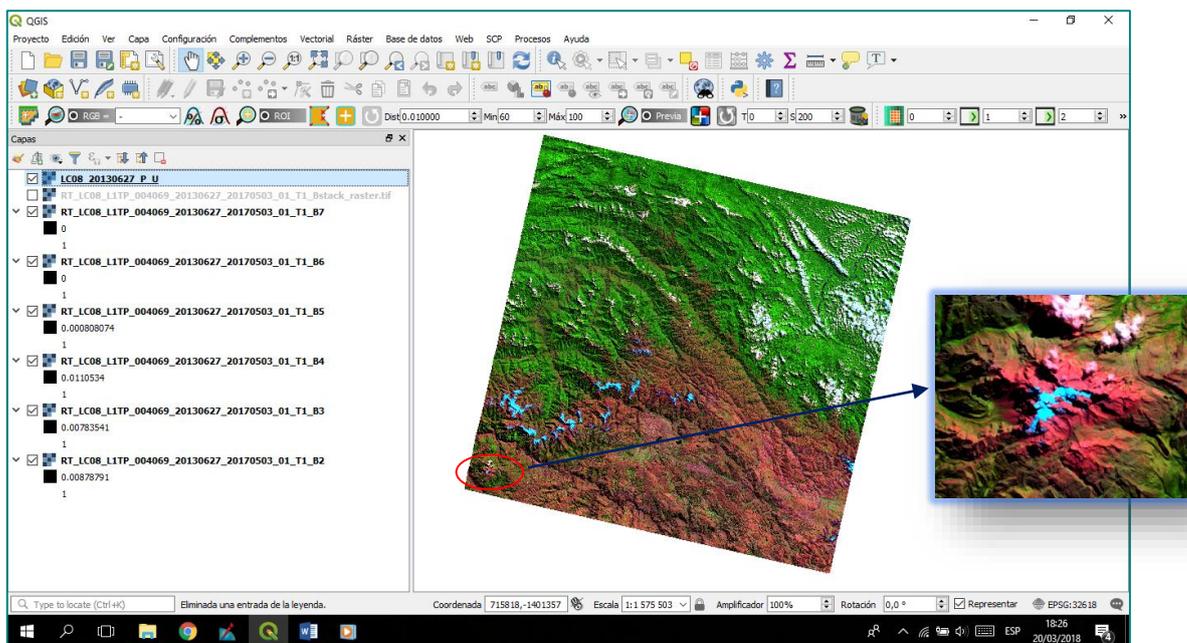


Figura 19: Combinación de bandas 6-4-3

Fuente: Propia

3.2.2.3. Datos de Temperatura, Precipitación y Humedad Relativa

Para la obtención de datos meteorológicos de Temperatura, Precipitación y Humedad Relativa se accedió a la información disponible en la página web del SENAMHI (<https://senamhi.gob.pe/?p=data-historica>)

Se descargó datos históricos de 10 estaciones circundantes al glaciar Ampay, que corresponden a Apurímac; la cual se utilizó como base para realizar la interpolación espacial con isotermas e isoyetas en el software ARGIS; con ello se obtuvo datos aproximados de precipitación, temperatura y humedad relativa en la ubicación del proyecto.

3.3. Análisis

3.3.1. Evaluación del impacto de la temperatura en el retroceso glaciar de la subcuenca del río Sahuanay

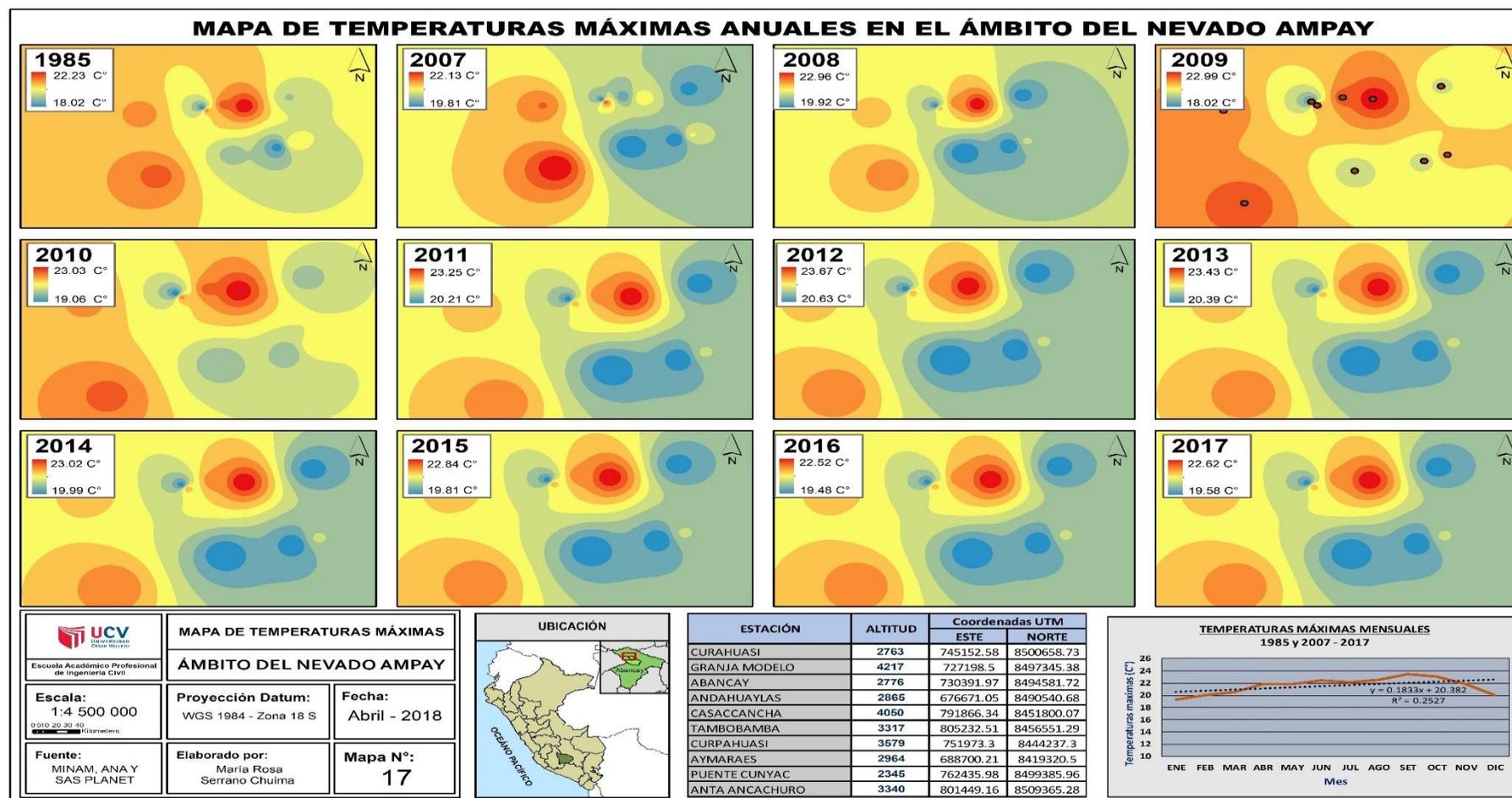
Mediante el software ARGIS, se obtiene datos de temperatura utilizando la técnica de interpolación espacial, que toma como base 10 estaciones del departamento de Apurímac, el procedimiento consta de tomar una estación ficticia en la zona de estudio con la cual se obtienen datos de temperatura aproximados a la altitud del proyecto.

Tabla 12: Estaciones meteorológicas del departamento de Apurímac

ESTACIÓN	ALTITUD	Coordenadas UTM	
		ESTE	NORTE
CURAHUASI	2763	745152.58	8500658.73
GRANJA MODELO	4217	727198.5	8497345.38
ABANCAY	2776	730391.97	8494581.72
ANDAHUAYLAS	2865	676671.05	8490540.68
CASACCANCHA	4050	791866.34	8451800.07
TAMBOBAMBA	3317	805232.51	8456551.29
CURPAHUASI	3579	751973.3	8444237.3
AYMARAES	2964	688700.21	8419320.5
PUENTE CUNYAC	2345	762435.98	8499385.96
ANTA ANCACHURO	3340	801449.16	8509365.28

Fuente: Propia

Mapa 7: Mapa de análisis de temperaturas máximas



Fuente: propia

Tabla 13: Variación de temperaturas máximas

TEMPERATURAS MÁXIMAS (C°)												
Año/mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1985	15.251	16.352	15.440	18.452	19.321	20.579	21.322	21.103	21.038	19.939	19.042	18.213
2007	17.368	18.014	20.665	21.633	22.710	23.000	21.406	22.661	22.180	23.155	20.467	17.845
2008	17.032	17.283	20.406	22.593	22.439	22.593	22.097	23.355	23.627	23.226	19.673	18.431
2009	17.316	19.761	20.761	22.353	20.297	23.353	22.452	22.065	23.713	21.413	20.220	18.313
2010	18.265	19.236	18.632	23.040	23.361	23.137	23.219	22.187	23.680	23.752	22.313	21.490
2011	19.768	20.964	20.381	21.570	21.387	22.153	21.232	22.832	22.187	22.203	20.680	21.161
2012	19.400	19.779	21.381	21.213	20.016	21.420	22.155	22.800	23.080	24.819	19.030	18.045
2013	19.668	20.079	21.729	22.980	22.929	21.047	21.516	22.710	24.780	23.503	22.133	21.103
2014	21.768	21.814	21.994	21.913	21.781	22.680	21.735	21.135	24.040	23.858	24.900	20.155
2015	21.994	22.157	21.168	20.800	21.968	23.920	23.265	23.735	24.947	24.026	23.847	22.761
2016	21.665	22.462	22.574	23.307	23.852	22.540	22.916	23.116	24.340	22.813	25.327	20.639
2017	21.852	21.950	21.219	21.800	21.742	22.833	22.374	23.123	23.293	23.974	24.073	22.319

Fuente: propia

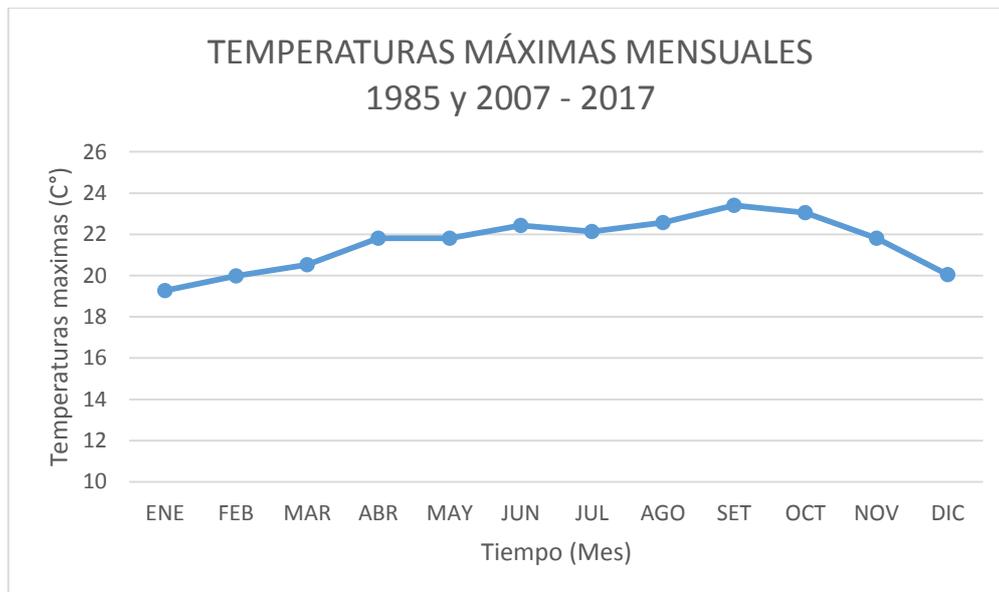
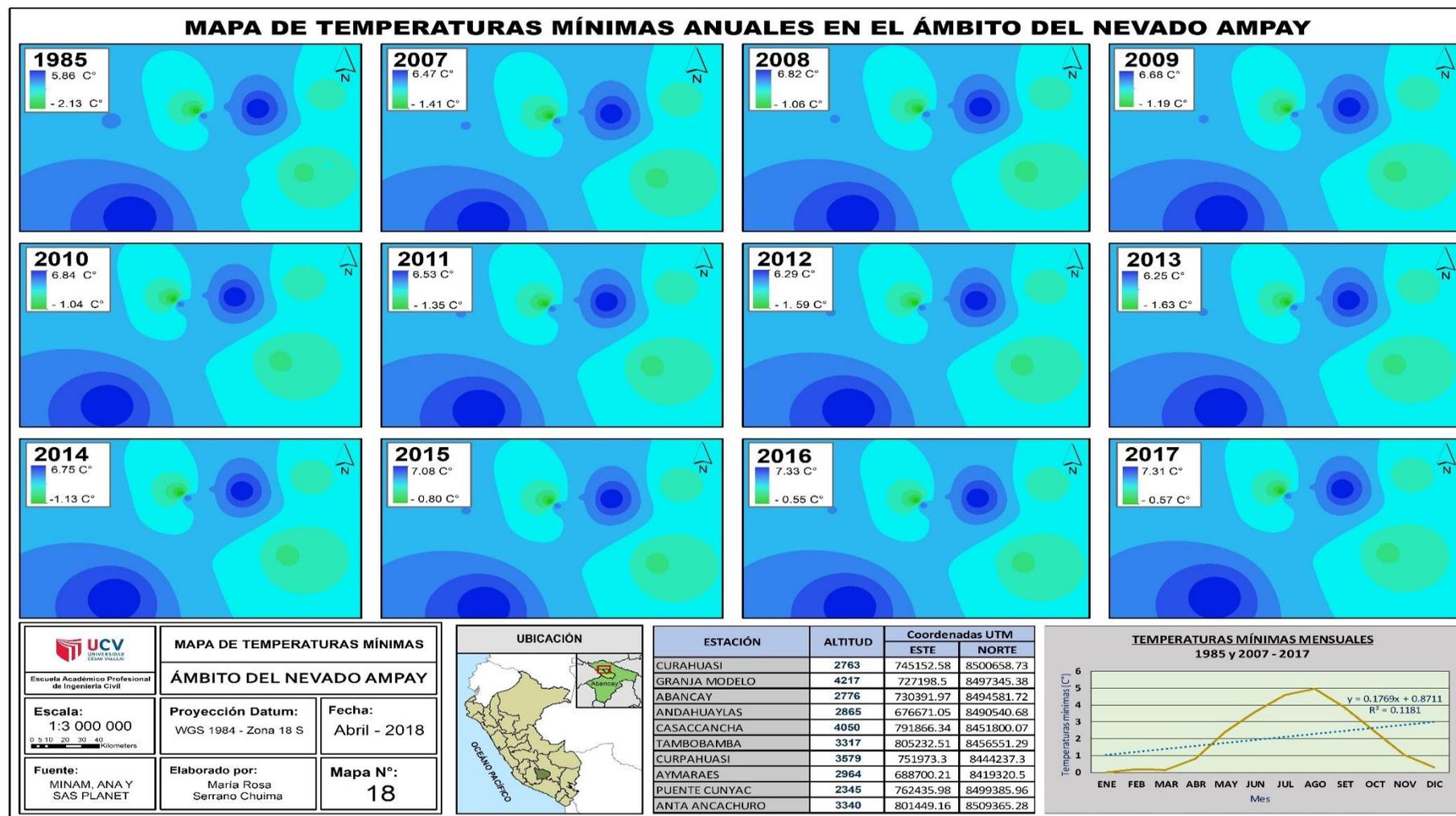


Figura 20: Tendencia de temperaturas máximas mensuales

Fuente: propia

Mapa 8: Mapa de análisis de Temperaturas Mínimas



Fuente: propia

Tabla 14: Variación de temperaturas mínimas

TEMPERATURAS MÍNIMAS (C°)												
Año/mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1985	-2.841	-2.620	-2.302	-1.081	1.473	2.032	3.178	4.237	2.719	1.418	-1.544	-2.741
2007	-1.635	-0.215	-0.627	0.809	1.127	2.438	3.460	2.344	3.172	2.921	1.739	-0.149
2008	-0.340	-0.183	-0.917	1.585	1.098	2.365	3.802	3.941	3.292	1.121	-0.572	-0.148
2009	-0.136	-1.315	-0.252	1.212	3.101	3.365	3.901	3.537	2.022	2.714	0.219	-0.193
2010	-0.127	-0.480	1.211	1.419	1.594	3.395	3.060	5.073	4.002	3.940	1.562	1.536
2011	-0.394	0.494	0.007	0.231	2.733	3.317	4.112	4.305	5.148	3.621	1.619	0.478
2012	0.422	0.190	-0.020	0.245	1.285	3.318	3.999	4.518	3.485	2.992	1.145	0.136
2013	0.116	0.313	0.231	1.385	2.752	4.005	4.537	5.918	3.208	2.314	1.832	0.194
2014	0.121	0.085	0.246	0.805	2.188	3.618	6.557	4.595	2.665	3.153	2.759	1.717
2015	1.020	2.037	1.265	0.939	3.040	5.465	6.321	7.731	5.942	0.314	0.699	1.249
2016	1.599	1.252	1.612	0.405	3.898	4.792	5.712	8.892	6.622	1.476	1.779	0.575
2017	2.322	2.487	1.136	1.679	4.665	4.925	6.530	4.492	3.755	3.063	1.272	0.627

Fuente: propia

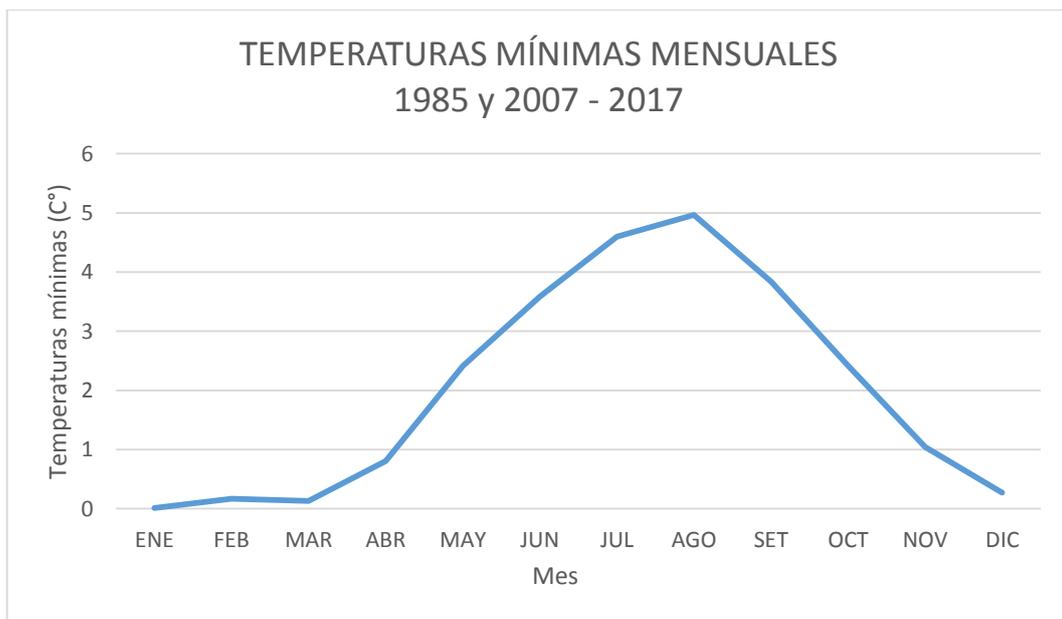


Figura 21: Tendencia de temperaturas mínimas mensuales

Fuente: propia

3.3.2. Cálculo de la influencia de la precipitación en el retroceso glaciar de la subcuenca del río Sahuanay

Mediante el software ARGIS, se obtiene datos de precipitación utilizando la técnica de interpolación espacial, que toma como base 10 estaciones del departamento de Apurímac, el procedimiento consta de tomar una estación ficticia en la zona de estudio con la cual se obtienen datos de precipitaciones a la altitud del proyecto la cual muestra datos más reales a la zona.

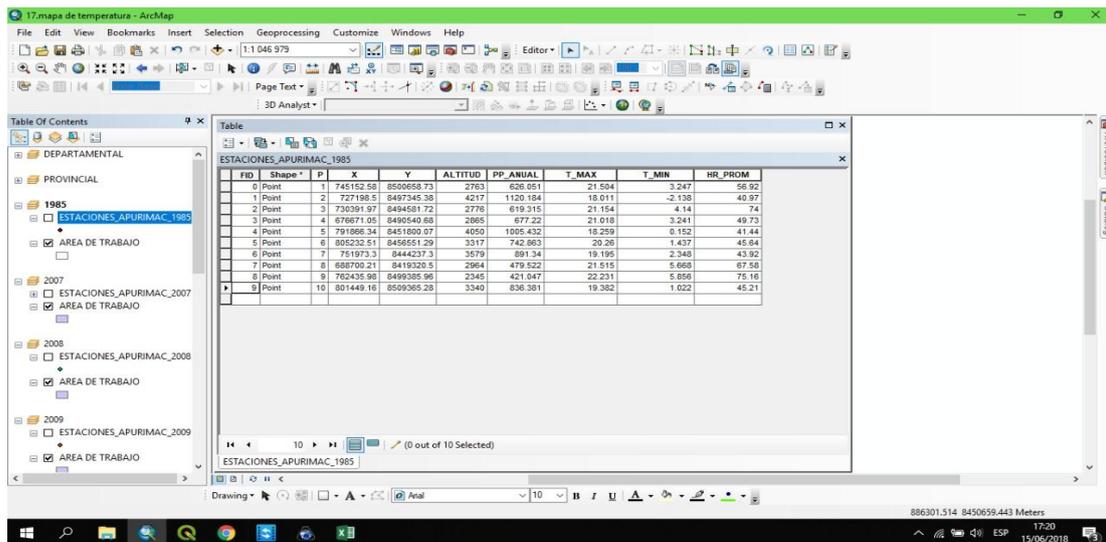


Figura 22: Proceso de inserción de Data base en ArGis

Fuente: Propia

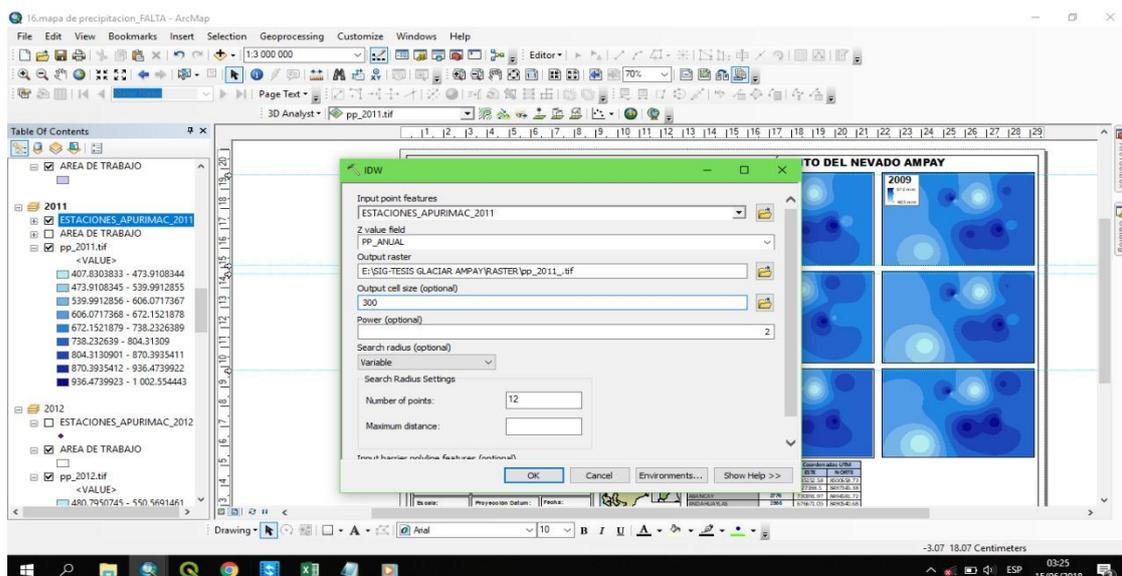
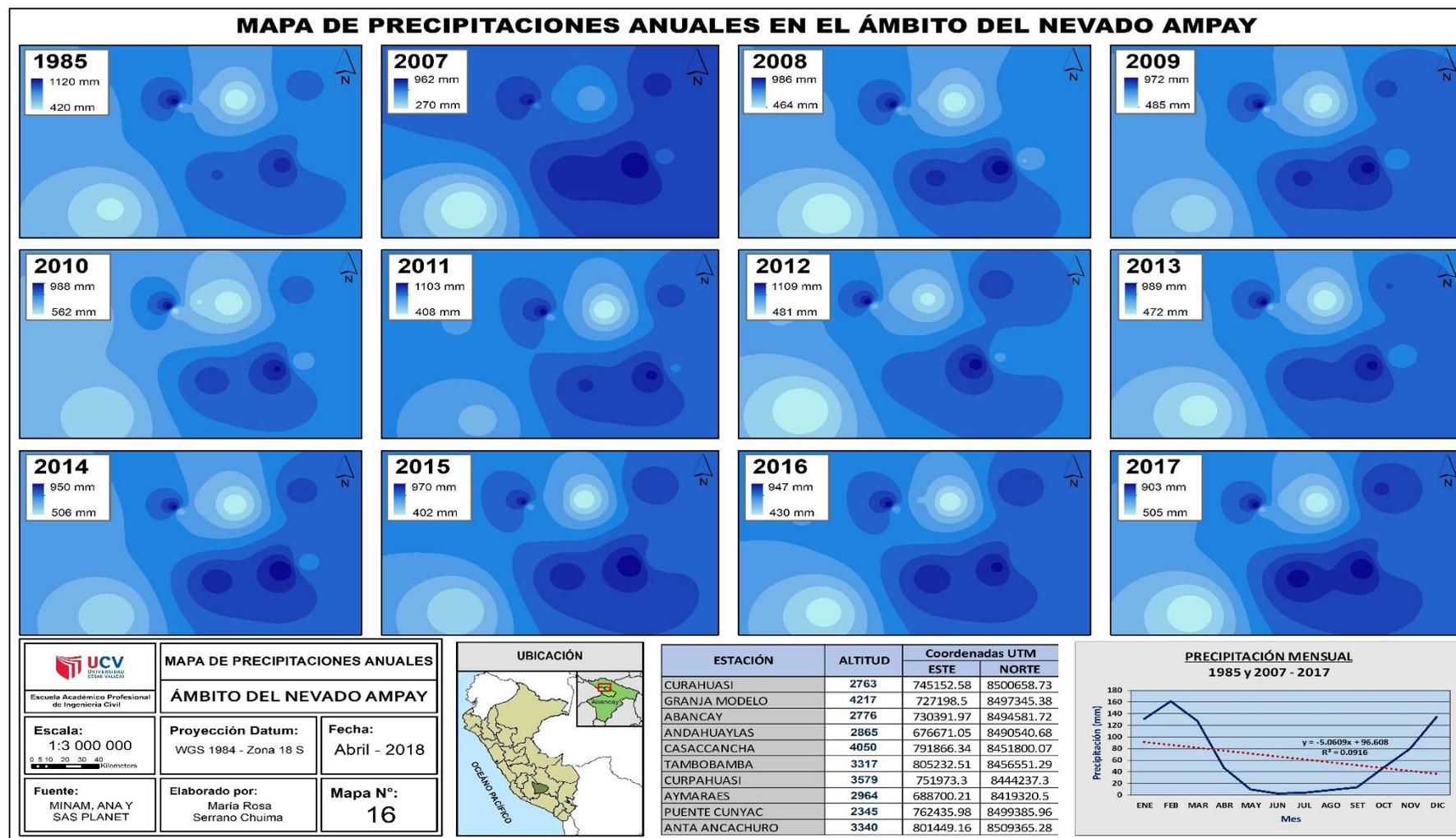


Figura 23: Obtención de capas de precipitaciones en ArGis

Fuente: Propia

Mapa 9: Mapa de análisis de precipitaciones



Fuente: Propia

Tabla 15: Variación de precipitaciones

PRECIPITACIONES ANUALES													
Año/mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PP - MENSUAL
1985	153.50	198.65	180.20	93.50	36.25	9.15	2.85	0.30	7.55	33.65	78.50	109.95	904.1
2007	75.60	109.10	151.60	19.10	7.00	0.00	7.80	1.50	1.00	47.40	84.10	174.50	678.7
2008	107.50	127.30	109.40	38.70	8.40	6.30	0.00	5.60	5.50	48.20	93.30	152.10	702.3
2009	84.20	185.30	86.50	47.10	13.00	0.00	4.60	5.80	13.50	36.50	119.40	95.00	690.9
2010	175.50	111.20	114.60	35.50	7.10	0.00	1.80	4.60	9.90	43.00	68.70	113.00	684.9
2011	145.90	185.70	152.40	52.20	5.40	1.50	6.80	18.60	33.40	37.20	90.40	102.80	832.3
2012	135.70	240.10	209.50	69.00	0.00	5.60	7.00	1.40	17.10	57.00	36.80	213.60	992.8
2013	123.20	186.90	64.60	22.10	3.70	1.00	2.30	27.00	7.90	51.70	124.20	146.80	761.4
2014	182.00	121.40	134.90	60.40	5.00	0.00	3.50	1.20	22.60	44.10	52.70	166.60	794.4
2015	175.00	152.60	160.10	56.10	9.10	1.10	1.40	16.60	2.30	28.80	70.60	111.20	784.9
2016	64.00	193.60	46.80	39.20	1.30	4.20	4.90	17.20	21.30	65.10	49.50	146.97	654.1
2017	149.10	130.10	123.90	31.10	14.50	0.00	0.00	6.50	12.60	66.20	81.50	78.40	693.9
	130.93	161.83	127.88	47.00	9.23	2.40	3.58	8.86	12.89	46.57	79.14	134.24	

Fuente: propia

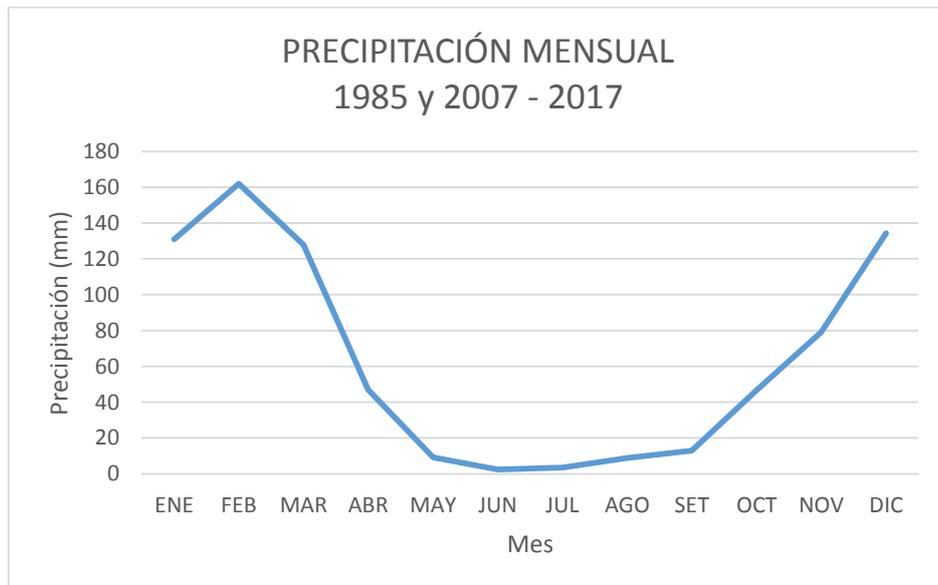


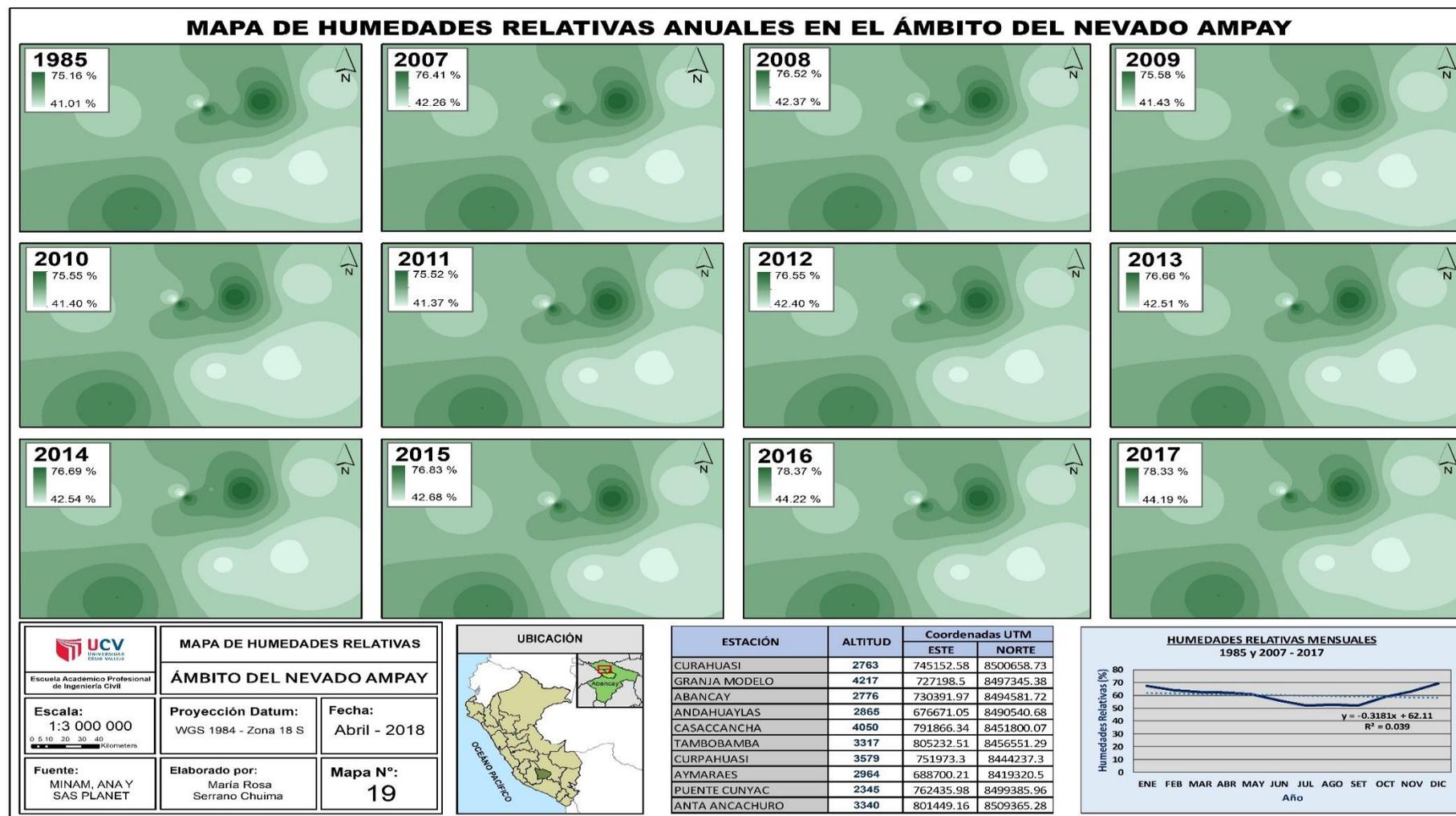
Figura 24: Tendencia de precipitaciones mensuales

Fuente: propia

3.3.3. Estimación la incidencia de la humedad relativa en el retroceso glaciar de la subcuenca del rio Sahuanay

Mediante el software ARGIS, con el proceso de interpolación espacial se obtiene datos aproximados a reales de humedad relativa que se presentan a nivel del glaciar.

Mapa 10: Mapa de análisis de humedad relativa



Fuente: propia

Tabla 16: Variación de Humedad Relativa

HUMEDADES RELATIVAS (%)												
Año/mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1985	76.92	81.70	80.72	82.32	62.34	59.59	48.47	46.97	53.99	61.62	71.88	82.25
2007	60.97	45.76	49.77	45.17	46.39	43.64	41.18	41.70	50.04	42.67	45.93	66.30
2008	76.12	78.79	82.80	78.20	69.42	70.67	50.21	54.73	61.07	75.70	78.96	79.33
2009	59.73	54.52	58.53	53.93	55.15	52.40	41.94	50.46	46.80	51.43	54.69	55.06
2010	51.44	46.23	50.24	45.64	46.86	44.11	45.65	42.17	38.51	43.14	46.40	66.77
2011	65.64	59.43	54.44	49.84	51.06	48.31	47.85	46.37	42.71	47.34	60.60	64.97
2012	74.92	68.71	52.72	48.12	49.34	46.59	46.13	44.65	40.99	45.62	48.88	49.25
2013	62.89	62.37	66.38	71.78	73.00	70.25	69.79	68.31	64.65	69.28	72.54	72.91
2014	72.23	79.95	63.96	79.36	80.58	73.83	57.37	55.89	62.23	76.86	72.12	80.49
2015	65.21	50.00	54.01	49.41	50.63	47.88	47.42	45.94	42.28	46.91	50.17	60.51
2016	67.58	71.12	60.38	71.78	73.00	60.25	59.79	68.31	64.65	69.28	72.54	72.91
2017	75.16	68.71	74.96	69.36	70.58	56.23	68.04	63.89	60.23	76.86	80.12	80.49

Fuente: propia

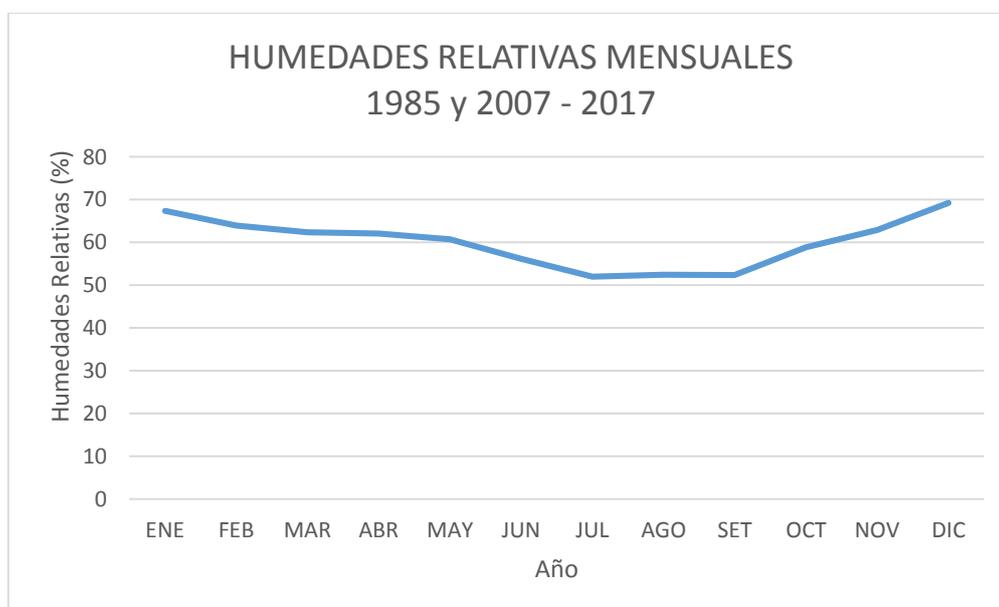


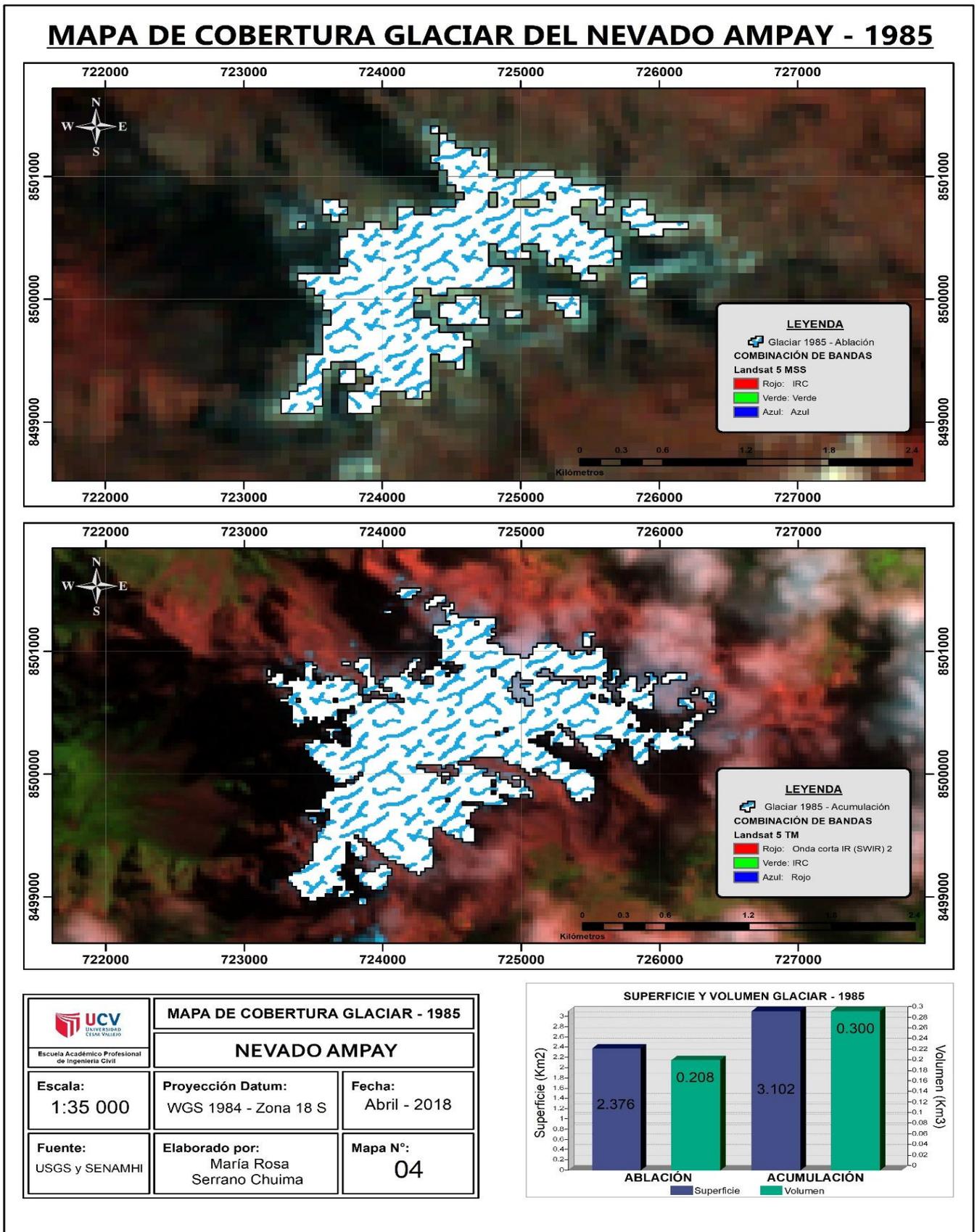
Figura 25: Tendencia de Humedad Relativa mensual

Fuente: propia

3.3.4. Determinación del impacto del cambio climático en el retroceso glaciar de la subcuenca del río Sahuanay.

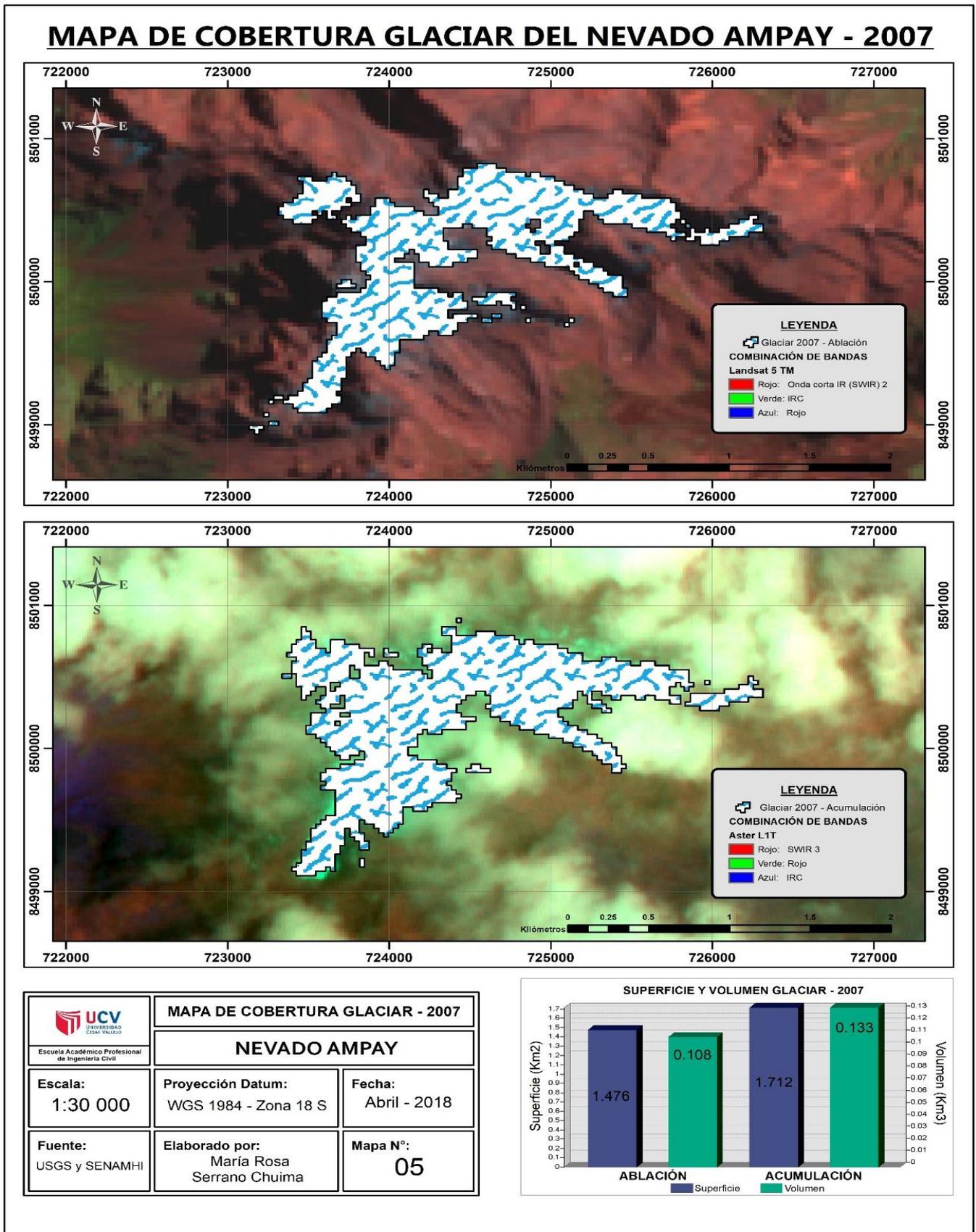
El procesamiento de las imágenes satelitales obtenidas se realizan en el software QGis y ArGis de las cuales se obtiene la superficie glaciar para temporadas de acumulación y ablación de los años de estudio

Mapa 11: Mapa de cobertura glaciar año 1985



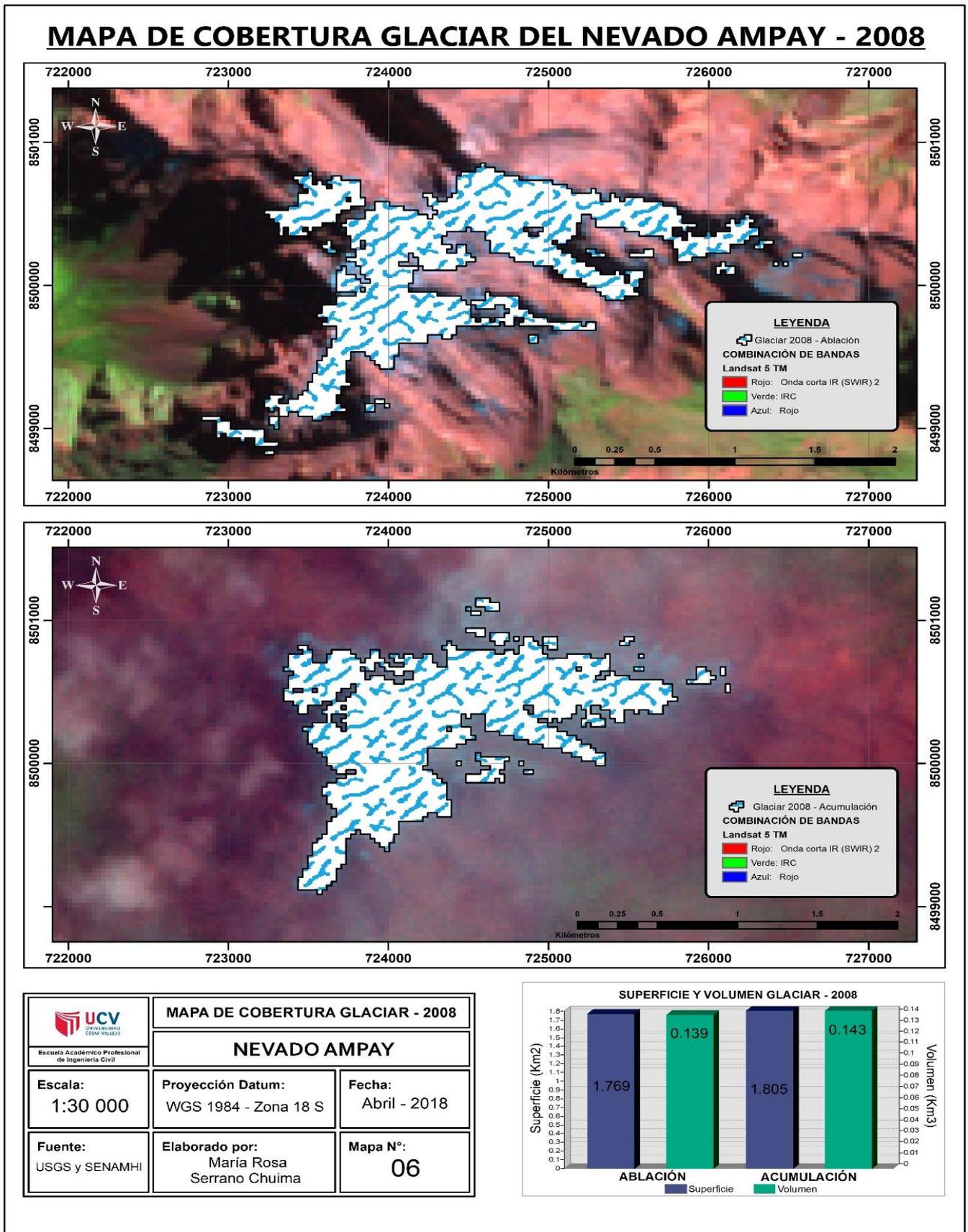
Fuente: propia

Mapa 12: Mapa de cobertura glaciar año 2007



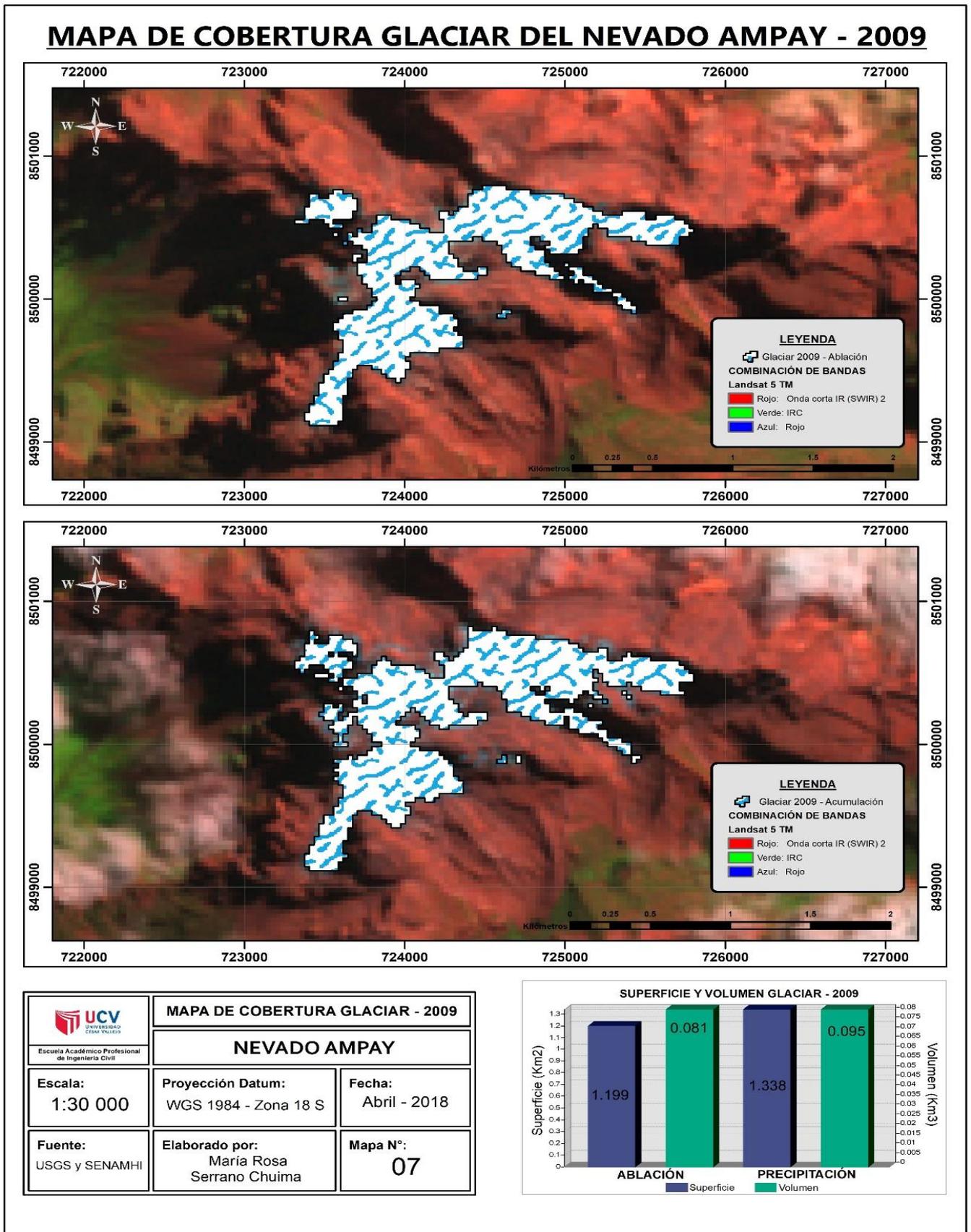
Fuente: propia

Mapa 13: Mapa de cobertura glaciar año 2008



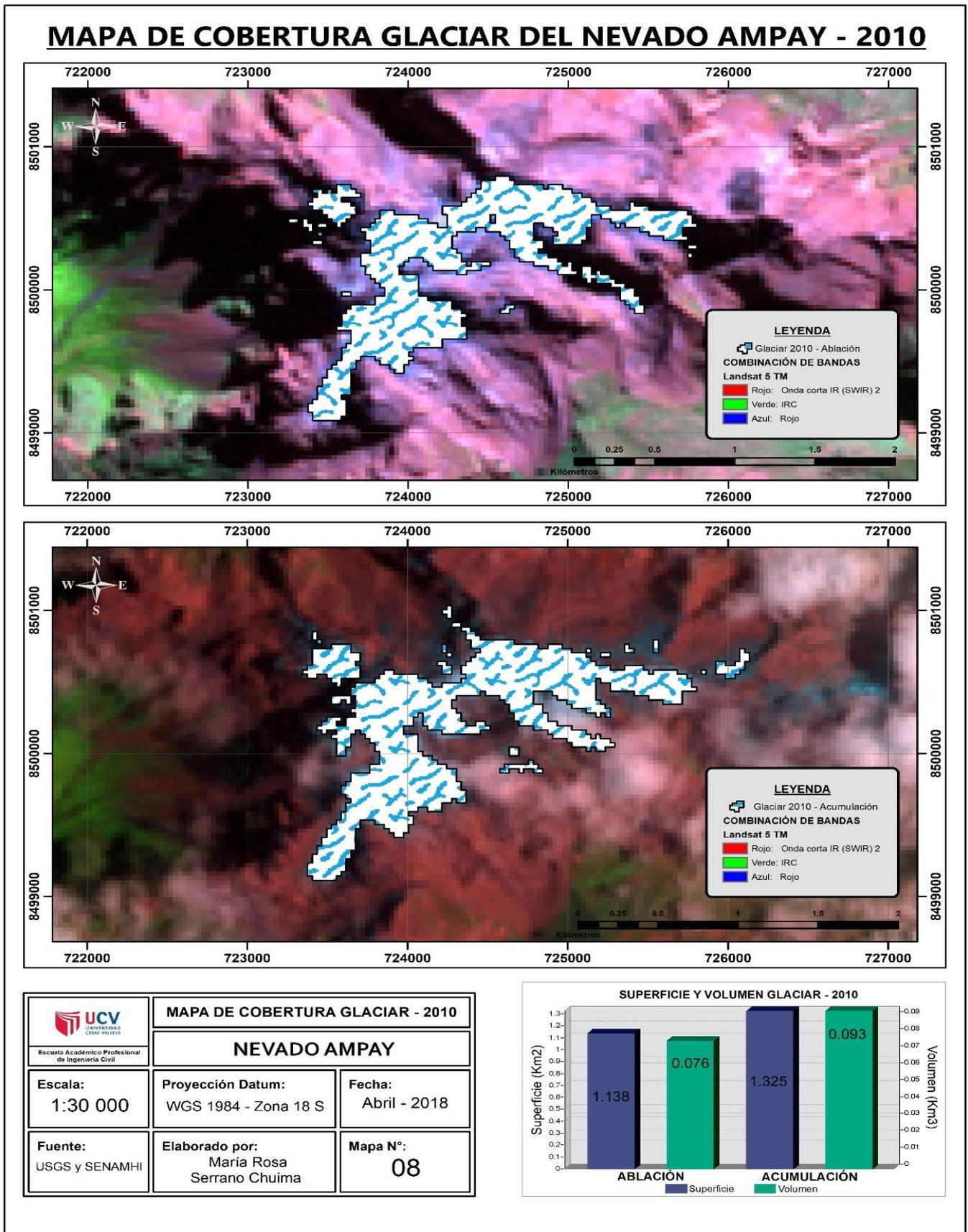
Fuente: propia

Mapa 14: Mapa de cobertura glaciar año 2009



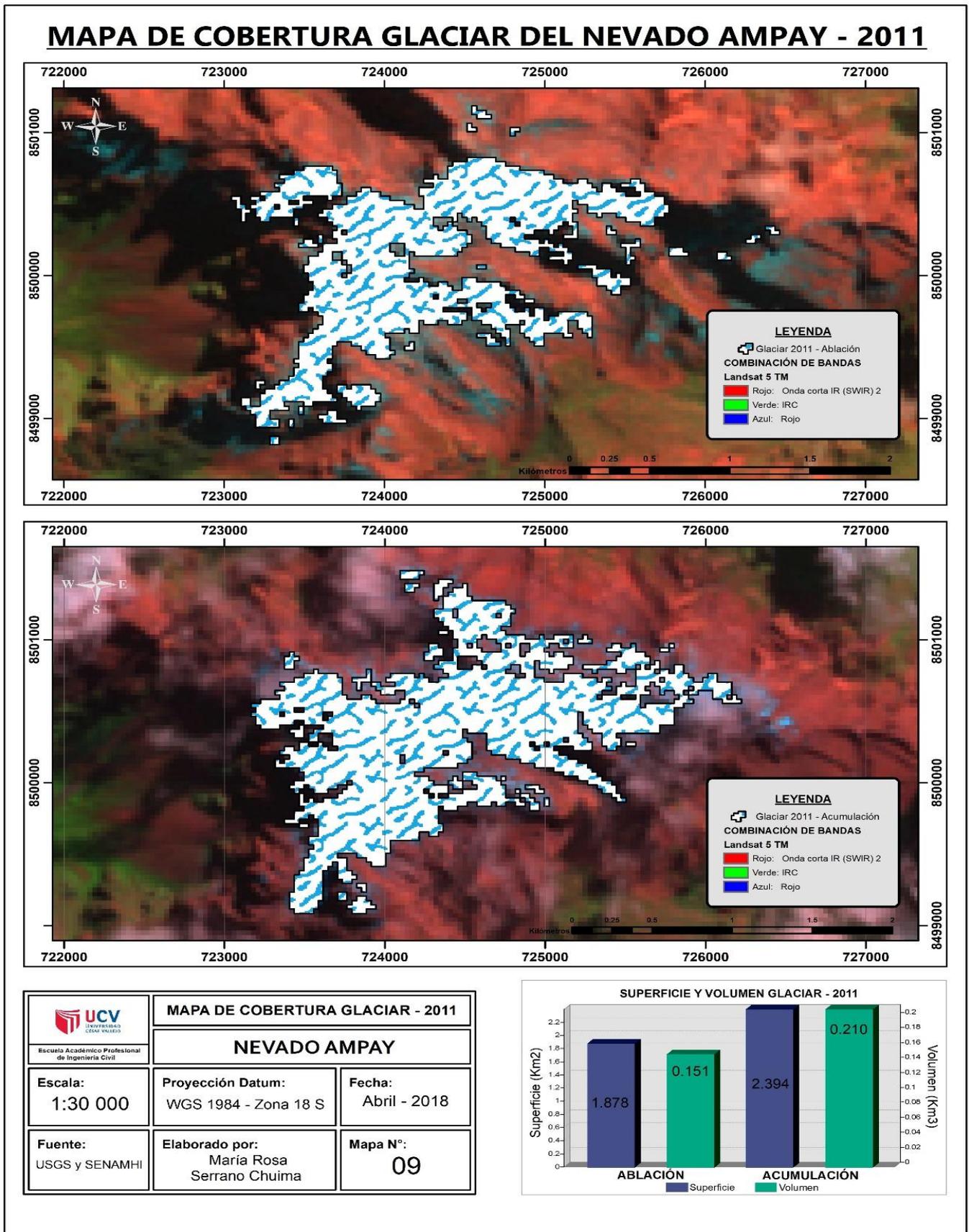
Fuente: propia

Mapa 15: Mapa de cobertura glaciar año 2010



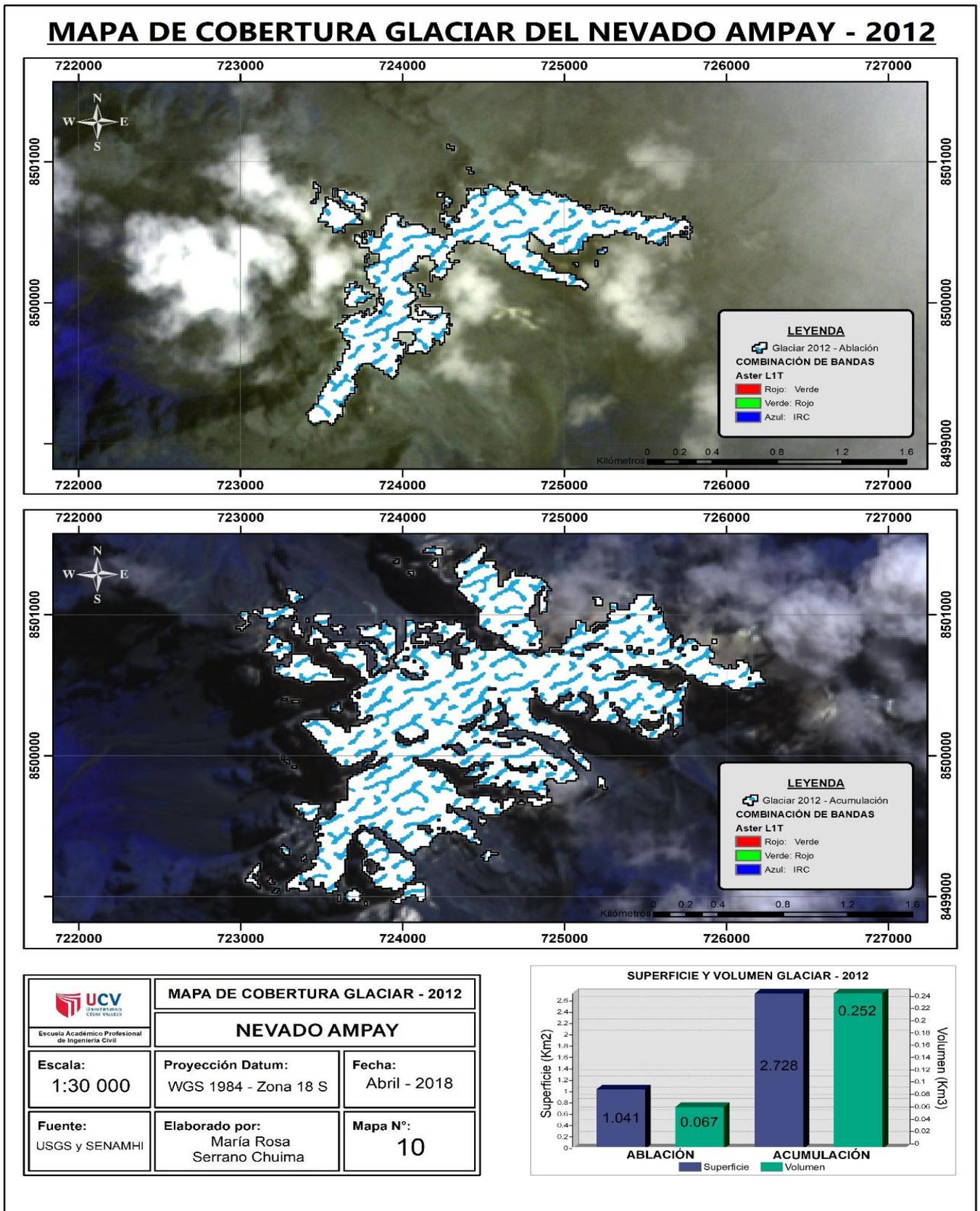
Fuente: propia

Mapa 16: Mapa de cobertura glaciar año 2011



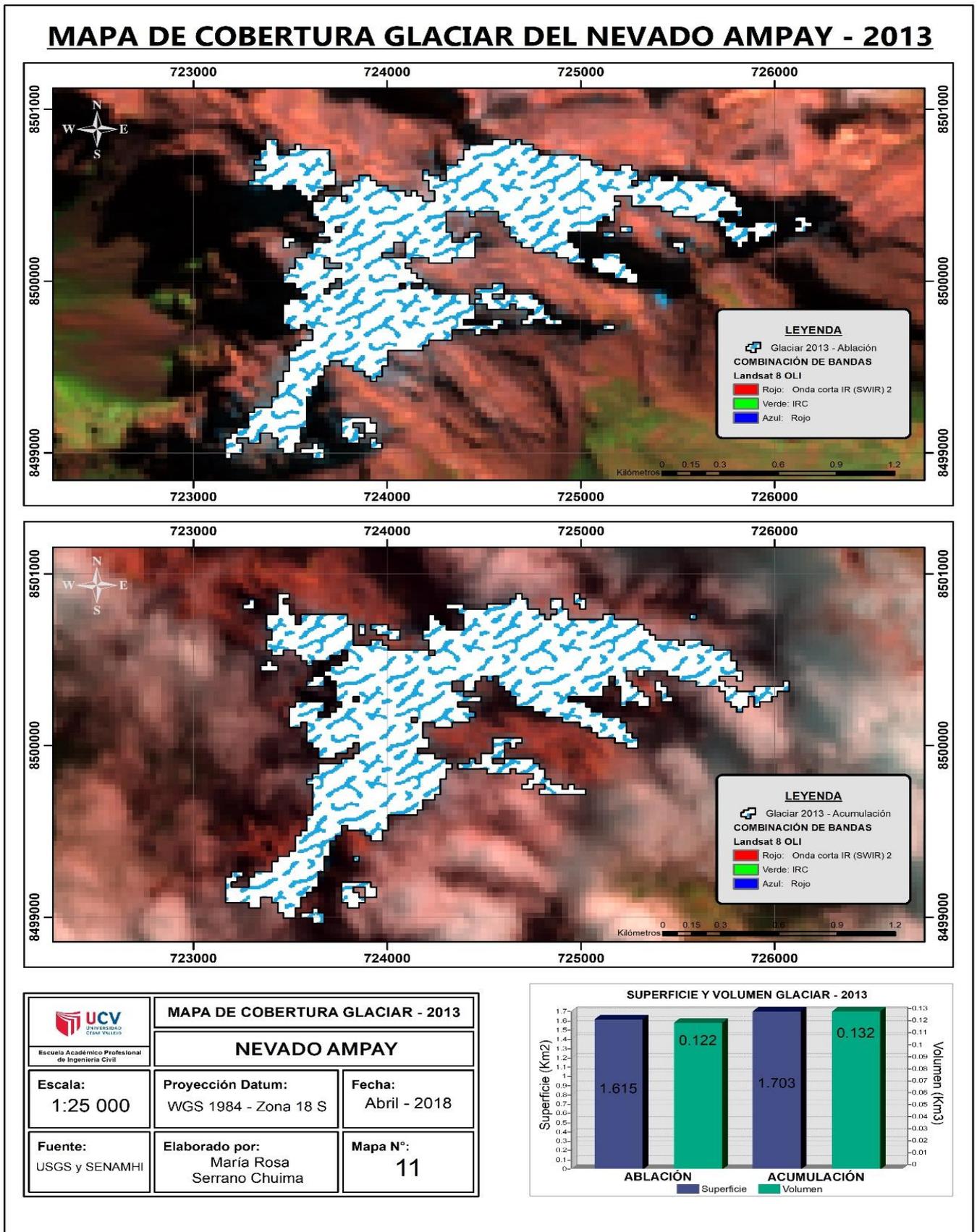
Fuente: propia

Mapa 17: Mapa de cobertura glaciar año 2012



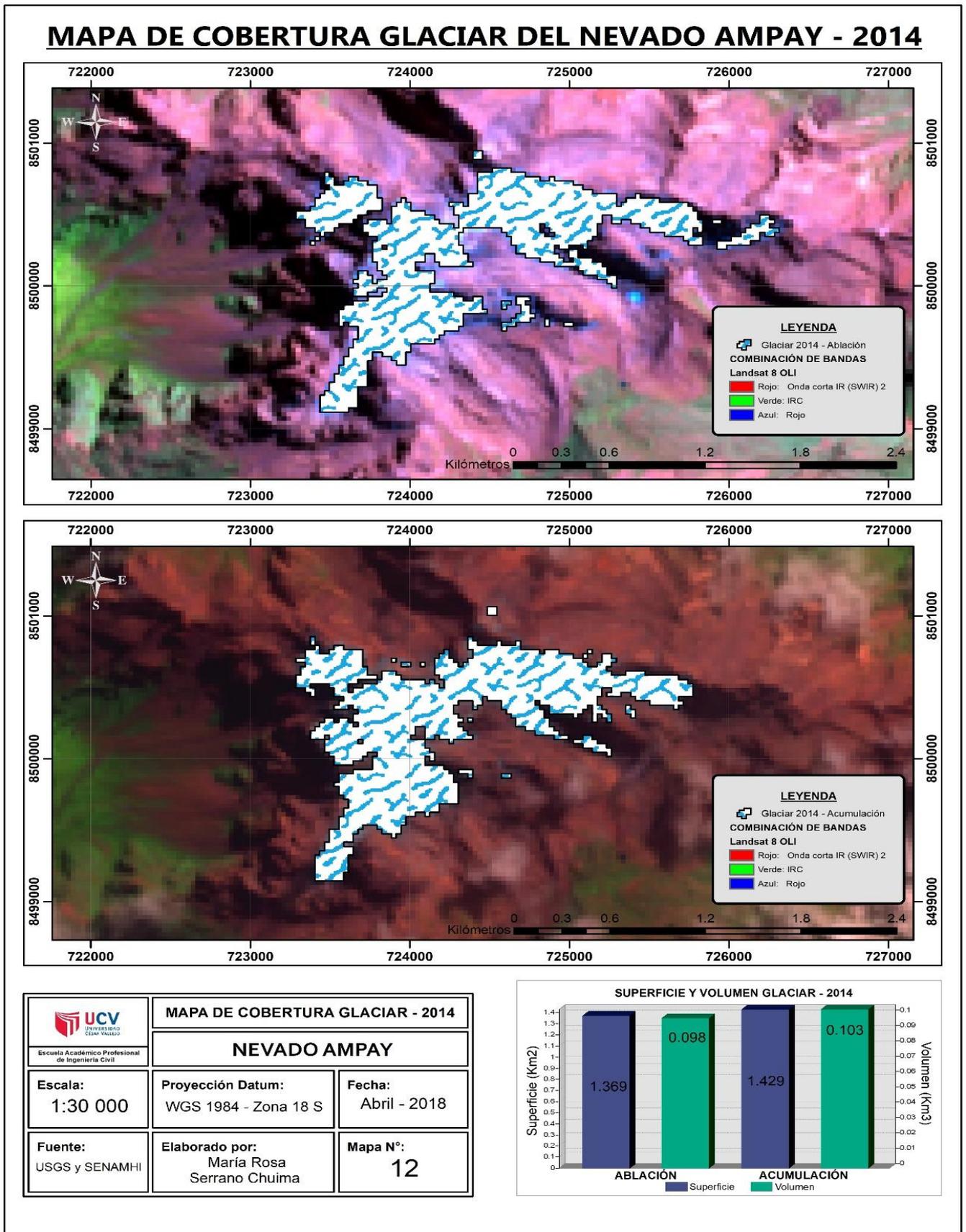
Fuente: propia

Mapa 18: Mapa de cobertura glaciar año 2013



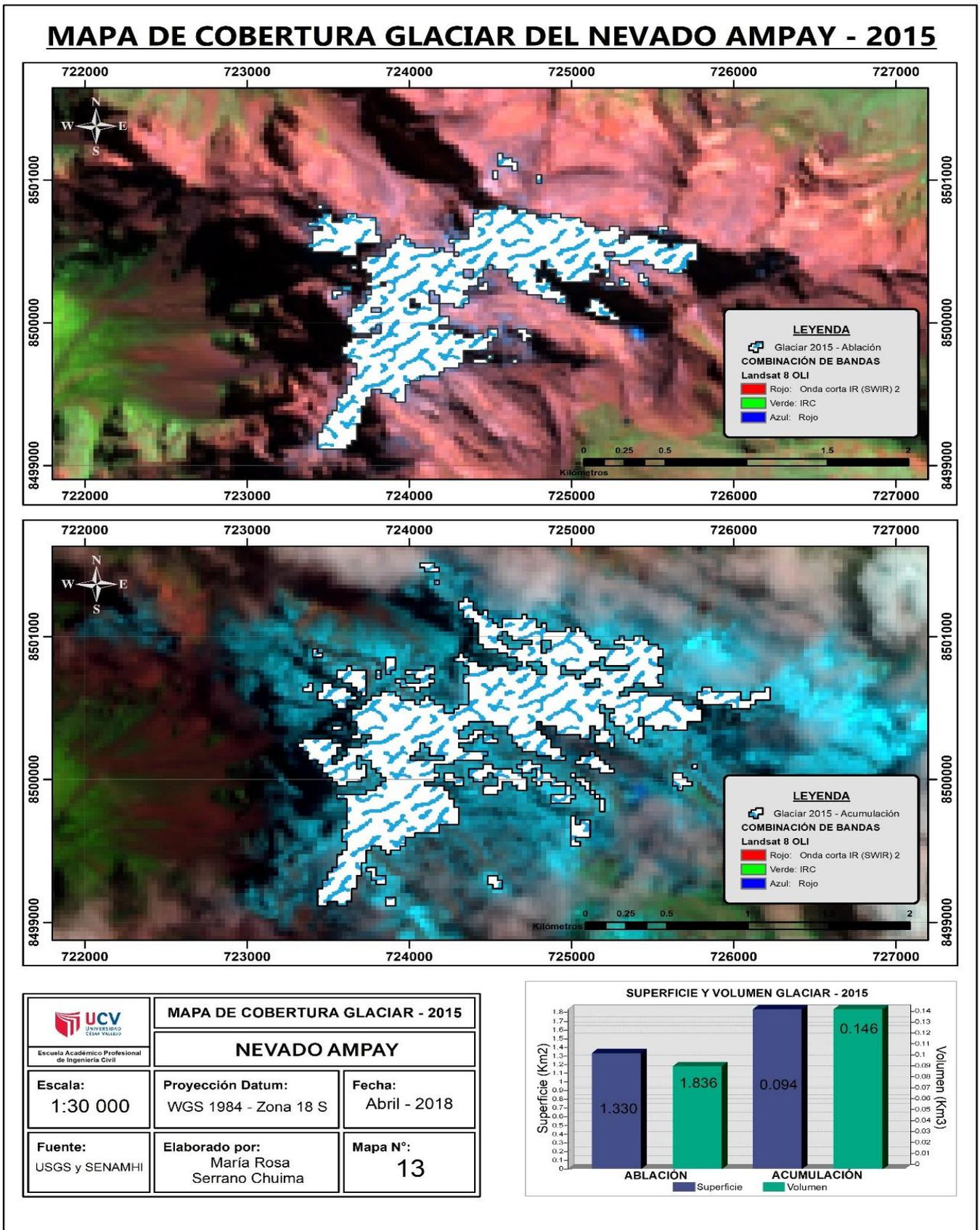
Fuente: propia

Mapa 19: Mapa de cobertura glaciar año 2014



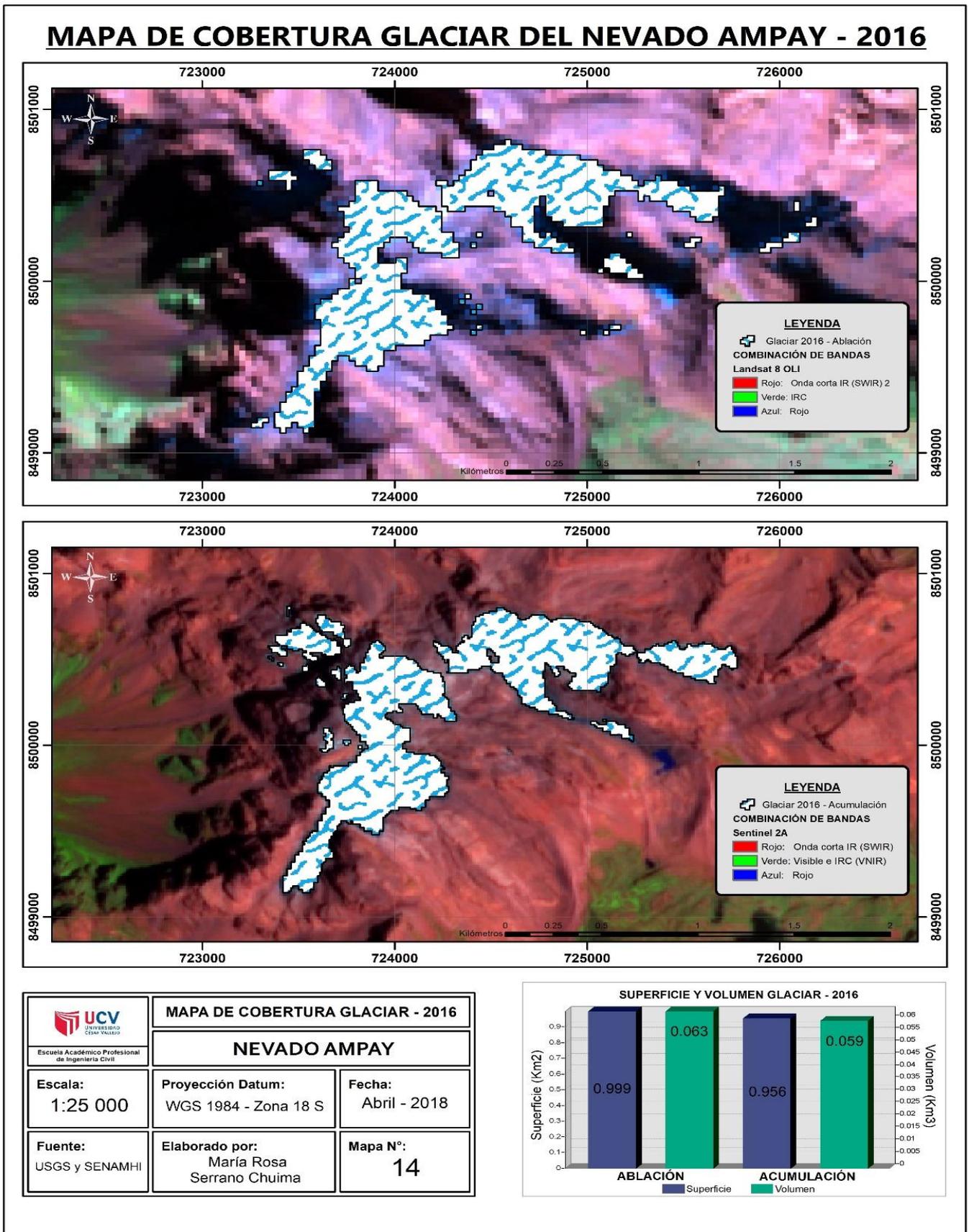
Fuente: propia

Mapa 20: Mapa de cobertura glaciar año 2015



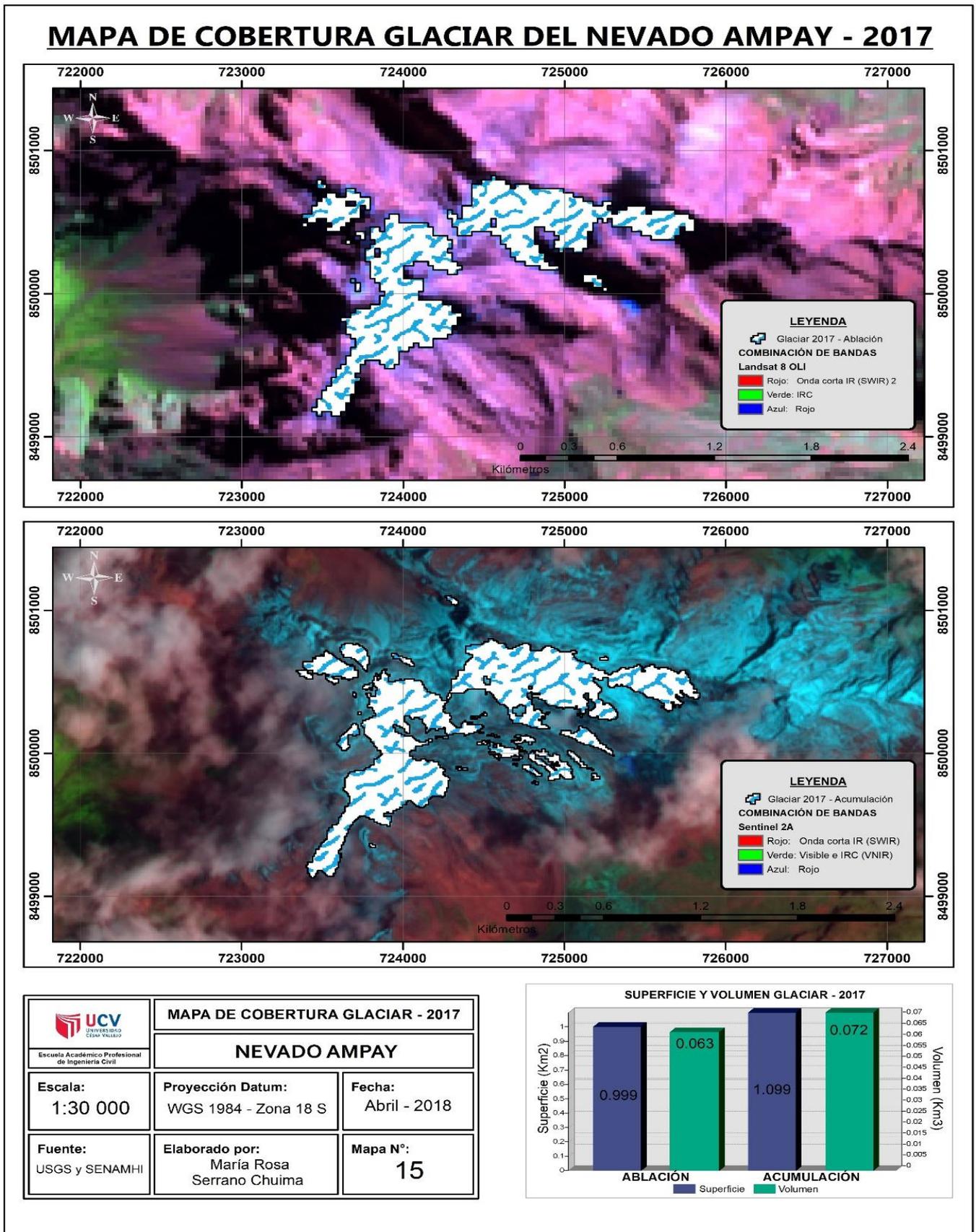
Fuente: propia

Mapa 21: Mapa de cobertura glaciaria año 2016



Fuente: propia

Mapa 22: Mapa de cobertura glaciar año 2017



Fuente: propia

Estimación de área, volumen y caudal glaciar en software ARGIS.

FID	Shape	ANO	EPOCA	AREA_KM2	VOL_KM3	A_KM2_1985	V_KM3_1985	Perd_KM2	Perd_KM3	DIAS	Q_KM3_DIA	Q_L_S
0	Polygon	1985	Ablación	2.376	0.208062	0	0	0	0	0	0	0
1	Polygon	1985	Acumulación	3.1023	0.30024	0	0	0	0	0	0	0
2	Polygon	2007	Ablación	1.476	0.108118	2.376	0.2081	0.9	0.09982	8055	0.000012	143.662404
3	Polygon	2007	Acumulación	1.711539	0.1325	3.1023	0.3002	1.390781	0.1677	8000	0.000021	242.621528
4	Polygon	2008	Ablación	1.7694	0.1387	2.376	0.2081	0.6066	0.0694	8375	0.000008	95.909342
5	Polygon	2008	Acumulación	1.8054	0.1426	3.1023	0.3002	1.2969	0.1576	8352	0.000019	218.399674
6	Polygon	2009	Ablación	1.1988	0.0812	2.376	0.2081	1.1772	0.1269	8720	0.000015	168.434633
7	Polygon	2009	Acumulación	1.3383	0.0945	3.1023	0.3002	1.784	0.2057	8745	0.000024	272.245516
8	Polygon	2010	Ablación	1.1376	0.0756	2.376	0.2081	1.2384	0.1325	9104	0.000015	168.448562
9	Polygon	2010	Acumulación	1.324817	0.0932	3.1023	0.3002	1.777483	0.207	9033	0.000023	265.231189
10	Polygon	2011	Ablación	1.8783	0.1506	2.376	0.2081	0.4977	0.0575	9488	0.000006	70.142207
11	Polygon	2011	Acumulación	2.394	0.2102	3.1023	0.3002	0.7083	0.09	9481	0.000009	109.868861
12	Polygon	2012	Ablación	1.04126	0.0689	2.376	0.2081	1.33474	0.1412	9883	0.000014	163.704223
13	Polygon	2012	Acumulación	2.727903	0.2516	3.1023	0.3002	0.374397	0.0486	9857	0.000005	57.066044
14	Polygon	2013	Ablación	1.6146	0.1223	2.376	0.2081	0.7614	0.0858	10192	0.000008	97.434807
15	Polygon	2013	Acumulación	1.702658	0.1316	3.1023	0.3002	1.399642	0.1686	10192	0.000017	191.462803
16	Polygon	2014	Ablación	1.369801	0.0976	2.376	0.2081	1.006199	0.1105	10615	0.00001	120.483767
17	Polygon	2014	Acumulación	1.429126	0.1034	3.1023	0.3002	1.673174	0.1968	10589	0.000019	215.514976
18	Polygon	2015	Ablación	1.3302	0.0937	2.376	0.2081	1.0458	0.1144	10951	0.00001	120.908965
19	Polygon	2015	Acumulación	1.836	0.146	3.1023	0.3002	1.2663	0.1542	10889	0.000014	163.901389
20	Polygon	2016	Ablación	0.999901	0.0633	2.376	0.2081	1.376999	0.1448	11312	0.000013	148.154696
21	Polygon	2016	Acumulación	0.9563	0.0595	3.1023	0.3002	2.146	0.2407	11196	0.000021	248.82812
22	Polygon	2017	Ablación	0.999	0.0632	2.376	0.2081	1.377	0.1449	11671	0.000012	143.896627
23	Polygon	2017	Acumulación	1.098605	0.072	3.1023	0.3002	2.003895	0.2282	11566	0.00002	228.359303

Figura 26: Estimación de volumen y caudal glaciar en ArGis

Fuente: Propia

3.4. Resultados

De acuerdo a todos los análisis realizados anteriormente se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 17: Resultados de superficie, volumen y caudal glaciar

AÑOS DE ESTUDIO	FECHA DE IMAGEN ADQUIRIDA		SATÉLITE/SENSOR		UMBRALES (NDSI)		SUPERFICIE (Km ²)		VOLUMEN (Km ³)		CAUDAL DE APOORTE DEL GLACIAR (L/s)	
	TEMPORADA DE ABLACIÓN	TEMPORADA DE ACUMULACIÓN	TEMPORADA DE ABLACIÓN	TEMPORADA DE ACUMULACIÓN	TEMPORADA DE ABLACIÓN	TEMPORADA DE ACUMULACIÓN	TEMPORADA DE ABLACIÓN	TEMPORADA DE ACUMULACIÓN	TEMPORADA DE ABLACIÓN	TEMPORADA DE ACUMULACIÓN	TEMPORADA DE ABLACIÓN	TEMPORADA DE ACUMULACIÓN
1985	01/08/1985	20/05/1985	LANDSAT 5 MSS	LANDSAT 5 TM	0.32 (*)	0.35	2.38	3.10	0.21	0.30		
2007	21/08/2007	15/04/2007	LANDSAT 5 TM	LANDSAT 5 TM	0.28	0.28	1.48	1.71	0.11	0.13	143.61	242.64
2008	06/07/2008	01/04/2008	LANDSAT 5 TM	LANDSAT 5 TM	0.30	0.25	1.77	1.81	0.14	0.14	93.40	218.42
2009	16/06/2009	29/04/2009	LANDSAT 5 TM	LANDSAT 5 TM	0.34	0.40	1.20	1.34	0.08	0.09	168.35	272.30
2010	05/07/2010	11/02/2010	LANDSAT 5 TM	LANDSAT 5 TM	0.29	0.33	1.14	1.32	0.08	0.09	169.58	265.30
2011	24/07/2011	05/05/2011	LANDSAT 5 TM	LANDSAT 5 TM	0.45	0.31	1.88	2.39	0.15	0.21	53.56	106.82
2012	30/11/2012	15/05/2012	ASTER L1T	ASTER L1T	0.20	0.30	1.04	2.73	0.07	0.25	163.64	57.14
2013	27/06/2013	15/04/2013	LANDSAT 8 OLI	LANDSAT 8 OLI	0.14	0.17	1.61	1.70	0.12	0.13	71.64	219.63
2014	24/08/2014	27/04/2014	LANDSAT 8 OLI	LANDSAT 8 OLI	0.13	0.11	1.37	1.43	0.10	0.10	121.34	215.53
2015	26/07/2015	13/03/2015	LANDSAT 8 OLI	LANDSAT 8 OLI	0.14	0.75	1.33	1.84	0.09	0.15	118.92	123.03
2016	21/07/2016	14/01/2016	LANDSAT 8 OLI	SENTINEL 2A	0.12	0.24	1.00	0.96	0.06	0.06	113.23	248.84
2017	15/07/2017	18/01/2017	LANDSAT 8 OLI	SENTINEL 2A	0.12	0.61	1.00	1.10	0.06	0.07	143.65	228.36

Fuente: Propia

Evaluación del impacto de la temperatura en el retroceso glaciar de la subcuenca del río Sahuanay

Tabla 18: Resultados de Superficie glaciar/temperaturas máximas en temporada de acumulación

AÑOS DE ESTUDIO	FECHA DE IMAGEN ADQUIRIDA	SATÉLITE/ SENSOR	ÁREA (km2)	TEMPERATURA (°c)
1985	20/05/1985	LANDSAT 5 TM	3.10	17.13
2007	15/04/2007	LANDSAT 5 TM	1.71	19.33
2008	01/04/2008	LANDSAT 5 TM	1.81	19.24
2009	29/04/2009	LANDSAT 5 TM	1.34	19.79
2010	11/02/2010	LANDSAT 5 TM	1.32	20.50
2011	05/05/2011	LANDSAT 5 TM	2.39	20.75
2012	15/05/2012	ASTER L1T	2.73	19.81
2013	15/04/2013	LANDSAT 8 OLI	1.70	21.28
2014	27/04/2014	LANDSAT 8 OLI	1.43	22.09
2015	13/03/2015	LANDSAT 8 OLI	1.84	22.12
2016	14/01/2016	SENTINEL 2A	0.96	22.66
2017	18/01/2017	SENTINEL 2A	1.10	22.20
TOTAL			21.43	246.90
Desviación estándar (DS)			0.65	1.61
Promedio			1.79	20.57
Coefficiente de Variación (CV)			0.37	0.08

Fuente: propia

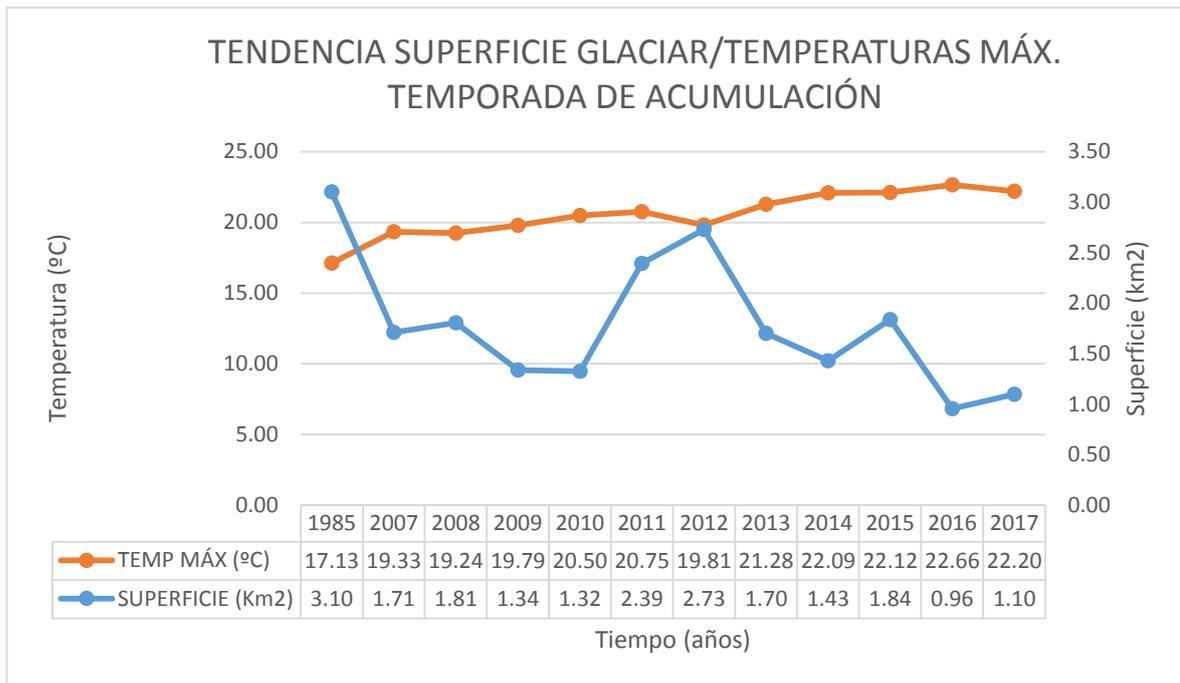


Figura 27: Resultado de influencia superficie/temperaturas máximas en temporada de acumulación

Fuente: propia

Interpretación: los valores de la figura 27 presentan las áreas estimadas a partir de imágenes satelitales procesadas en QGis con CV=0.37 y las temperaturas máximas calculadas por el método de interpolación espacial en ArcGis cuyo CV=0.08; Como puede evidenciarse, las áreas que se reportan manifiestan una reducción progresiva de la superficie glaciar según se va incrementando la temperatura, en el año 1985 se tenía una área de 3.10 km² a una temperatura máxima de 17.13°C que corresponde a la menor temperatura registrada; a partir de ella se produce una tendencia ascendente de la temperatura hasta el año 2012 donde se produce un quiebre presentando una temperatura máxima de 19.81°C, lo cual conlleva al incremento de superficie glaciar llegando a 2.73km², esta variación se debería a otros factores meteorológicos, así mismo se evidencia un área mínima de 0.96 km² a una temperatura de 22.66°C en el año 2016; Cabe mencionar que durante todos los años de estudio se obtiene una variación de temperatura de 5.53 °C de temperaturas máximas en temporada de acumulación.

Tabla 19: Resultados superficie glaciar/temperaturas máximas en temporada de ablación

AÑOS DE ESTUDIO	FECHA DE IMAGEN ADQUIRIDA	SATÉLITE/ SENSOR	ÁREA (km ²)	TEMPERATURA (°c)
1985	20/05/1985	LANDSAT 5 TM	2.38	20.55
2007	15/04/2007	LANDSAT 5 TM	1.48	22.52
2008	01/04/2008	LANDSAT 5 TM	1.77	22.89
2009	29/04/2009	LANDSAT 5 TM	1.20	22.22
2010	11/02/2010	LANDSAT 5 TM	1.14	23.22
2011	05/05/2011	LANDSAT 5 TM	1.88	22.00
2012	15/05/2012	ASTER L1T	1.04	22.38
2013	15/04/2013	LANDSAT 8 OLI	1.61	22.75
2014	27/04/2014	LANDSAT 8 OLI	1.37	22.54
2015	13/03/2015	LANDSAT 8 OLI	1.33	23.64
2016	14/01/2016	SENTINEL 2A	1.00	23.26
2017	18/01/2017	SENTINEL 2A	1.00	22.89
TOTAL			17.19	270.86
Desviación estándar (DS)			0.42	0.79
Promedio			1.43	22.57
Coefficiente de Variación (CV)			0.29	0.03

Fuente: propia

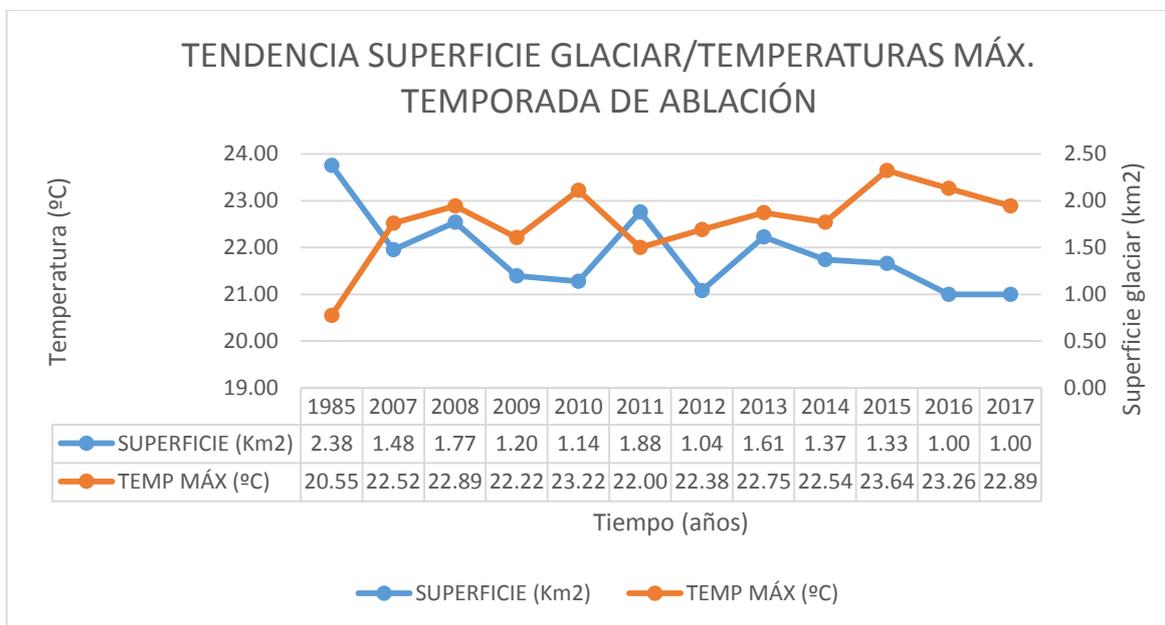


Figura 28: Resultado de influencia superficie/temperaturas máximas en temporada de ablación

Fuente: propia

Interpretación: los valores de la figura 28 presentan las áreas estimadas a partir de imágenes satelitales procesadas en QGis con CV=0.28 y las temperaturas máximas calculadas por el método de interpolación espacial en ArcGis cuyo CV=0.03; Como puede evidenciarse, las áreas que se reportan manifiestan una reducción progresiva de la superficie glaciar según se va incrementando la temperatura, en el año 1985 se tenía una área de 2.38 km² a una temperatura máxima de 20.55°C que corresponde a la menor temperatura registrada; a partir de ella se produce una tendencia ascendente de la temperatura hasta el año 2011 donde se produce un quiebre presentando una temperatura máxima de 22.00°C, lo cual conlleva al incremento de superficie glaciar llegando a 1.88km², esta variación se debería a otros factores meteorológicos, así mismo se evidencia un área mínima de 1.00 km² a una temperatura de 23.26 °C en el año 2016; Cabe mencionar que durante todos los años de estudio se obtiene una variación de temperatura de 3.09°C de temperaturas máximas en temporada de ablación.

Tabla 20: Resultados de análisis superficie glaciar/temperaturas mínimas en temporada de acumulación

AÑOS DE ESTUDIO	FECHA DE IMAGEN ADQUIRIDA	SATÉLITE/ SENSOR	ÁREA (km²)	TEMPERATURA (°c)
1985	20/05/1985	LANDSAT 5 TM	3.10	-2.19
2007	15/04/2007	LANDSAT 5 TM	1.71	-0.01
2008	01/04/2008	LANDSAT 5 TM	1.81	-0.10
2009	29/04/2009	LANDSAT 5 TM	1.34	-0.08
2010	11/02/2010	LANDSAT 5 TM	1.32	0.85
2011	05/05/2011	LANDSAT 5 TM	2.39	0.41
2012	15/05/2012	ASTER L1T	2.73	0.35
2013	15/04/2013	LANDSAT 8 OLI	1.70	0.68
2014	27/04/2014	LANDSAT 8 OLI	1.43	0.96
2015	13/03/2015	LANDSAT 8 OLI	1.84	1.20
2016	14/01/2016	SENTINEL 2A	0.96	1.20
2017	18/01/2017	SENTINEL 2A	1.10	1.59
TOTAL			21.43	4.86
Desviación estándar (DS)			0.65	0.98
PROMEDIO			1.79	0.41
Coefficiente de Variación (CV)			0.37	2.43

Fuente: propia

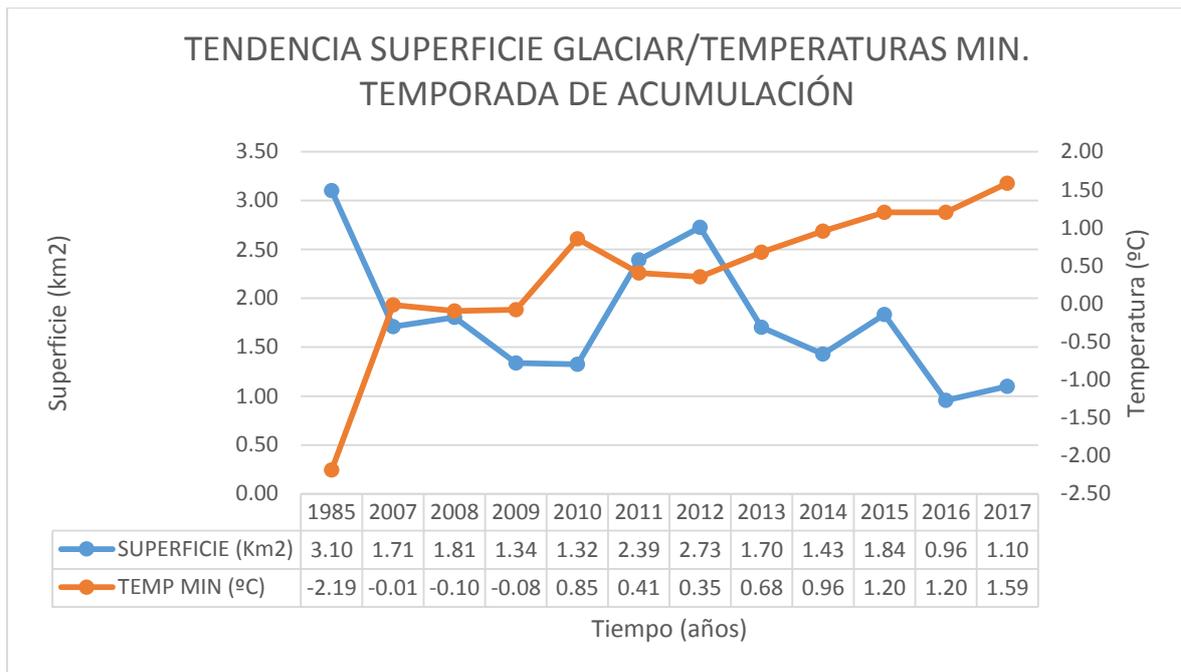


Figura 29: Resultado Tendencia superficie/temperaturas mínimas en temporada de acumulación

Fuente: propia

Interpretación: los valores de la figura 29 presentan las áreas estimadas a partir de imágenes satelitales procesadas en QGis con CV=0.37 y las temperaturas máximas calculadas por el método de interpolación espacial en ArcGis cuyo CV=2.43; Como puede evidenciarse, las áreas que se reportan manifiestan una reducción progresiva de la superficie glaciar según se va incrementando la temperaturas mínimas, en el año 1985 se tenía una área de 3.10 km² a una temperatura mínima de -2.19°C que corresponde a la menor temperatura registrada; a partir de ella se produce una tendencia ascendente de la temperatura hasta el año 2012 donde se produce un quiebre presentando una temperatura mínima de 0.35°C, lo cual conlleva al incremento de superficie glaciar llegando a 2.73km², esta variación se debería a otros factores meteorológicos, así mismo se evidencia un área mínima de 0.96 km² a una temperatura de 1.20°C en el año 2016; Cabe mencionar que durante todos los años de estudio se obtiene una variación de temperatura de 3.78°C de temperaturas mínimas en temporada de ablación.

Tabla 21: Resultado de análisis superficie glaciar/temperaturas mínimas en temporada de ablación

AÑOS DE ESTUDIO	FECHA DE IMAGEN ADQUIRIDA	SATÉLITE/ SENSOR	ÁREA (km ²)	TEMPERATURA (°c)
1985	20/05/1985	LANDSAT 5 TM	2.38	2.51
2007	15/04/2007	LANDSAT 5 TM	1.48	2.58
2008	01/04/2008	LANDSAT 5 TM	1.77	2.60
2009	29/04/2009	LANDSAT 5 TM	1.20	3.11
2010	11/02/2010	LANDSAT 5 TM	1.14	3.51
2011	05/05/2011	LANDSAT 5 TM	1.88	3.87
2012	15/05/2012	ASTER L1T	1.04	3.27
2013	15/04/2013	LANDSAT 8 OLI	1.61	3.79
2014	27/04/2014	LANDSAT 8 OLI	1.37	3.80
2015	13/03/2015	LANDSAT 8 OLI	1.33	4.80
2016	14/01/2016	SENTINEL 2A	1.00	5.23
2017	18/01/2017	SENTINEL 2A	1.00	4.57
TOTAL			17.19	43.64
Desviación estándar (DS)			0.42	0.89
PROMEDIO			1.43	3.64
Coefficiente de Variación (CV)			0.29	0.25

Fuente: propia

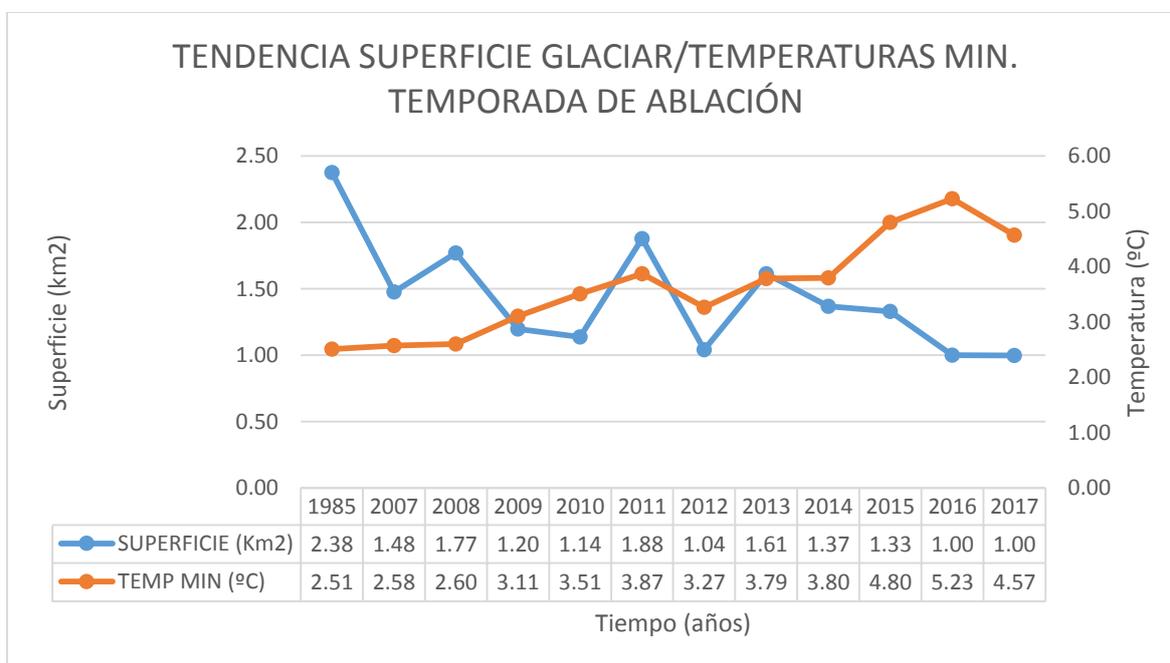


Figura 30: Resultado tendencia superficie/temperaturas mínimas en temporada de ablación

Fuente: propia

Interpretación: los valores de la figura 30 presentan las áreas estimadas a partir de imágenes satelitales procesadas en QGis con $CV=0.29$ y las temperaturas mínimas calculadas por el método de interpolación espacial en ArcGis cuyo $CV=0.25$; Como puede evidenciarse, las áreas que se reportan manifiestan una reducción progresiva de la superficie glaciar según se va incrementando la temperatura, en el año 1985 se tenía una área de 2.38 km^2 a una temperatura mínima de 2.51°C que corresponde a la menor temperatura registrada; a partir de ella se produce una tendencia ascendente de la temperatura hasta el año 2012 donde se produce un quiebre presentando una temperatura máxima de 3.27°C , lo cual conlleva al incremento de superficie glaciar llegando a 1.04 km^2 , esta variación se debería a otros factores meteorológicos, así mismo se evidencia un área mínima de 1.00 km^2 a una temperatura mínima más alta registrada de 5.23°C en el año 2016; Cabe mencionar que durante todos los años de estudio se obtiene una variación de temperatura de 2.72°C de temperaturas mínimas en temporada de ablación.

Después de realizar todos los análisis de temperaturas máximas y mínimas en temporadas de acumulación y ablación se concluye que el mayor impacto producido por este parámetro se da en temporadas de ablación donde las temperaturas máximas y mínimas son mayores, siendo la más alta de 23.64°C en el 2015 manteniendo una tendencia ascendente en ambas temporadas, sin nunca bajar hasta el mínimo registrado de -2.19°C en el año 1985; este incremento de temperatura trajo consigo la pérdida de 1.38 km^2 de glaciar durante las temporadas de ablación y 2.14 km^2 durante las temporadas de acumulación, por ende se establece que existe una relación inversa entre la temperatura y la disminución de superficie glaciar, indicando que a mayor temperatura, menor superficie glaciar.

Cálculo de la influencia de la precipitación en el retroceso glaciar de la subcuenca del río Sahuanay

Tabla 22: Resultado de análisis volumen glaciar/precipitación en temporada de acumulación

AÑOS DE ESTUDIO	FECHA DE IMAGEN ADQUIRIDA	SATÉLITE/ SENSOR	VOLUMEN (Km3)	PRECIPITACIÓN (mm)
1985	20/05/1985	LANDSAT 5 TM	0.30	135.72
2007	15/04/2007	LANDSAT 5 TM	0.13	102.33
2008	01/04/2008	LANDSAT 5 TM	0.14	104.72
2009	29/04/2009	LANDSAT 5 TM	0.09	102.92
2010	11/02/2010	LANDSAT 5 TM	0.09	103.08
2011	05/05/2011	LANDSAT 5 TM	0.21	121.57
2012	15/05/2012	ASTER L1T	0.25	150.78
2013	15/04/2013	LANDSAT 8 OLI	0.13	111.30
2014	27/04/2014	LANDSAT 8 OLI	0.10	119.67
2015	13/03/2015	LANDSAT 8 OLI	0.15	120.93
2016	14/01/2016	SENTINEL 2A	0.06	90.01
2017	18/01/2017	SENTINEL 2A	0.07	99.02
TOTAL			1.74	1362.05
Desviación estándar (DS)			0.07	17.14
PROMEDIO			0.14	113.50
Coefficiente de Variación (CV)			0.51	0.15

Fuente: Propia

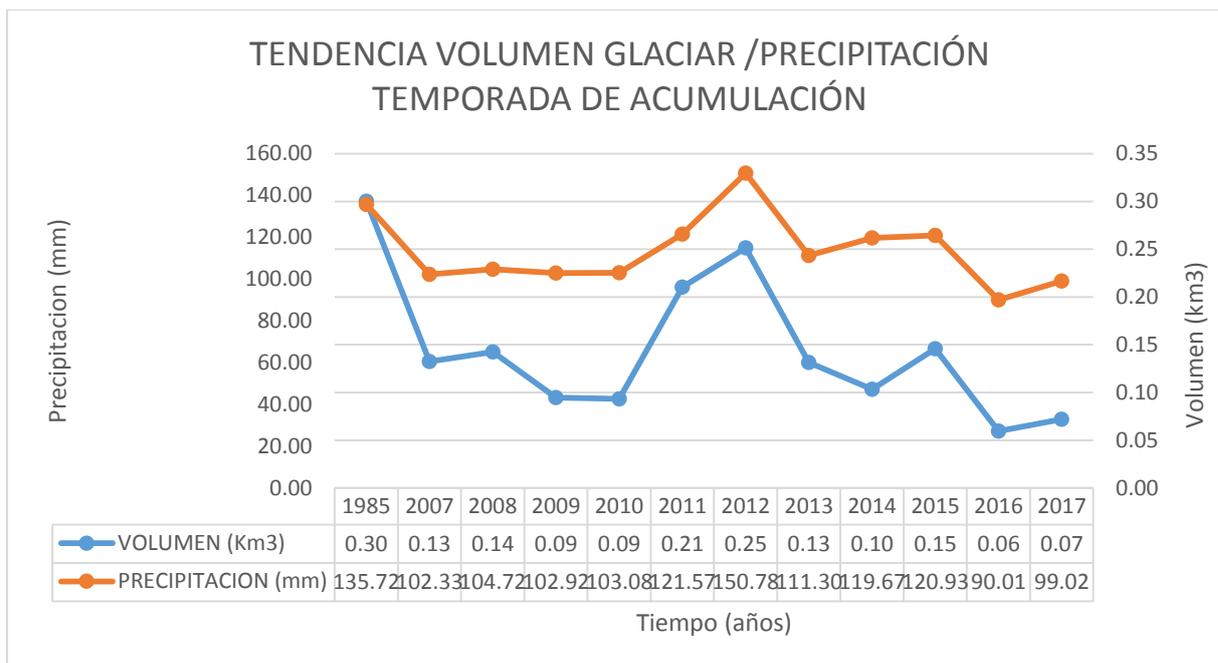


Figura 31: Resultados de tendencia volumen glaciar/precipitación en temporada de acumulación

Fuente: propia

Interpretación: los valores de la figura 31 presentan las áreas estimadas a partir de imágenes satelitales procesadas en QGIS con $CV=0.51$ y las temperaturas mínimas calculadas por el método de interpolación espacial en ArcGIS cuyo $CV=0.15$; Como puede evidenciarse, volúmenes que se reportan manifiestan una reducción progresiva según va disminuyendo las precipitaciones, en el año 1985 se tenía un volumen de 0.30 km^3 con una precipitación de 135.72 mm que corresponde a la mayor cantidad de lluvias registradas; a partir de ella se produce una tendencia descendente de la precipitación hasta el año 2012 donde se produce un ascenso de precipitaciones 150.78 mm lo cual conlleva a un incremento de volumen de 0.25 km^3 , siguiendo la tendencia descendente para el 2016 se tiene 90.01 mm de precipitaciones y un volumen glaciar de 0.06 km^3 , que son los mínimos registrados durante todos los años de estudio. En ese sentido se concluye que existe una relación directa entre las precipitaciones y la pérdida de volumen glaciar, estableciendo que a mayor precipitación, mayor volumen glaciar en temporada de acumulación.

Tabla 23: Resultados de análisis volumen glaciar/precipitación en temporada de ablación.

AÑOS DE ESTUDIO	FECHA DE IMAGEN ADQUIRIDA	SATÉLITE/ SENSOR	VOLUMEN (Km3)	PRECIPITACIÓN (mm)
1985	01/08/1985	LANDSAT 5 MSS	0.21	14.96
2007	21/08/2007	LANDSAT 5 TM	0.11	10.78
2008	06/07/2008	LANDSAT 5 TM	0.14	12.33
2009	16/06/2009	LANDSAT 5 TM	0.08	12.23
2010	05/07/2010	LANDSAT 5 TM	0.08	11.07
2011	24/07/2011	LANDSAT 5 TM	0.15	17.15
2012	30/11/2012	ASTER L1T	0.07	14.68
2013	27/06/2013	LANDSAT 8 OLI	0.12	15.60
2014	24/08/2014	LANDSAT 8 OLI	0.10	12.73
2015	26/07/2015	LANDSAT 8 OLI	0.09	9.88
2016	21/07/2016	LANDSAT 8 OLI	0.06	19.00
2017	15/07/2017	LANDSAT 8 OLI	0.06	16.63
TOTAL			1.27	167.06
Desviación estándar (DS)			0.04	2.85
PROMEDIO			0.11	13.92
Coficiente de Variación (CV)			0.41	0.20

Fuente: propia

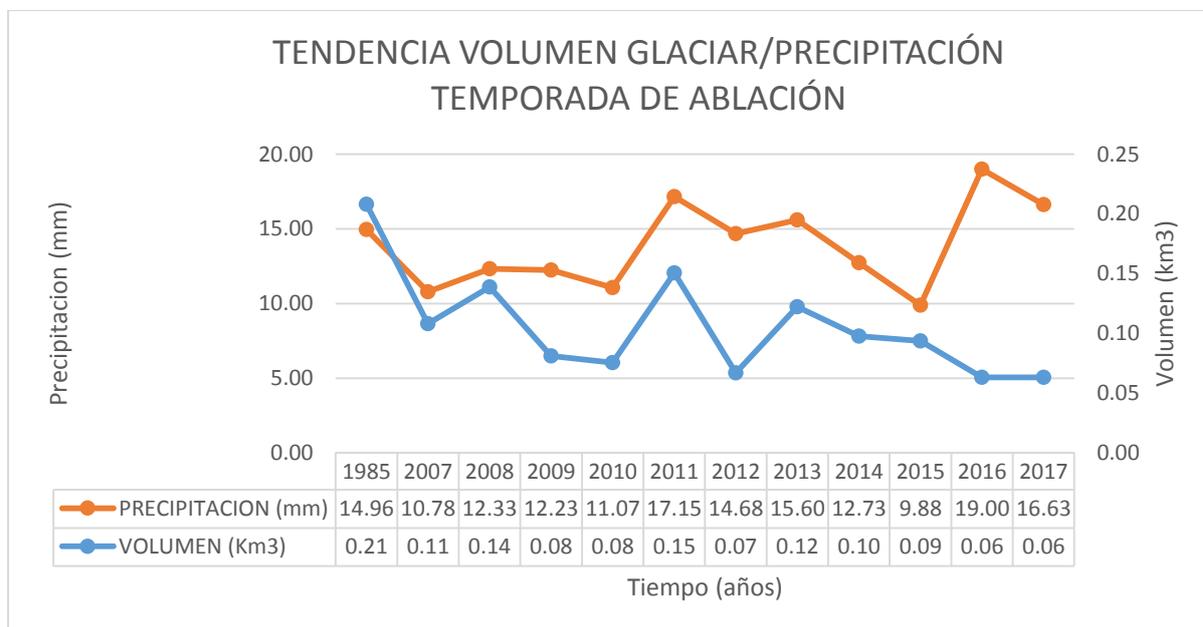


Figura 32: Resultados de tendencia volumen glaciar/precipitación en temporada de ablación

Fuente: propia

Interpretación: los valores de la figura 32 presentan las áreas estimadas a partir de imágenes satelitales procesadas en QGis con $CV=0.41$ y las temperaturas mínimas calculadas por el método de interpolación espacial en ArcGis cuyo $CV=0.20$; Como puede evidenciarse, los volúmenes que se reportan manifiestan una reducción progresiva mientras las precipitaciones se van incrementando, en el año 1985 se tenía un volumen de 0.21 km^3 con una precipitación de 14.96 mm ; a partir de ella se produce una tendencia descendente de la precipitación hasta el año 2011 donde se produce un ascenso de precipitaciones 17.15 mm lo cual conlleva a un incremento de volumen de 0.15 km^3 , siguiendo la tendencia descendente para el 2016 se tiene 19.00 mm de precipitaciones y un volumen glaciar de 0.06 km^3 , que son los mínimos registrados durante todos los años de estudio. En ese sentido se concluye que existe una relación inversa entre las precipitaciones y la pérdida de volumen glaciar, estableciendo que a mayor precipitación, menor volumen glaciar en temporada de ablación, este resultado indica que las precipitaciones que se presentan durante esta temporada no influyen en el incremento del volumen glaciar, siendo su aporte nulo.

De acuerdo a todos los análisis de precipitaciones en temporadas de acumulación y ablación se concluye que el mayor impacto de pérdida de volumen glaciar se da en temporadas de ablación donde las precipitaciones son escasas, siendo la más baja 9.88 mm en el 2015 y la más alta 150.78 mm en el año 2012; ello conlleva a una pérdida de volumen glaciar de 0.15 km^3 que equivale a un 28.57% de un máximo de 0.21 km^3 en el año 1985 y un mínimo de 0.06 km^3 en los años 2016 y 2017; el comportamiento del volumen glaciar frente a las precipitaciones se da de manera inversa en temporadas de acumulación y ablación; ya que en temporada de acumulación tanto el volumen como la precipitación tienden a disminuir simultáneamente, mientras que en temporada de ablación a mayor precipitación existe menor volumen, este resultado indica que las precipitaciones que se presentan durante esta temporada no influyen en el incremento del volumen glaciar, siendo su aporte nulo.

Estimación la incidencia de la humedad relativa en el retroceso glaciar de la subcuenca del rio Sahuanay

Tabla 24: Resultados de análisis caudal glaciar/humedad relativa en temporada de acumulación

AÑOS DE ESTUDIO	FECHA DE IMAGEN ADQUIRIDA	SATÉLITE/ SENSOR	CAUDAL (l/s)	HUMEDAD RELATIVA (%)
1985	20/05/1985	LANDSAT 5 TM		79.30
2007	15/04/2007	LANDSAT 5 TM	242.64	52.31
2008	01/04/2008	LANDSAT 5 TM	218.42	79.03
2009	29/04/2009	LANDSAT 5 TM	272.30	56.07
2010	11/02/2010	LANDSAT 5 TM	265.30	51.12
2011	05/05/2011	LANDSAT 5 TM	106.82	59.15
2012	15/05/2012	ASTER L1T	57.14	57.10
2013	15/04/2013	LANDSAT 8 OLI	219.63	68.14
2014	27/04/2014	LANDSAT 8 OLI	215.53	74.68
2015	13/03/2015	LANDSAT 8 OLI	123.03	54.88
2016	14/01/2016	SENTINEL 2A	248.84	69.38
2017	18/01/2017	SENTINEL 2A	228.36	74.80
TOTAL			2198.01	775.98
Desviación estándar (DS)			71.05	10.66
PROMEDIO			199.82	64.67
Coefficiente de Variación (CV)			0.36	0.16

Fuente: propia

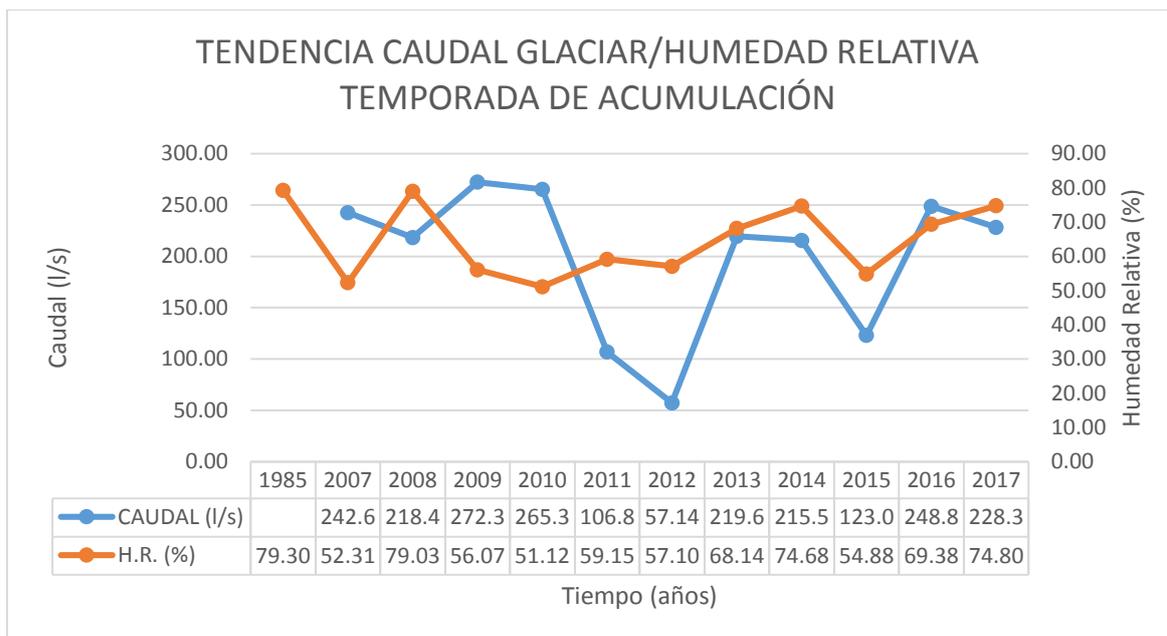


Figura 33: Resultados de tendencias caudal glaciar/humedad relativa en temporada de acumulación

Fuente: propia

Interpretación: los valores de la figura 33 presentan las áreas estimadas a partir de imágenes satelitales procesadas en QGis con $CV=0.36$ y la humedad relativa calculadas por el método de interpolación espacial en ArcGis cuyo $CV=0.16$; Como puede evidenciarse, los caudales que se reportan manifiestan un incremento progresivo leve con bajas en algunos años, según va incrementando levemente las humedades relativas; en el año 2007 el glaciar presentaba un caudal de aporte de 242.6 l/s con una humedad relativa de 52.31%, a partir de ella se produce una tendencia ligeramente descendente de la humedad relativa hasta el año 2010 llegando a 51.12%, con un caudal de 265.3 l/s donde comienza su ascenso continuo hasta alcanzar un máximo de 74.80% en el año 2017 con un caudal de 228.3 l/s. En ese sentido se concluye que existe una relación directa leve entre la humedad relativa y los caudales de aporte glaciar, estableciendo que a mayor humedad relativa, mayor caudal aportado por el glaciar en temporada de acumulación.

Tabla 25: Resultados de análisis de caudal glaciar/humedad relativa en temporada de ablación

AÑOS DE ESTUDIO	FECHA DE IMAGEN ADQUIRIDA	SATÉLITE/ SENSOR	CAUDAL (l/s)	HUMEDAD RELATIVA (%)
1985	01/08/1985	LANDSAT 5 MSS		55.50
2007	21/08/2007	LANDSAT 5 TM	143.61	44.27
2008	06/07/2008	LANDSAT 5 TM	93.40	63.63
2009	16/06/2009	LANDSAT 5 TM	168.35	49.70
2010	05/07/2010	LANDSAT 5 TM	169.58	43.41
2011	24/07/2011	LANDSAT 5 TM	53.56	47.27
2012	30/11/2012	ASTER L1T	163.64	45.55
2013	27/06/2013	LANDSAT 8 OLI	71.64	69.21
2014	24/08/2014	LANDSAT 8 OLI	121.34	67.79
2015	26/07/2015	LANDSAT 8 OLI	118.92	46.84
2016	21/07/2016	LANDSAT 8 OLI	113.23	65.88
2017	15/07/2017	LANDSAT 8 OLI	143.65	65.97
TOTAL			1360.91	665.03
Desviación estándar (DS)			38.95	10.31
PROMEDIO			123.72	55.42
Coefficiente de Variación (CV)			0.31	0.19

Fuente: propia

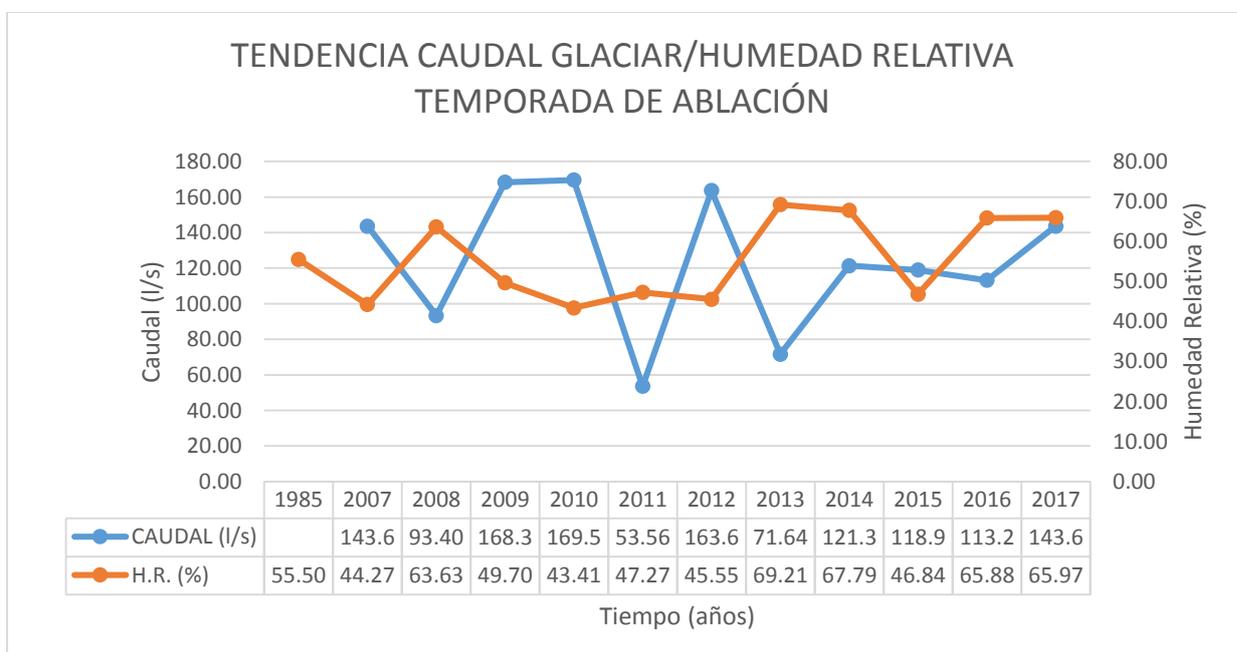


Figura 34: Resultados de tendencias de caudal glaciar/humedad relativa en temporada de ablación

Fuente: propia

Interpretación: los valores de la figura 34 presentan las áreas estimadas a partir de imágenes satelitales procesadas en QGis con $CV=0.31$ y la humedad relativa calculadas por el método de interpolación espacial en ArcGis cuyo $CV=0.19$; Como puede evidenciarse, los caudales que se reportan manifiestan un incremento progresivo leve con bajas en algunos años, según va incrementando levemente las humedades relativas; en el año 2007 el glaciar presentaba un caudal de aporte de 143.6 l/s con una humedad relativa de 44.27%, a partir de ella se produce una tendencia ligeramente descendente de la humedad relativa con bajas bruscas durante algunos años llegando a un máximo de 69.1% en el año 2013 con un caudal de 71.64 l/s; al 2017 se llega con una humedad de 65.97% y un caudal de 143.6 l/s en temporada de ablación. En ese sentido se concluye que existe una relación directa leve entre la humedad relativa y los caudales de aporte glaciar, estableciendo que a mayor humedad relativa, mayor caudal aportado por el glaciar en temporada de ablación.

De acuerdo a todos los análisis de humedad relativa en temporadas de acumulación y ablación se concluye que el mayor impacto hacia los caudales glaciares se da en temporadas de acumulación donde la humedad relativa es mayor, siendo la más alta de 79.30 % en el año 1985 y un mínimo de 51.12 % en el 2010 teniendo una variación de hasta 28.18 % a un ritmo de 19.8 %/año en el 2015. Así mismo el caudal de aporte glaciar presenta una disminución dando un máximo del glaciar es de 272.3 l/s en el año 2009 y un mínimo de 57.14 l/s en el año 2012; teniendo a partir de ello un caudal glaciar aportado de 215.16 l/s, el cual equivale a un 20.98%. En ese sentido se concluye que existe una relación directa leve entre la humedad relativa y los caudales de aporte glaciar, estableciendo que a mayor humedad relativa, mayor caudal aportado por el glaciar; el mayor porcentaje de caudal que fluye del glaciar es en temporadas de acumulación donde existe mayor cobertura y mayores precipitaciones en forma de lluvia.

Determinación del impacto del cambio climático en el retroceso glaciar de la subcuenca del río Sahuanay

Tabla 26: Resultados de superficie glaciar

AÑOS DE ESTUDIO	FECHA DE IMAGEN ADQUIRIDA		SATÉLITE/SENSOR		UMBRALES (NDSI)		SUPERFICIE (Km ²)	
	TEMPORADA DE ABLACIÓN	TEMPORADA DE ACUMULACIÓN	TEMPORADA DE ABLACIÓN	TEMPORADA DE ACUMULACIÓN	TEMPORADA DE ABLACIÓN	TEMPORADA DE ACUMULACIÓN	TEMPORADA DE ABLACIÓN	TEMPORADA DE ACUMULACIÓN
1985	01/08/1985	20/05/1985	LANDSAT 5 MSS	LANDSAT 5 TM	0.32 (*)	0.35	2.38	3.10
2007	21/08/2007	15/04/2007	LANDSAT 5 TM	LANDSAT 5 TM	0.28	0.28	1.48	1.71
2008	06/07/2008	01/04/2008	LANDSAT 5 TM	LANDSAT 5 TM	0.30	0.25	1.77	1.81
2009	16/06/2009	29/04/2009	LANDSAT 5 TM	LANDSAT 5 TM	0.34	0.40	1.20	1.34
2010	05/07/2010	11/02/2010	LANDSAT 5 TM	LANDSAT 5 TM	0.29	0.33	1.14	1.32
2011	24/07/2011	05/05/2011	LANDSAT 5 TM	LANDSAT 5 TM	0.45	0.31	1.88	2.39
2012	30/11/2012	15/05/2012	ASTER L1T	ASTER L1T	0.20	0.30	1.04	2.73
2013	27/06/2013	15/04/2013	LANDSAT 8 OLI	LANDSAT 8 OLI	0.14	0.17	1.61	1.70
2014	24/08/2014	27/04/2014	LANDSAT 8 OLI	LANDSAT 8 OLI	0.13	0.11	1.37	1.43
2015	26/07/2015	13/03/2015	LANDSAT 8 OLI	LANDSAT 8 OLI	0.14	0.75	1.33	1.84
2016	21/07/2016	14/01/2016	LANDSAT 8 OLI	SENTINEL 2A	0.12	0.24	0.96	1.00
2017	15/07/2017	18/01/2017	LANDSAT 8 OLI	SENTINEL 2A	0.12	0.61	1.00	1.10

Fuente: propia

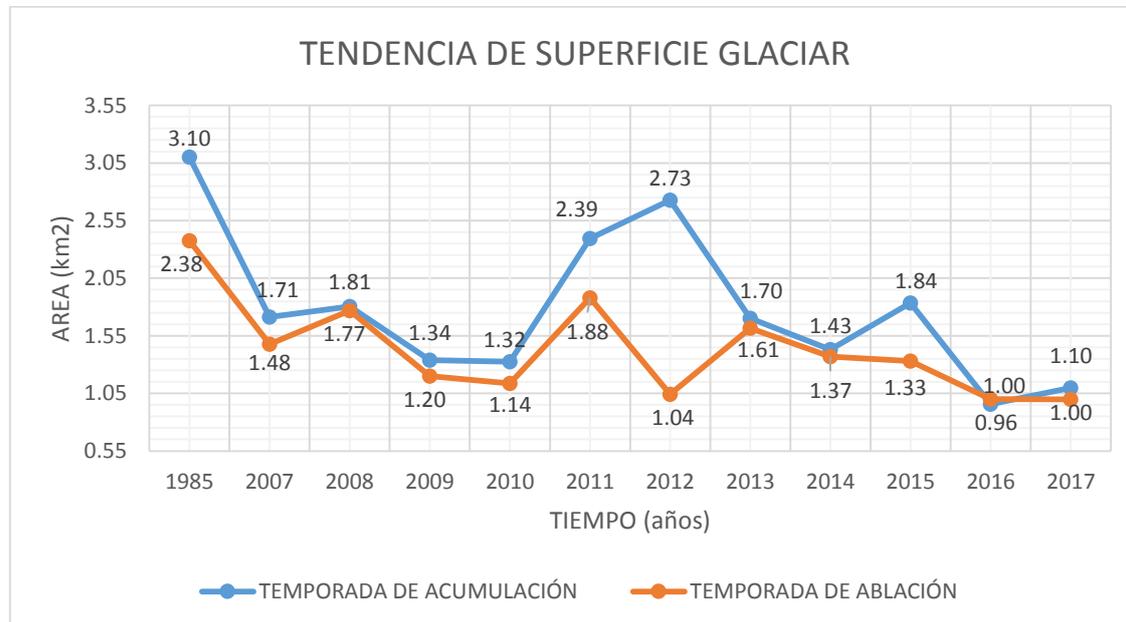
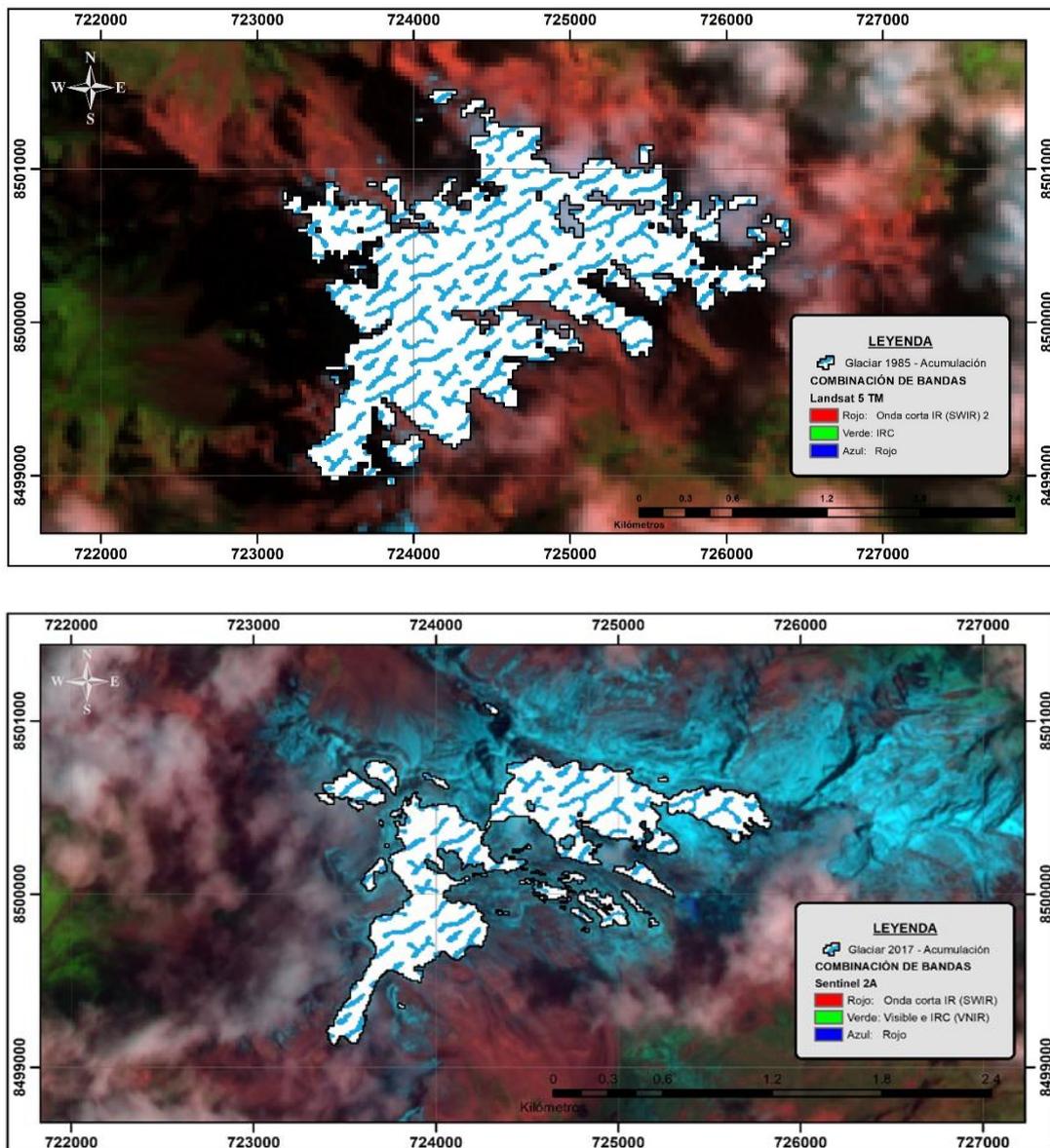


Figura 35: Tendencia de superficie glaciar

Fuente: Propia

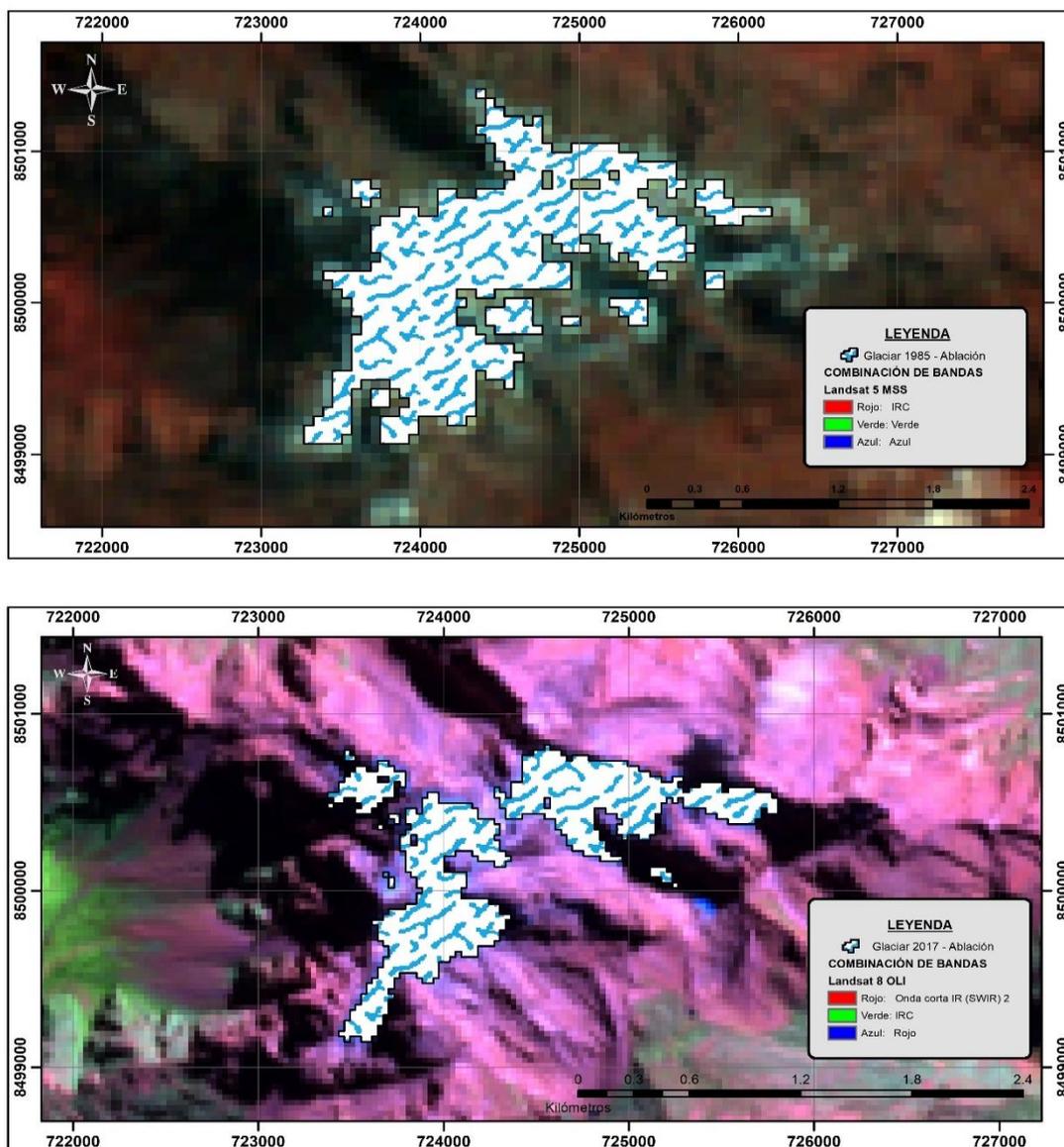
Mapa 23: Mapas de comparación de cobertura glaciar del año 1985 y 2017



Fuente: Propia

Interpretación: los valores de la figura 35 y mapas 23 presentan las áreas estimadas a partir de imágenes satelitales procesadas en QGis, Como puede evidenciarse, las áreas que se reportan manifiestan una reducción progresiva de la superficie glaciar con tendencia a recuperarse en algunos años; el área máxima del glaciar es de 3.10 km² presente en esta temporada durante el año 1985, así mismo el mínimo obtenido es de 0.96 km² en el año 2016, teniendo a partir de ello un área reducida total de 2.14 km² el cual equivale a un alarmante 69% de retroceso a un ritmo de hasta 1.03 km²/año.

Mapa 24: Mapas de comparación de cobertura glaciar de 1985 y 2017 en temporada de ablación.



Fuente: Propia

Interpretación: los valores de la figura 35 y mapa 24 presentan las áreas estimadas a partir de imágenes satelitales procesadas en QGis, Como puede evidenciarse, las áreas que se reportan manifiestan una reducción progresiva de la superficie glaciar con tendencia a recuperarse en algunos años; el área máxima del glaciar es 2.38km² en esta temporada durante el año 1985, así mismo el mínimo obtenido es 1.00km² en el año 2016 y 2017, teniendo a partir de ello un área reducida total de 1.38km² en temporada de ablación; el cual equivale a un alarmante 57.98% de pérdida a un ritmo de hasta 0.84 km²/año.

IV. DISCUSIÓN

D1

Después de realizar todos los análisis de temperaturas máximas y mínimas en temporadas de acumulación y ablación se concluye que el mayor impacto producido por este parámetro se da en temporadas de ablación donde las temperaturas máximas y mínimas son mayores, siendo la más alta de 23.64°C en el 2015 manteniendo una tendencia ascendente en ambas temporadas, sin nunca bajar hasta el mínimo registrado de -2.19 °C en el año 1985; este incremento de temperatura trajo consigo la pérdida de 1.38km² de glaciar durante las temporadas de ablación y 2.14km² durante las temporadas de acumulación, por ende se establece que existe una relación inversa entre la temperatura y la disminución de superficie glaciar, indicando que a mayor temperatura, menor superficie glaciar.

(Castillo, 2017) En su investigación concluye que si existe asociación entre la variable temperatura y el área del glaciar, lo cual se traduce de manera directamente proporcional, a un incremento de temperatura gradual, el glaciar dará como respuesta una mayor área de retroceso. la tendencia de la temperatura promedio anual, sometida a estudio durante el periodo 1997 al año 2016, es una línea creciente, en donde pone en manifiesto el incremento gradual de la temperatura, cuyos valores de temperatura oscilan entre 8.80 a 10.80 ° C, así mismo, el comportamiento de la temperatura promedio anual registrados en la estación Recuay, describe una temperatura promedio anual mínima de -3.90 °C, en el año 2015, así como también se cuenta con valores promedio mensuales en donde se describe una temperatura promedio máxima de 22.11 0C en el mes de Agosto, una temperatura promedio mínima de - 1 .43 0C, para el mes de Junio.

Así mismo (Maturana, 2015) concluyó que: La productividad de los glaciares en la zona dependerá de la situación hidrológica y meteorológica del sector, vale decir, en un año normal la productividad del glaciar será menor que en un año seco; Así mismo, el análisis de la productividad también depende de si es para todo un año o si es solo durante el periodo de deshielo, estación en la cual se produce la mayor cantidad de derretimiento de nieve y deshielo en la cuenca.

Como se observa el resultado obtenido se encuentra dentro de los parámetros encontrados en estudios anteriores los cuales afirman que el impacto de la

temperatura en el retroceso glaciar es muy significativo; pues es uno de los parámetros con mayor influencia en la estabilidad de la dinámica de un glaciar; alcanzando con ella el objetivo propuesto y afirmando la hipótesis planteada; así mismo queda demostrado que el mayor porcentaje de pérdida de superficie glaciar se da en temporadas de ablación donde las temperaturas máximas y mínimas son mayores, por lo cual se establece que existe una relación inversa entre la temperatura y la disminución de superficie glaciar, indicando que a mayor temperatura, menor superficie glaciar.

D2

De acuerdo a todos los análisis de precipitaciones en temporadas de acumulación y ablación se concluye que el mayor impacto de pérdida de volumen glaciar se da en temporadas de ablación donde las precipitaciones son escasas, siendo la más baja 9.88 mm en el 2015 y la más alta 150.78 mm en el año 2012; ello conlleva a una pérdida de volumen glaciar de 0.15 km³ que equivale a un 28.57 % de un máximo de 0.21 km³ en el año 1985 y un mínimo de 0.06 km³ en los años 2016 y 2017; el comportamiento del volumen glaciar frente a las precipitaciones se da de manera inversa en temporadas de acumulación y ablación; ya que en temporada de acumulación tanto el volumen como la precipitación tienden a disminuir simultáneamente, mientras que en temporada de ablación a mayor precipitación existe menor volumen, este resultado indica que las precipitaciones que se presentan durante esta temporada no influyen en el incremento del volumen glaciar, siendo su aporte nulo.

(Castillo, 2017) Concluye que si existe asociación entre la variable precipitación y el área del glaciar, lo cual se traduce de manera directamente proporcional, a un descenso de precipitación gradual, el glaciar dará como respuesta una mayor área de retroceso. La tendencia de la precipitación promedio anual, sometida a estudio durante el periodo 1997 al año 2016, es una línea decreciente, en donde pone en manifiesto el descenso gradual, cuyos valores de precipitación oscilan entre 0 mm como dato mínimo a 44 mm, cabe señalar, el comportamiento del promedio anual registrados en la estación Recuay, describe una precipitación promedio mensual mínima de 0 mm para los meses de Junio, Julio, Agosto, y de ahí en adelante tiende a equilibrarse.

(Buglio, 2017) Concluyó que: Desde 1982 a 2015 el glaciar Echaurren Norte ha disminuido 13.6 m eq. A (9.9% más que lo estimado previo a este estudio). De lo cual un 59.4% se produjo en los últimos 6 años, asociado principalmente a una disminución constante en la acumulación (precipitaciones) en dicho período.

Los resultados obtenidos se encuentran dentro de los parámetros encontrados en estudios anteriores los cuales confirman la influencia de las precipitaciones en pérdidas de superficie y volumen glaciar, con lo cual se logra el objetivo propuesto; así mismo queda demostrado que el comportamiento del glaciar presenta una tendencia de retroceso en los años de estudio tanto en temporadas de acumulación como en temporadas de ablación, lo que conlleva a concluir que las precipitaciones escasas que se presentan en la temporada de ablación no contribuye a la estabilidad del glaciar pues no genera acumulación en su superficie, ósea su aporte es nulo.

D3

De acuerdo a todos los análisis de humedad relativa en temporadas de acumulación y ablación se concluye que el mayor impacto hacia los caudales glaciares se da en temporadas de acumulación donde la humedad relativa es mayor, siendo la más alta de 79.30 % en el año 1985 y un mínimo de 51.12 % en el 2010 teniendo una variación de hasta 28.18 % a un ritmo de 19.8 %/año en el 2015. Así mismo el caudal de aporte glaciar presenta una disminución dando un máximo del glaciar es de 272.3 l/s en el año 2009 y un mínimo de 57.14 l/s en el año 2012; teniendo a partir de ello un caudal glaciar aportado de 215.16 l/s, el cual equivale a un 20.98%. En ese sentido se concluye que existe una relación directa leve entre la humedad relativa y los caudales de aporte glaciar, estableciendo que a mayor humedad relativa, mayor caudal aportado por el glaciar; el mayor porcentaje de caudal que fluye del glaciar es en temporadas de acumulación donde existe mayor cobertura y mayores precipitaciones en forma de lluvia.

(Carranza, y otros, 2017) Concluyeron que: Se estimó que el caudal del glaciar de estudio tuvo un caudal pico de 4.42 l/s (1998-1994) y un caudal mínimo de 0.95 l/s (2007-1998). Así mismo el caudal promedio durante el período comprendido por los años 1988-2016 es de 2.45 l/s.

(Castillo, 2015) concluyó que: El rol hidrológico de los glaciares varía fuertemente ante distintas condiciones climáticas (desde muy seco hasta muy húmedo), aumentando drásticamente su aporte relativo a medida que aumenta la escasez hídrica llegando a aportar hasta el 81% del caudal total de verano en la sub cuenca controlada por la estación “Maipo en el Manzano” en un año muy seco. En la misma sub cuenca, el aporte glaciar al caudal de verano en año normal es del 44%, mientras que para un año muy húmedo es del 21%. Estos aportes se consideran altamente significativos, lo que permite comprender la enorme importancia de los glaciares en la hidrología de la cuenca

Como se observa los resultados obtenidos se encuentran dentro de los parámetros encontrados en estudios anteriores los cuales contrastan la incidencia de la humedad relativa en el retroceso glaciar, lo que genera menor caudal aportado por el glaciar, con ello se confirma el objetivo propuesto; así mismo queda demostrado que el comportamiento del glaciar presenta una tendencia de retroceso en los años de estudio, pero el mayor porcentaje de aporte glaciar ocurre en temporadas de acumulación donde la humedad relativa es mayor, del mismo modo el comportamiento de variación de humedad relativa se mantiene en ascenso leve presentando quiebres leves en algunos años.

D4

Las áreas que se reportan manifiestan una reducción progresiva de la superficie glaciar con tendencia a recuperarse en algunos años; el área máxima del glaciar en temporada de acumulación es de 3.10 km² durante el año 1985, así mismo el mínimo obtenido es de 0.96 km² en el año 2016, teniendo a partir de ello un área reducida total de 2.14 km² el cual equivale a un alarmante 69% de retroceso a un ritmo de hasta 1.03 km²/año. Así mismo en temporada de ablación se presenta un área máxima del glaciar de 2.38km² durante el año 1985, así mismo el mínimo obtenido es 1.00km² en el año 2016 y 2017, teniendo a partir de ello un área reducida total de 1.38km² en temporada de ablación; el cual equivale a un alarmante 57.98% de pérdida a un ritmo de hasta 0.84 km²/año.

(Yap, 2015) Concluye que: En los 10 años de análisis (2004-2014), la superficie glaciar se redujo de 515.4 km² a 484.4 km², una pérdida del 6%, lo que corrobora la tendencia general de reducción de los glaciares a nivel global.

(Tarazona, 2012) Concluyó que: Actualmente existen mayores volúmenes de agua discurriendo cuenca abajo a costa de la disminución de la masa glaciar en el nevado Pastoruri que en un futuro cercano podría generar consecuencias en los servicios, infraestructuras de producción y en la biodiversidad, este retroceso glaciar se produce como consecuencia del calentamiento global que genera en consecuencia el cambio climático global en las escalas temporales y espaciales.

Como se evidencia líneas arriba los resultados obtenidos se encuentran dentro de los parámetros encontrados en estudios anteriores los cuales contrastan el impacto del cambio climático hacia los glaciares pues la dinámica y estabilidad del glaciar dependen directamente de la variación de los componentes meteorológicos; durante los años de estudio se presenta una reducción progresiva de la superficie glaciar conllevando a una pérdida de 2.14 km² durante la temporada de acumulación y 1.38 km² durante la temporada de ablación respectivamente.

V. CONCLUSIONES

El presente estudio conforme a los objetivos trazados inicialmente nos conlleva a las siguientes conclusiones, cuyos resultados nos muestra el estado actual y la dinámica del glaciar Ampay:

C1: Se ha estimado el impacto de temperatura en el retroceso glaciar dando como resultado que el mayor porcentaje de pérdida de superficie glaciar se da en temporadas de ablación donde las temperaturas máximas y mínimas son mayores, manteniendo una tendencia ascendente durante los años de estudio, lo cual conlleva a una pérdida acelerada de la superficie glaciar de 2.14km² en temporada de acumulación y 1.38km² en ablación respectivamente.

C2: Se calculó la influencia de la precipitación en el retroceso glaciar, la cual muestra que el mayor porcentaje de pérdida de volumen glaciar se da en temporadas de ablación donde las precipitaciones son escasas, ocasionando la pérdida del 20.57 % de su volumen durante la etapa de estudio.

C3: Se estimó la incidencia de la humedad relativa en el retroceso glaciar, concluyendo que el mayor porcentaje de aporte de caudal glaciar se da en temporadas de acumulación donde la humedad relativa es mayor, alcanzando un aporte de caudal glaciar de 20.98% durante el periodo de estudio.

C4: Así mismo se logró establecer que el impacto del cambio climático al retroceso glaciar del Ampay es sumamente significativo, pues la dinámica y estabilidad del glaciar dependen directamente de la variación de los componentes meteorológicos, lo cual pone en riesgo la disponibilidad hídrica del sector pues actualmente solo se cuenta con 1.00km² de cobertura glaciar como reserva hídrica.

C5: Se concluye que, al ritmo de retroceso que presentó durante los últimos 10 años se proyecta que este glaciar se extinguiría en un lapso de tiempo no mayor a 10 años, esta extinción podría ocurrir hasta en un tiempo menor dependiendo de los parámetros meteorológicos que se presentan en los años posteriores.

VI. RECOMENDACIONES

Para nuevas investigaciones que se susciten a posterior, es importante tomar en cuenta más parámetros meteorológicos como el viento, radiación solar y una estación meteorológica en el sitio del glaciar lo cual proporcionaría un control de data más real; así mismo es importante evaluar el comportamiento del glaciar por un periodo más largo para la realización de una proyección más certera.

Es indispensable dar prioridad y tratamiento especial a glaciares en proceso de extinción como el glaciar Ampay del cual no se cuenta con data actualizada y presenta nulidad de estudios; lo que conlleva a un desconocimiento total de la problemática que se suscita, y no se posee con políticas preventivas o de mitigación para la conservación de esta fuente hídrica.

Como alternativa de mitigación se presenta la propuesta por la ONG GLACIARES PERÚ, de blanquear la superficie circundante, para disminuir la absorción de calor por las superficies oscuras, los cuales colaboran con el incremento de temperatura y por ende la disminución de la cobertura glaciar; esta alternativa preventiva podría garantizar más años de vida a este glaciar.(ver Anexo 4. Plan de mitigación)

VII. REFERENCIAS

ANA. Ministerio de Agricultura y riego. Abril de 2016
Disponible en: <http://www.ana.gob.pe/publicaciones/repositorio>

Apuntes para la asignatura de instrumentación y control (Ciudad de México, 2011) Instituto Politécnico Nacional

Disponible en:

<http://www.biblioteca.upibi.ipn.mx/Archivos/Material%20Didactico/Apuntes%20para%20la%20asignatura%20de%20instrumentaci%C3%B3n%20y%20control/cap2.pdf>

ARROYO, Jacinto y GURMENDI, Pedro. Cambios en el régimen hídrico de la laguna Lasuntay y Chuspicocha por variaciones en el Nevado Huaytapallana. *Revista IGP*, (2):141-150, 2011. ISSN: 2225-5141

BRAVO, Nino. Teledetección espacial Landsat, Sentinel2, Aster l1t y Modis. Huánuco: Universidad nacional agraria de la selva, 2017. 105 pp.

Disponible en: https://acolita.com/wp-content/uploads/2018/01/Teledeteccion_espacial_ArcGeek.pdf

BUGLIO, Franco. Reanálisis de las series de mediciones del balance de masa del glaciar Echaurren Norte, región Metropolitana, Chile. Tesis (Titulación en Geología). Santiago de Chile: Universidad de Chile, 2017.

Disponible en: <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/144466>.

CASTILLO, Eloy. Factores ambientales de temperatura y precipitación que inciden en la dinámica de la montaña glaciar Pastoruri. Tesis (Titulación en Ingeniería Ambiental). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2017.

Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/3507>

CASTILLO, Yuri. Caracterización de la hidrología glaciar de la cuenca del río Maipo mediante la implementación de un modelo glacioclimatológico semi-distribuido físicamente basado. Tesis (Magister en Ciencias de Ingeniería, Mención recursos y Medio Ambiente Hídrico). Santiago de Chile: Universidad de Chile, 2015.

Disponible en:

<http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/132835/Caracterizacion-de-la-hidrologia-glaciar-de-la-cuenca-del-rio-maipo-mediante....pdf;sequence=1>.

CARRANZA, Jaime y CORCUERA, Dennis. Estimación de la superficie glaciar, volumen y caudal de aporte del nevado 1375699-17, ocurrida en los últimos 28 años (1988-2016) Lima-Oyon-Perú. Tesis (maestría en recursos hídricos). Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina, 2017.

Confiable y Validez de Instrumentos de investigación. (Lima, 2013). Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle.

Disponible en:

<http://www.une.edu.pe/Titulacion/2013/exposicion/SESION-4-Confiable%20y%20Validez%20de%20Instrumentos%20de%20investigacion.pdf>

FRANCOU, Bernard y POUYAUD, Bernard. Métodos de observación de glaciares en los andes tropicales, mediciones de terreno y procesamiento de datos (en línea) Francia: Junio de 2014 (fecha de consulta: 20 de abril de 2018).

Disponible en:

<https://www.researchgate.net/publication/282171220>

HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, Lucio. Metodología de la Investigación. 6.a ed. México D.F: McGraw-Hill, 2014. 634 pp.

ISBN: 9781456223960

IDEAM. Minambiente. Diciembre de 2007

Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/web/atencion-y-participacion-ciudadana/publicaciones-ideam>

INAIGEM. Ministerio del Ambiente. Diciembre de 2014.

Disponible en: <http://www.inaigem.gob.pe/>

INZUNZA, Juan. Meteorología Descriptiva [En Línea]. Concepción: Editorial Universitaria SA, 2012. [Fecha de consulta: 15 de Mayo de 2018]. Capítulo 5. Humedad en la atmosfera.

Disponible en:

http://nimbus.com.uy/weather/Cursos/Curso_2006/Textos%20complementarios/Meteorologia%20descriptiva_Inzunza/cap5_Inzunza_Humedad.pdf

ISBN: 9789561123960

IPCC. Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo principal de redacción, R.K. Pachauri y L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 157 págs.

ISBN: 9789291693436

KERLINGER, Fred y HOWARD, Lee. Investigación del comportamiento. 4.a ed. México: McGraw-Hill, 2002. 810 pp.

ISBN: 9701030702

MANUAL de glaciología: Geostudios LTDA. (Diciembre de 2008). Ministerio de Obras Públicas.

Disponible en: <http://documentos.dga.cl/GLA5146v2.pdf>

MANUAL de nieve y nivometría: Geostudios LTDA. (Diciembre de 2008). Ministerio de Obras Públicas.

Disponible en: <http://documentos.dga.cl/GLA5146v1.pdf>

MANUAL metodológico de inventario nacional de glaciares. [En Línea]. Ancash: INAIGEM, 2017. [Fecha de consulta: 28 de Mayo de 2018].

Disponible en: <http://www.inaigem.gob.pe/biblioteca/publicaciones/compilado>

ISSN: 2017-12673

MANUAL para la realización del Inventario Nacional de Glaciares, IANIGLA-CONICET. [En Línea]. Mendoza: Secretaria de Ambiente y desarrollo sustentable. 2014. [Fecha de consulta: 17 de Mayo de 2018].

Disponible en:

http://www.glaciaresargentinos.gob.ar/wp-content/uploads/legales/manual_inventario_v1.3_02-03-14.pdf

MATURANA, Julio. Análisis del retroceso glaciar y su influencia en la disponibilidad de recursos hídricos en la cuenca del río Olivares, provincia Cordillera, Chile. Tesis (Titulación en Ingeniería Civil). Santiago de Chile: Universidad de Chile, 2015.

Disponible en: <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/135360/Analisis-del-retroceso-glaciar-y-su-influencia-en-la.pdf?sequence=1>.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Convención marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Madrid: Climate Change Secretariat (UNFCCC), 2007. pp. 1-44.

ISBN: 9292190466

MONSALVE, German. Hidrología en la ingeniería. 2.a ed. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2000. 382 pp.

ISBN: 9701504046

PASTOR, Fernando. Determinación del balance anual de masa y movimiento del hielo en el glaciar de la Maladeta. Año hidrológico 2012-2013 [En Línea]. España: Dirección general del Agua, 2013. [Fecha de consulta: 20 de Octubre de 2018].

Disponible en: http://www.mapama.gob.es/es/agua/temas/evaluacion-de-los-recursos-hidricos/Informe%20Balance%20Maladeta%202013_tcm30-214957.pdf

Retroceso glaciar y cambio climático en los andes peruanos: principales impactos (febrero de 2012). Mundo andino.

Disponible en:

<http://cdn.biodiversidadla.org/content/download/89233/589191/version/1/file/Retroceso+glaciar+y+cambio+clim%C3%A1tico+en+los+andes+peruanos%2Cprincipales+impactos.pdf>

SANZ Herráis, C. Consecuencia geográfica del cambio climático. En: RAMOS CASTELLANOS (Ed.) Cambio climático, ¿un desafío a nuestro alcance?, pp. 47-81, Universidad de Salamanca, 2009.

ISBN: 9788478002733

SENAMHI. Ministerio del Ambiente. Abril de 2016

Disponible en: <http://senamhi.gob.pe/?p=data-historica>

SERNANP. Ministerio del Ambiente. Octubre de 2014

Disponible en: <http://sis.sernanp.gob.pe/biblioteca/>

Servicios para el estudio de la cuantificación de los recursos hídricos procedentes de la fusión nival y su influencia sobre el medio ambiente en las principales cordilleras españolas

(*programa erhin 2009-2011*): Dirección general del Agua. (Octubre de 2013). Ministerio de agricultura, alimentación y medio ambiente.

Disponible en: http://www.mapama.gob.es/es/agua/temas/evaluacion-de-los-recursos-hidricos/Informe_Balance_Maladeta_2013_tcm7-287398.pdf

SINIA. Ministerio del ambiente (Octubre de 2005)

Disponible en: <http://sinia.minam.gob.pe/>

TARAZONA, Yonatan. Aplicación de la Teledetección como una herramienta para el análisis Multitemporal del retroceso glaciar en el Nevado Pastoruri debido al Cambio Climático. Tesis (Titulación en Ingeniería Geográfica). Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2012.

Disponible en: <https://teledeteccionsigcartografia.files.wordpress.com/2013/01/retroceso-del-nevado-pastoruri.pdf>

TARBUCK, Edward y LUTGENS, Frederick. Ciencias de la Tierra. 8.^a ed. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid, 2005. 712 pp.

ISBN: 8420549983

TE CHOW, Ven, MAIDMENT, David y MAYS, Larry. Hidrología Aplicada. Colombia: Editorial Nomos SA, 2000. 582 pp.

ISBN: 9586001711

USGS. Servicio Geológico de los Estados Unidos. Abril de 2018

Disponible en: <http://www.glovis.usgs.gov>

VALDERRAMA, Santiago. Pasos para elaborar proyectos de investigación científica. 5.^a ed. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2015. 495 pp.

ISBN: 9786123028787

VARA, Arístides. Desde La Idea hasta la sustentación: Siete pasos para una tesis exitosa. 3.^a ed. Lima: Universidad de San Martín de Porres, 2012. 451 pp.

Disponible en internet: www.aristidesvara.net

VILLÓN, Máximo. Hidrología. Cartago: Tecnológica de Costa Rica, 2004. 474 pp.

ISBN: 9977661596

YAP, Aderly. Análisis Multitemporal de glaciares y lagunas glaciares en la cordillera blanca e identificación de potenciales amenazas glófs. Tesis (Licenciatura en Geografía y Medio Ambiente). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2015.

Disponible en: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/7268>

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de Consistencia

Título: “Impacto del cambio climático en el retroceso glaciar de la subcuenca del río Sahuayanay, provincia de Abancay en el 2017”

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA	METODOLOGÍA
<p>GENERAL ¿Cómo impacta el cambio climático en el retroceso glaciar de la subcuenca del río Sahuayanay, provincia de Abancay en el 2017?</p> <p>ESPECÍFICOS ¿Cuál es el impacto de la temperatura en el retroceso glaciar de la subcuenca del río Sahuayanay, provincia de Abancay en el 2017? ¿De qué manera influye la precipitación en el retroceso glaciar de la subcuenca del río Sahuayanay, provincia de Abancay en el 2017? ¿Qué incidencia tiene la humedad relativa en el retroceso glaciar de la subcuenca del río Sahuayanay, provincia de Abancay en el 2017?</p>	<p>GENERAL Determinar el impacto del cambio climático en el retroceso glaciar de la subcuenca del río Sahuayanay con fines de aprovechamiento hidráulico, provincia de Abancay en el 2017</p> <p>ESPECÍFICOS Evaluar el impacto de la temperatura en el retroceso glaciar de la subcuenca del río Sahuayanay, provincia de Abancay en el 2017 Calcular la influencia de la precipitación en el retroceso glaciar de la subcuenca del río Sahuayanay, provincia de Abancay en el 2017 Estimar la incidencia de la humedad relativa en el retroceso glaciar de la subcuenca del río Sahuayanay, provincia de Abancay en el 2017</p>	<p>GENERAL El cambio climático produce un impacto significativo en el retroceso glaciar de la subcuenca del río Sahuayanay, provincia de Abancay en el 2017</p> <p>ESPECÍFICOS La temperatura impacta significativamente en el retroceso glaciar de la subcuenca del río Sahuayanay, provincia de Abancay en el 2017 La precipitación influye significativamente en el retroceso glaciar de la subcuenca del río Sahuayanay, provincia de Abancay en el 2017 La humedad relativa incide notoriamente en el retroceso glaciar de la subcuenca del río Sahuayanay, provincia de Abancay en el 2017</p>	Cambio climático	Temperatura	- Máximo - Mínimo - Promedio	Razón	<p>TIPO DE INVESTIGACIÓN: Aplicativo</p> <p>NIVEL DE INVESTIGACIÓN: Explicativo</p> <p>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: No experimental</p> <p>POBLACIÓN: Área total del Glaciar Ampay</p> <p>MUESTRA: 100% de Población</p> <p>TÉCNICA: Observación directa y documentación</p> <p>INSTRUMENTO: Ficha de recolección de información y datos</p>
				Precipitación	- Máximo - Mínimo - Promedio		
				Humedad Relativa	- Máximo - Mínimo - Promedio		
			Retroceso glaciar	Superficie Glaciar	- Máximo - Mínimo - Promedio		
				Volumen Glaciar	- Máximo - Mínimo - Promedio		
				Caudal de aporte Glaciar	- Máximo - Mínimo - Promedio		

Anexo 2: Fichas de recolección de información y datos

FICHA DE RECOPIACIÓN DE DATOS										EXPERTO A
			TÍTULO: IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL RETROCESO GLACIAR DE LA SUBCUENCA DEL RÍO SAHUANAY, PROVINCIA DE ABANCAY EN EL 2017							
			AUTOR: SERRANO CHUIMA, MARÍA ROSA							
I ASPECTOS GENERALES										
UBICACIÓN GEOGRÁFICA			UBICACIÓN HIDROGRÁFICA			TIPOLOGÍA DEL GLACIAR				1
latitud	longitud	altitud	Vertiente	Intercuenca	Cuenca	Morfología	Dinámica	Localización		
II TEMPERATURA										
Máximo (°C)			Mínimo (°C)			Promedio (°C)				1
III PRECIPITACION										
Máximo (mm)			Mínimo (mm)			Promedio (mm)				1
IV HUMEDAD RELATIVA										
Máximo (%)			Mínimo (%)			Promedio (%)				1
V SUPERFICIE GLACIAR										
Máximo (km ²)			Mínimo (km ²)			Promedio (km ²)				1
VI VOLUMEN GLACIAR										
Máximo (km ³)			Mínimo (km ³)			Promedio (km ³)				1
VII CAUDAL DE APORTE GLACIAR										
Máximo (l/s)			Mínimo (l/s)			Promedio (l/s)				1
DATOS DEL EXPERTO	APELLIDOS Y NOMBRES: PINTO BARRANTES RAUL ANTONIO <i>Raúl Pinto</i> DNI/REGISTRO CIP: 51304 EMAIL/TELÉFONO: raulpinto@cip.org.pe RAÚL ANTONIO PINTO BARRANTES INGENIERO CIVIL Reg. CIP 325425									
	LEYENDA: 0 = NO VÁLIDO 1 = VÁLIDO						PUNTAJE TOTAL			7

7 / 1

FICHA DE RECOPIACIÓN DE DATOS										EXPERTO B		
			TÍTULO: IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL RETROCESO GLACIAR DE LA SUBCUENCA DEL RÍO SAHUANAY, PROVINCIA DE ABANCAY EN EL 2017									
			AUTOR: SERRANO CHUIMA, MARÍA ROSA									
I ASPECTOS GENERALES												
UBICACIÓN GEOGRÁFICA			UBICACIÓN HIDROGRÁFICA			TIPOLOGÍA DEL GLACIAR				1		
latitud	longitud	altitud	Vertiente	Intercuenca	Cuenca	Morfología	Dinámica	Localización				
II TEMPERATURA												
Máximo (°c)			Mínimo (°c)			Promedio (°c)				1		
III PRECIPITACION												
Máximo (mm)			Mínimo (mm)			Promedio (mm)				1		
IV HUMEDAD RELATIVA												
Máximo (%)			Mínimo (%)			Promedio (%)				1		
V SUPERFICIE GLACIAR												
Máximo (km ²)			Mínimo (km ²)			Promedio (km ²)				1		
VI VOLUMEN GLACIAR												
Máximo (km ³)			Mínimo (km ³)			Promedio (km ³)				1		
VII CAUDAL DE APORTE GLACIAR												
Máximo (l/s)			Mínimo (l/s)			Promedio (l/s)				0		
DATOS DEL EXPERTO												
APELLIDOS Y NOMBRES: TRUJILLO BARRERA ALEX OSERIO DNI/REGISTRO CIP: 07121614 EMAIL/TELEFONO: alextruji166@hotmail.com/996571202 												
LEYENDA: 0 = NO VÁLIDO 1 = VÁLIDO						PUNTAJE TOTAL				6		

10,85

FICHA DE RECOPIACIÓN DE DATOS										EXPERTO C		
			TÍTULO: IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL RETROCESO GLACIAR DE LA SUBCUENCA DEL RÍO SAHUANAY, PROVINCIA DE ABANCAY EN EL 2017									1
			AUTOR: SERRANO CHUIMA, MARÍA ROSA									
I ASPECTOS GENERALES												
UBICACIÓN GEOGRÁFICA			UBICACIÓN HIDROGRÁFICA			TIPOLOGÍA DEL GLACIAR				1		
latitud	longitud	altitud	Vertiente	Intercuenca	Cuenca	Morfología	Dinámica	Localización				
II TEMPERATURA												
Máximo (°C)			Mínimo (°C)			Promedio (°C)				1		
III PRECIPITACIÓN												
Máximo (mm)			Mínimo (mm)			Promedio (mm)				1		
IV HUMEDAD RELATIVA												
Máximo (%)			Mínimo (%)			Promedio (%)				1		
V SUPERFICIE GLACIAR												
Máximo (km ²)			Mínimo (km ²)			Promedio (km ²)				1		
VI VOLUMEN GLACIAR												
Máximo (km ³)			Mínimo (km ³)			Promedio (km ³)				1		
VII CAUDAL DE APORTE GLACIAR												
Máximo (l/s)			Mínimo (l/s)			Promedio (l/s)				1		
DATOS DEL EXPERTO	APELLIDOS Y NOMBRES: Padilla Pichén Santos Ricardo					 SANTOS RICARDO PADILLA PICHÉN INGENIERO CIVIL CIP 51630						
	DNI/REGISTRO OIP: 51630											
EMAIL/TELÉFONO: 94124761					PUNTAJE TOTAL				7/1			
LEYENDA: 0 = NO VÁLIDO 1 = VÁLIDO												

Anexo 3. Propuesta de plan de mitigación

PLAN DE MITIGACIÓN

I. PRESENTACIÓN.

En este capítulo se recoge un conjunto de acciones para la mitigación puntual del retroceso glaciar del Ampay, el cual actualmente posee un escaso km² de cobertura glaciar.

La finalidad de esta propuesta es dotar a la comunidad, entidades del estado y ONGs de herramientas necesarias para el desarrollo de un plan de mitigación.

La propuesta contiene desde una evaluación económica, dosificación de materiales, áreas críticas, hasta el equipo técnico requerido para llevar a cabo la ejecución de este plan.

Esta propuesta establece ciertos parámetros:

El procedimiento del pintado debe ser manualmente, sin utilizar ningún tipo de maquinaria, así mismo el transporte de los materiales hasta la zona del glaciar deberá ser a lomo de caballo, a falta de acceso vehicular para proteger a los animales de estas cumbres y generar el menor impacto posible a los ecosistemas presentes.

Se deben recubrir al menos 1km² de rocas para apreciar el efecto y devolverle a este glaciar el hielo perpetuo y demostrar al mundo que con la refracción solar se puede no sólo recuperar los glaciares sino retardar el calentamiento global.

Así mismo la temporada de pintado se debe realizar en temporada seca, donde existe mayor área de retroceso y la accesibilidad es más factible.

II. ARGUMENTO

Según el Eduardo Gold, fundador de la ONG GLACIARES PERÚ, el color negro contribuye a convertir la radiación solar en calor y prácticamente duplica el efecto invernadero sobre los glaciares, sin embargo una superficie blanca refleja la radiación hacia el espacio evitando que se transforme en calor.

El proyecto piloto que se llevó a cabo en un glaciar de Licapa – Ayacucho, dio como resultado la formación de hielo glaciar en la superficie que fue pintada, además de estabilizar la temperatura en el perímetro del glaciar.

III. DIAGNOSTICO

La situación actual del glaciar Ampay es sumamente crítica, en temporada de acumulación solo se cuenta con 1.10km² de superficie glaciar y en temporada de ablación con 1.00km² de glaciar perpetuo.

IV. BENEFICIARIOS DE LA PROPUESTA

Los beneficiarios inmediatos de esta propuesta son los distritos de Tamburco, Abancay, Huanipaca y Cachora; sin mencionar los beneficios globales que esto podría conllevar en la mitigación del retroceso glaciar y estabilizar la temperatura.

V. JUSTIFICACIÓN

Las razones por las cuales se presenta esta propuesta es que no podemos seguir contemplando pasivos como se extinguen glaciares enteros, el color negro de las rocas se apodera de las cumbres capturando cada día más calor.

Este proyecto fortalecerá la capacidad de adaptación y la gestión de riesgos en cuencas de glaciares, así mismo permitirá un mejor manejo de los recursos hídricos disponibles.

VI. OBJETIVOS.

Objetivo General

Cubrir la mayor área de roca oscura con pintura blanca; y conocer la dinámica de la desglaciación controlando variables meteorológicas como: precipitaciones, temperaturas, humedad relativa, velocidad de vientos, etc., mediante la instalación de una estación meteorológica in situ.

Objetivos específicos:

- Conocer la dinámica del glaciar
- Determinar extensión de rocas oscuras
- Selección de puntos críticos
- Determinar ruta de acceso
- Determinar primer frente y área a pintar

VII. ACTIVIDADES

Instalación de una estación móvil de meteorología.

Delimitar la superficie del glaciar mediante la colocación de hitos.

Limitar el acceso de cazadores furtivos.

Evitar actividades antropogénicas cercanas.

Cuantificar las posibles áreas de protección

Cubrir con pinturas especiales las zonas descubiertas de glaciar

VIII. RECURSOS

Humanos:

- Glaciólogo experto
- Ingenieros ambientales
- Asistentes técnicos
- Topógrafo
- Personal obrero

Materiales:

- Cal
- Agua
- Arena fina
- Jabón
- Clara de huevo

Equipos:

- Bidones de mezcla
- Rociadores

IX. FACTIBILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN

Al nivel institucional: se debe contar con el apoyo de las diferentes instituciones allegadas a este ámbito, como INAIGEM, SENAMHI, ANA, SERNANP y municipalidades.

Financiera: debe ser asumido por entidades públicas y contar con subsidio de instituciones privadas.

Al nivel técnico: el sector cuenta con profesionales capacitados e instituciones que pueden asumir el reto.

X. FINANCIAMIENTO.

ONGs y Gobiernos regionales o locales de Apurímac.



Figura 1: Área propuesta a pintar

Fuente: google earth



Figura 2: Procedimiento de pintura en perímetro del glaciar

Fuente: ONG Glaciares - Perú

Anexo 4. Data de temperaturas máximas y mínimas anuales en las estaciones base.

1985

ESTACIÓN	ALTITUD	Coordenadas UTM		T°Máx Anual	T°Mín Anual
		ESTE	NORTE		
CURAHUASI	2763	745152.58	8500658.73	21.504	3.247
GRANJA MODELO	4217	727198.5	8497345.38	18.011	-2.138
ABANCAY	2776	730391.97	8494581.72	21.154	4.140
ANDAHUAYLAS	2865	676671.05	8490540.68	21.018	3.241
CASACCANCHA	4050	791866.34	8451800.07	18.259	0.152
TAMBOBAMBA	3317	805232.51	8456551.29	20.260	1.437
CURPAHUASI	3579	751973.3	8444237.3	19.195	2.348
AYMARAES	2964	688700.21	8419320.5	21.515	5.668
PUENTE CUNYAC	2345	762435.98	8499385.96	22.231	5.856
ANTA ANCACHURO	3340	801449.16	8509365.28	19.382	1.022

2007

ESTACIÓN	ALTITUD	Coordenadas UTM		T°Máx Anual	T°Mín Anual
		ESTE	NORTE		
CURAHUASI	2763	745152.58	8500658.73	20.116	3.859
GRANJA MODELO	4217	727198.5	8497345.38	19.871	-1.421
ABANCAY	2776	730391.97	8494581.72	21.766	4.753
ANDAHUAYLAS	2865	676671.05	8490540.68	21.630	3.854
CASACCANCHA	4050	791866.34	8451800.07	19.871	0.765
TAMBOBAMBA	3317	805232.51	8456551.29	20.872	2.050
CURPAHUASI	3579	751973.3	8444237.3	19.807	2.961
AYMARAES	2964	688700.21	8419320.5	22.127	6.280
PUENTE CUNYAC	2345	762435.98	8499385.96	21.043	6.468
ANTA ANCACHURO	3340	801449.16	8509365.28	19.994	1.634

2008

ESTACIÓN	ALTITUD	Coordenadas UTM		T°Máx Anual	T°Mín Anual
		ESTE	NORTE		
CURAHUASI	2763	745152.58	8500658.73	22.229	4.211
GRANJA MODELO	4217	727198.5	8497345.38	19.983	-1.070
ABANCAY	2776	730391.97	8494581.72	21.879	5.104
ANDAHUAYLAS	2865	676671.05	8490540.68	21.743	4.205
CASACCANCHA	4050	791866.34	8451800.07	19.984	1.116
TAMBOBAMBA	3317	805232.51	8456551.29	20.985	2.401
CURPAHUASI	3579	751973.3	8444237.3	19.920	3.312
AYMARAES	2964	688700.21	8419320.5	22.239	6.632
PUENTE CUNYAC	2345	762435.98	8499385.96	22.956	6.819
ANTA ANCACHURO	3340	801449.16	8509365.28	20.107	1.985

2009

ESTACIÓN	ALTITUD	Coordenadas UTM		T°Máx Anual	T°Mín Anual
		ESTE	NORTE		
CURAHUASI	2763	745152.58	8500658.73	22.262	4.074
GRANJA MODELO	4217	727198.5	8497345.38	18.017	-1.206
ABANCAY	2776	730391.97	8494581.72	21.912	4.968
ANDAHUAYLAS	2865	676671.05	8490540.68	21.776	4.069
CASACCANCHA	4050	791866.34	8451800.07	20.017	0.980
TAMBOBAMBA	3317	805232.51	8456551.29	21.018	2.265
CURPAHUASI	3579	751973.3	8444237.3	19.953	3.176
AYMARAES	2964	688700.21	8419320.5	22.273	6.495
PUENTE CUNYAC	2345	762435.98	8499385.96	22.989	6.683
ANTA ANCACHURO	3340	801449.16	8509365.28	20.140	1.849

2010

ESTACIÓN	ALTITUD	Coordenadas UTM		T°Máx Anual	T°Mín Anual
		ESTE	NORTE		
CURAHUASI	2763	745152.58	8500658.73	22.303	4.231
GRANJA MODELO	4217	727198.5	8497345.38	19.057	-1.049
ABANCAY	2776	730391.97	8494581.72	21.952	5.124
ANDAHUAYLAS	2865	676671.05	8490540.68	21.816	4.225
CASACCANCHA	4050	791866.34	8451800.07	20.058	1.136
TAMBOBAMBA	3317	805232.51	8456551.29	21.058	2.421
CURPAHUASI	3579	751973.3	8444237.3	19.993	3.332
AYMARAES	2964	688700.21	8419320.5	22.313	6.652
PUENTE CUNYAC	2345	762435.98	8499385.96	23.029	6.840
ANTA ANCACHURO	3340	801449.16	8509365.28	20.180	2.005

2011

ESTACIÓN	ALTITUD	Coordenadas UTM		T°Máx Anual	T°Mín Anual
		ESTE	NORTE		
CURAHUASI	2763	745152.58	8500658.73	22.519	3.919
GRANJA MODELO	4217	727198.5	8497345.38	20.273	-1.361
ABANCAY	2776	730391.97	8494581.72	22.169	4.813
ANDAHUAYLAS	2865	676671.05	8490540.68	22.033	3.914
CASACCANCHA	4050	791866.34	8451800.07	20.274	0.825
TAMBOBAMBA	3317	805232.51	8456551.29	21.274	2.110
CURPAHUASI	3579	751973.3	8444237.3	20.209	3.021
AYMARAES	2964	688700.21	8419320.5	22.529	6.340
PUENTE CUNYAC	2345	762435.98	8499385.96	23.246	6.528
ANTA ANCACHURO	3340	801449.16	8509365.28	20.397	1.694

2012

ESTACIÓN	ALTITUD	Coordenadas UTM		T°Máx Anual	T°Mín Anual
		ESTE	NORTE		
CURAHUASI	2763	745152.58	8500658.73	22.940	3.677
GRANJA MODELO	4217	727198.5	8497345.38	20.694	-1.603
ABANCAY	2776	730391.97	8494581.72	22.590	4.570
ANDAHUAYLAS	2865	676671.05	8490540.68	22.454	3.671
CASACCANCHA	4050	791866.34	8451800.07	20.695	0.582
TAMBOBAMBA	3317	805232.51	8456551.29	21.696	1.867
CURPAHUASI	3579	751973.3	8444237.3	20.631	2.778
AYMARAES	2964	688700.21	8419320.5	22.951	6.098
PUENTE CUNYAC	2345	762435.98	8499385.96	23.667	6.286
ANTA ANCACHURO	3340	801449.16	8509365.28	20.818	1.452

2013

ESTACIÓN	ALTITUD	Coordenadas UTM		T°Máx Anual	T°Mín Anual
		ESTE	NORTE		
CURAHUASI	2763	745152.58	8500658.73	22.709	3.637
GRANJA MODELO	4217	727198.5	8497345.38	20.463	-1.643
ABANCAY	2776	730391.97	8494581.72	22.358	4.530
ANDAHUAYLAS	2865	676671.05	8490540.68	22.222	3.631
CASACCANCHA	4050	791866.34	8451800.07	20.463	0.542
TAMBOBAMBA	3317	805232.51	8456551.29	21.464	1.827
CURPAHUASI	3579	751973.3	8444237.3	20.399	2.738
AYMARAES	2964	688700.21	8419320.5	22.719	6.058
PUENTE CUNYAC	2345	762435.98	8499385.96	23.435	6.246
ANTA ANCACHURO	3340	801449.16	8509365.28	20.586	1.412

2014

ESTACIÓN	ALTITUD	Coordenadas UTM		T°Máx Anual	T°Mín Anual
		ESTE	NORTE		
CURAHUASI	2763	745152.58	8500658.73	22.298	4.140
GRANJA MODELO	4217	727198.5	8497345.38	20.053	-1.140
ABANCAY	2776	730391.97	8494581.72	21.948	5.033
ANDAHUAYLAS	2865	676671.05	8490540.68	21.812	4.135
CASACCANCHA	4050	791866.34	8451800.07	20.053	1.046
TAMBOBAMBA	3317	805232.51	8456551.29	21.054	2.330
CURPAHUASI	3579	751973.3	8444237.3	19.989	3.241
AYMARAES	2964	688700.21	8419320.5	22.309	6.561
PUENTE CUNYAC	2345	762435.98	8499385.96	23.025	6.749
ANTA ANCACHURO	3340	801449.16	8509365.28	20.176	1.915

2015

ESTACIÓN	ALTITUD	Coordenadas UTM		T°Máx Anual	T°Mín Anual
		ESTE	NORTE		
CURAHUASI	2763	745152.58	8500658.73	22.116	4.467
GRANJA MODELO	4217	727198.5	8497345.38	19.870	-0.813
ABANCAY	2776	730391.97	8494581.72	21.766	5.360
ANDAHUAYLAS	2865	676671.05	8490540.68	21.630	4.461
CASACCANCHA	4050	791866.34	8451800.07	19.871	1.372
TAMBOBAMBA	3317	805232.51	8456551.29	20.872	2.657
CURPAHUASI	3579	751973.3	8444237.3	19.807	3.568
AYMARAES	2964	688700.21	8419320.5	22.126	6.888
PUENTE CUNYAC	2345	762435.98	8499385.96	22.843	7.076
ANTA ANCACHURO	3340	801449.16	8509365.28	19.994	2.242

2016

ESTACIÓN	ALTITUD	Coordenadas UTM		T°Máx Anual	T°Mín Anual
		ESTE	NORTE		
CURAHUASI	2763	745152.58	8500658.73	21.789	4.718
GRANJA MODELO	4217	727198.5	8497345.38	19.543	-0.562
ABANCAY	2776	730391.97	8494581.72	21.439	5.611
ANDAHUAYLAS	2865	676671.05	8490540.68	21.303	4.712
CASACCANCHA	4050	791866.34	8451800.07	19.544	1.623
TAMBOBAMBA	3317	805232.51	8456551.29	20.544	2.908
CURPAHUASI	3579	751973.3	8444237.3	19.479	3.819
AYMARAES	2964	688700.21	8419320.5	21.799	7.139
PUENTE CUNYAC	2345	762435.98	8499385.96	22.516	7.327
ANTA ANCACHURO	3340	801449.16	8509365.28	19.667	2.493

2017

ESTACIÓN	ALTITUD	Coordenadas UTM		T°Máx Anual	T°Mín Anual
		ESTE	NORTE		
CURAHUASI	2763	745152.58	8500658.73	21.893	4.706
GRANJA MODELO	4217	727198.5	8497345.38	19.648	-0.574
ABANCAY	2776	730391.97	8494581.72	21.543	5.599
ANDAHUAYLAS	2865	676671.05	8490540.68	21.407	4.700
CASACCANCHA	4050	791866.34	8451800.07	19.648	1.611
TAMBOBAMBA	3317	805232.51	8456551.29	20.649	2.896
CURPAHUASI	3579	751973.3	8444237.3	19.584	3.807
AYMARAES	2964	688700.21	8419320.5	21.904	7.127
PUENTE CUNYAC	2345	762435.98	8499385.96	22.620	7.315
ANTA ANCACHURO	3340	801449.16	8509365.28	19.771	2.481

Anexo 5. Data de precipitaciones y humedad relativa anuales en las estaciones base.

1985					
ESTACIÓN	ALTITUD	Coordenadas UTM		PP Anual	HR
		ESTE	NORTE		
CURAHUASI	2763	745152.58	8500658.73	626.051	56.92
GRANJA MODELO	4217	727198.5	8497345.38	1120.184	40.97
ABANCAY	2776	730391.97	8494581.72	619.315	74.00
ANDAHUAYLAS	2865	676671.05	8490540.68	677.22	49.73
CASACCANCHA	4050	791866.34	8451800.07	1005.432	41.44
TAMBOBAMBA	3317	805232.51	8456551.29	742.863	45.64
CURPAHUASI	3579	751973.3	8444237.3	891.34	43.92
AYMARAES	2964	688700.21	8419320.5	479.522	67.58
PUENTE CUNYAC	2345	762435.98	8499385.96	421.047	75.16
ANTA ANCACHURO	3340	801449.16	8509365.28	836.381	45.21

2007					
ESTACIÓN	ALTITUD	Coordenadas UTM		PP Anual	HR
		ESTE	NORTE		
CURAHUASI	2763	745152.58	8500658.73	616.801	58.165
GRANJA MODELO	4217	727198.5	8497345.38	915.913	42.215
ABANCAY	2776	730391.97	8494581.72	610.206	75.245
ANDAHUAYLAS	2865	676671.05	8490540.68	667.597	50.975
CASACCANCHA	4050	791866.34	8451800.07	962.178	42.685
TAMBOBAMBA	3317	805232.51	8456551.29	703.621	46.885
CURPAHUASI	3579	751973.3	8444237.3	882.029	45.165
AYMARAES	2964	688700.21	8419320.5	270.127	68.825
PUENTE CUNYAC	2345	762435.98	8499385.96	511.823	76.405
ANTA ANCACHURO	3340	801449.16	8509365.28	827.564	46.455

2008					
ESTACIÓN	ALTITUD	Coordenadas UTM		PP Anual	HR
		ESTE	NORTE		
CURAHUASI	2763	745152.58	8500658.73	619.163	58.282
GRANJA MODELO	4217	727198.5	8497345.38	986.312	42.332
ABANCAY	2776	730391.97	8494581.72	612.404	75.362
ANDAHUAYLAS	2865	676671.05	8490540.68	670.345	51.092
CASACCANCHA	4050	791866.34	8451800.07	971.56	42.802
TAMBOBAMBA	3317	805232.51	8456551.29	635.699	47.002
CURPAHUASI	3579	751973.3	8444237.3	884.427	45.282
AYMARAES	2964	688700.21	8419320.5	472.355	68.942
PUENTE CUNYAC	2345	762435.98	8499385.96	464.012	76.522
ANTA ANCACHURO	3340	801449.16	8509365.28	729.941	46.572

2009

ESTACIÓN	ALTITUD	Coordenadas UTM		PP Anual	HR
		ESTE	NORTE		
CURAHUASI	2763	745152.58	8500658.73	610.011	57.337
GRANJA MODELO	4217	727198.5	8497345.38	972.143	41.387
ABANCAY	2776	730391.97	8494581.72	603.274	74.417
ANDAHUAYLAS	2865	676671.05	8490540.68	661.187	50.147
CASACCANCHA	4050	791866.34	8451800.07	939.391	41.857
TAMBOBAMBA	3317	805232.51	8456551.29	723.829	46.057
CURPAHUASI	3579	751973.3	8444237.3	875.332	44.337
AYMARAES	2964	688700.21	8419320.5	563.483	67.997
PUENTE CUNYAC	2345	762435.98	8499385.96	485.035	75.577
ANTA ANCACHURO	3340	801449.16	8509365.28	820.774	45.627

2010

ESTACIÓN	ALTITUD	Coordenadas UTM		PP Anual	HR
		ESTE	NORTE		
CURAHUASI	2763	745152.58	8500658.73	606.717	57.307
GRANJA MODELO	4217	727198.5	8497345.38	988.943	41.357
ABANCAY	2776	730391.97	8494581.72	600.034	74.387
ANDAHUAYLAS	2865	676671.05	8490540.68	657.942	50.117
CASACCANCHA	4050	791866.34	8451800.07	946.15	41.827
TAMBOBAMBA	3317	805232.51	8456551.29	723.581	46.027
CURPAHUASI	3579	751973.3	8444237.3	872.062	44.307
AYMARAES	2964	688700.21	8419320.5	610.244	67.967
PUENTE CUNYAC	2345	762435.98	8499385.96	561.739	75.547
ANTA ANCACHURO	3340	801449.16	8509365.28	817.353	45.597

2011

ESTACIÓN	ALTITUD	Coordenadas UTM		PP Anual	HR
		ESTE	NORTE		
CURAHUASI	2763	745152.58	8500658.73	612.961	57.284
GRANJA MODELO	4217	727198.5	8497345.38	1003.109	41.334
ABANCAY	2776	730391.97	8494581.72	606.322	74.364
ANDAHUAYLAS	2865	676671.05	8490540.68	664.613	50.094
CASACCANCHA	4050	791866.34	8451800.07	952.134	41.804
TAMBOBAMBA	3317	805232.51	8456551.29	729.707	46.004
CURPAHUASI	3579	751973.3	8444237.3	878.125	44.284
AYMARAES	2964	688700.21	8419320.5	586.434	67.944
PUENTE CUNYAC	2345	762435.98	8499385.96	407.798	75.524
ANTA ANCACHURO	3340	801449.16	8509365.28	823.672	45.574

2012

ESTACIÓN	ALTITUD	Coordenadas UTM		PP Anual	HR
		ESTE	NORTE		
CURAHUASI	2763	745152.58	8500658.73	627.313	58.314
GRANJA MODELO	4217	727198.5	8497345.38	1109.443	42.364
ABANCAY	2776	730391.97	8494581.72	620.573	75.394
ANDAHUAYLAS	2865	676671.05	8490540.68	678.483	51.124
CASACCANCHA	4050	791866.34	8451800.07	1066.693	42.834
TAMBOBAMBA	3317	805232.51	8456551.29	744.123	47.034
CURPAHUASI	3579	751973.3	8444237.3	892.603	45.314
AYMARAES	2964	688700.21	8419320.5	480.783	68.974
PUENTE CUNYAC	2345	762435.98	8499385.96	522.333	76.554
ANTA ANCACHURO	3340	801449.16	8509365.28	938.073	46.604

2013

ESTACIÓN	ALTITUD	Coordenadas UTM		PP Anual	HR
		ESTE	NORTE		
CURAHUASI	2763	745152.58	8500658.73	600.989	58.424
GRANJA MODELO	4217	727198.5	8497345.38	989.119	42.474
ABANCAY	2776	730391.97	8494581.72	600.249	75.504
ANDAHUAYLAS	2865	676671.05	8490540.68	658.159	51.234
CASACCANCHA	4050	791866.34	8451800.07	946.369	42.944
TAMBOBAMBA	3317	805232.51	8456551.29	723.799	47.144
CURPAHUASI	3579	751973.3	8444237.3	872.279	45.424
AYMARAES	2964	688700.21	8419320.5	500.459	69.084
PUENTE CUNYAC	2345	762435.98	8499385.96	472.009	76.664
ANTA ANCACHURO	3340	801449.16	8509365.28	817.749	46.714

2014

ESTACIÓN	ALTITUD	Coordenadas UTM		PP Anual	HR
		ESTE	NORTE		
CURAHUASI	2763	745152.58	8500658.73	604.541	61.452
GRANJA MODELO	4217	727198.5	8497345.38	932.671	42.502
ABANCAY	2776	730391.97	8494581.72	603.801	75.532
ANDAHUAYLAS	2865	676671.05	8490540.68	661.711	51.262
CASACCANCHA	4050	791866.34	8451800.07	949.921	42.972
TAMBOBAMBA	3317	805232.51	8456551.29	727.351	47.172
CURPAHUASI	3579	751973.3	8444237.3	875.831	45.452
AYMARAES	2964	688700.21	8419320.5	564.011	69.112
PUENTE CUNYAC	2345	762435.98	8499385.96	505.561	76.692
ANTA ANCACHURO	3340	801449.16	8509365.28	821.301	46.742

2015

ESTACIÓN	ALTITUD	Coordenadas UTM		PP Anual	HR
		ESTE	NORTE		
CURAHUASI	2763	745152.58	8500658.73	605.478	58.588
GRANJA MODELO	4217	727198.5	8497345.38	933.608	42.638
ABANCAY	2776	730391.97	8494581.72	604.738	75.668
ANDAHUAYLAS	2865	676671.05	8490540.68	662.648	51.398
CASACCANCHA	4050	791866.34	8451800.07	969.858	43.108
TAMBOBAMBA	3317	805232.51	8456551.29	728.288	47.308
CURPAHUASI	3579	751973.3	8444237.3	876.768	45.588
AYMARAES	2964	688700.21	8419320.5	464.948	69.248
PUENTE CUNYAC	2345	762435.98	8499385.96	401.498	76.828
ANTA ANCACHURO	3340	801449.16	8509365.28	822.238	46.878

2016

ESTACIÓN	ALTITUD	Coordenadas UTM		PP Anual	HR
		ESTE	NORTE		
CURAHUASI	2763	745152.58	8500658.73	598.961	60.134
GRANJA MODELO	4217	727198.5	8497345.38	947.091	44.184
ABANCAY	2776	730391.97	8494581.72	598.221	77.214
ANDAHUAYLAS	2865	676671.05	8490540.68	656.131	52.944
CASACCANCHA	4050	791866.34	8451800.07	903.341	44.654
TAMBOBAMBA	3317	805232.51	8456551.29	721.771	48.854
CURPAHUASI	3579	751973.3	8444237.3	870.251	47.134
AYMARAES	2964	688700.21	8419320.5	458.431	70.794
PUENTE CUNYAC	2345	762435.98	8499385.96	429.981	78.374
ANTA ANCACHURO	3340	801449.16	8509365.28	815.721	48.424

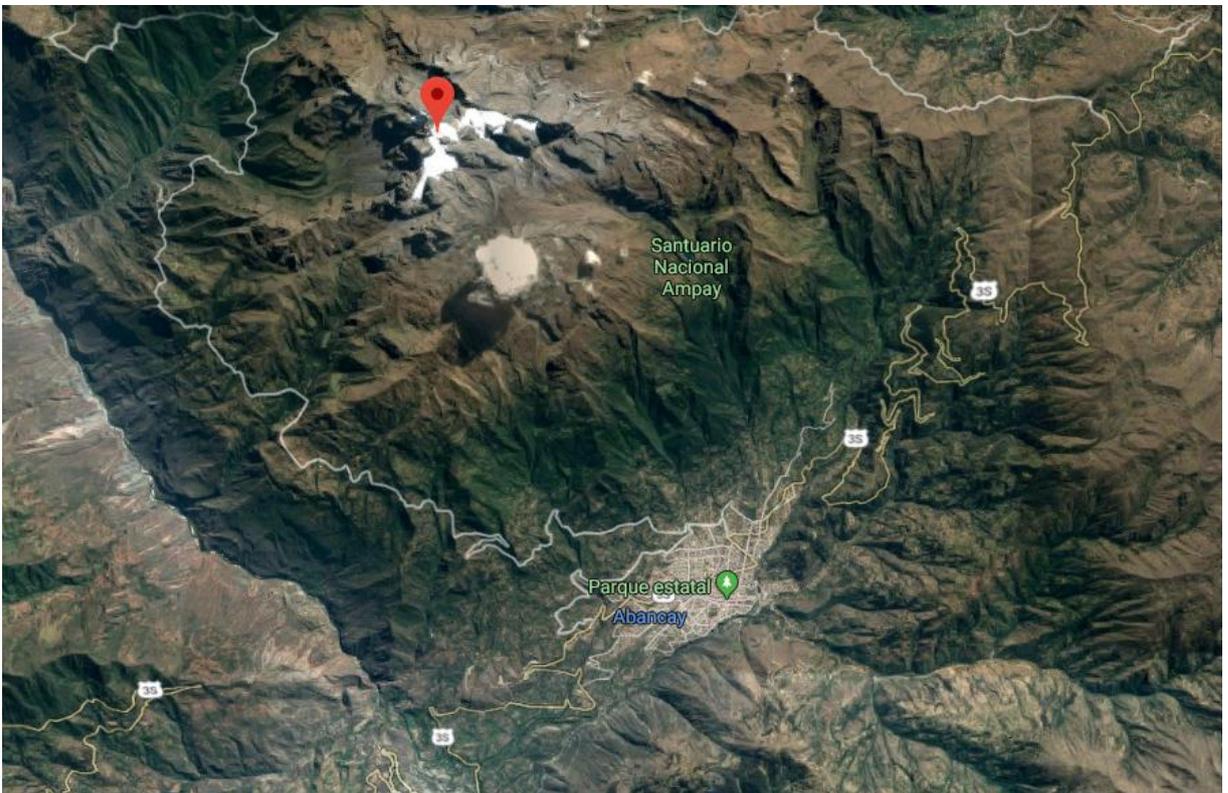
2017

ESTACIÓN	ALTITUD	Coordenadas UTM		PP Anual	HR
		ESTE	NORTE		
CURAHUASI	2763	745152.58	8500658.73	603.863	60.092
GRANJA MODELO	4217	727198.5	8497345.38	902.993	44.142
ABANCAY	2776	730391.97	8494581.72	603.123	77.172
ANDAHUAYLAS	2865	676671.05	8490540.68	661.033	52.902
CASACCANCHA	4050	791866.34	8451800.07	898.243	44.612
TAMBOBAMBA	3317	805232.51	8456551.29	726.673	48.812
CURPAHUASI	3579	751973.3	8444237.3	875.153	47.092
AYMARAES	2964	688700.21	8419320.5	513.333	70.752
PUENTE CUNYAC	2345	762435.98	8499385.96	504.883	78.332
ANTA ANCACHURO	3340	801449.16	8509365.28	820.623	48.382

Anexo 6: Vista satelital del glaciar Ampay



Anexo 7: Mapa de ubicación del glaciar Ampay



Anexo 8: fotografía de la superficie del glaciar Ampay



Anexo 9: fotografía desde la parte inferior del glaciar Ampay



Anexo 10: fotografía de recesión glaciár en la zona de ablación.



Anexo 11: Data meteorológica solicitada a SENAMHI

Google search results for "senamhi".

Gmail interface showing an email from Luis Felipe Gamarra Chávarry (PREJ) to María Rosa Serrano Chuima. The email subject is "Data_Remite_MARIA ROSA SERRANO CHUIMA".

The email content includes a greeting and a request for meteorological data from stations CALCA, SORAYPAMPA, and GRANJA SAN ANTONIO. It also mentions the delivery of a thesis copy to the specialized library.

Three Excel files are attached to the email:

- GRANJA SAN AN...
- CALCA.xlsx
- EMA_SORAYPAM...

Chat interface on the left shows "No hay chats recientes. Inicia uno nuevo."

Anexo 12: Autorización de la versión final de trabajo.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE
La Escuela de Ingeniería Civil

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

SERRANO CHUJIMA, MARIA ROSA

INFORME TÍTULADO:

*IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL RETROCESO
GRADUAL DE LA SUBCENOSA DEL RÍO SANHUANAY,
PROVINCIA DE ABANCAY - 2017*

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

Ingeniero Civil

SUSTENTADO EN FECHA:

07/07/2018

NOTA O MENCIÓN :

16 (Diez y Seis)



Firma del Coordinador de Investigación

Anexo 13: Acta de legalidad de la tesis.

	ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS	Código : FO6-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1
---	--	---

Yo, MUÑOZ PAUCARHAYTA, ABEL ALBERTO
 docente de la Facultad INGENIERIA
 Escuela Profesional INGENIERIA CIVIL de la Universidad César Vallejo
LIMA-NORTE (precisar filial o sede), revisor (a) de la tesis titulada

" IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL RETROCESO
 GLACIAR DE LA SUB CUENCA DEL RIO SAHUANAY,
 PROVINCIA DE ABANCAY - 2017 "

del (de la) estudiante SERRANO CHUIMA, MARIA ROSA
 constato que la investigación tiene un índice de similitud de 14% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/La suscrita (a) analizó dicho reporte y concluyó 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.

Lugar y fecha LOS OLIVOS, 07 DE JULIO DE 2018



Firma

Nombres y apellidos del (de la) docente

DNI: 73851049

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable del SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	---------------------	--------	---------------------------------

Anexo 13: Autorización de publicación de tesis.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI)
"César Acuña Peralta"

FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN O LA TESIS

1. DATOS PERSONALES

Apellidos y Nombres: (solo los datos del que autoriza)

SERRANO CHUIMA, MARIA ROSA
D.N.I. : 47710805
Domicilio : Mz. B. Lt-17 Asoc. V.V. Monte de los Olivos - SMP
Teléfono : Fijo : - Móvil : 954.155304
E-mail : maria.serranochuima@gmail.com

2. IDENTIFICACIÓN DE LA TESIS

Modalidad:

Trabajo de Investigación de Pregrado

Tesis de Pregrado

Facultad : INGENIERÍA

Escuela : INGENIERÍA CIVIL

Carrera : INGENIERÍA CIVIL

Grado Título

INGENIERO CIVIL

Tesis de Post Grado

Maestría

Doctorado

Grado :

Mención :

3. DATOS DE LA TESIS

Autor (es) Apellidos y Nombres:

SERRANO CHUIMA, MARIA ROSA

Título del trabajo de investigación o de la tesis:

"IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL RETROCESO GLACIAR
DE LA SUBCUENCA DEL RÍO SAMUANAY, PROVINCIA ABANCAY-2017"

Año de publicación : 2018

4. AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN VERSIÓN ELECTRÓNICA:

A través del presente documento,

Si autorizo a publicar en texto completo mi trabajo de investigación o tesis.

No autorizo a publicar en texto completo mi trabajo de investigación o tesis.

Firma : 

Fecha : 07/07/2018

Anexo 14: Resultados de análisis de originalidad (turnitin)

Feedback Studio - Mozilla Firefox
https://ev.turnitin.com/app/carta/es/?s=1&lang=es&co=1074584483&u=1063377614

feedback studio DPI-Serrano 4 de 35

Resumen de coincidencias

14 %

Se están viendo fuentes estándar
Ver fuentes en inglés (Beta)

Coincidencias

#	Source	Percentage
1	iboca.com	1 %
2	commona.edu.edu	1 %
3	mafeorolagabativa.com	1 %
4	intranet.cip.org.pe	1 %
5	joel.salazar@unspalcoch...	<1 %
6	www.biblioteca.upbl.p...	<1 %
7	myalide.es	<1 %
8	epirita.ucm.es	<1 %
9	documentacion.ideam...	<1 %
10	bitadmi.udel.edu.ve	<1 %
11	docplayer.es	<1 %

Página 1 de 141 Número de palabras: 28876 Text-only Report High Resolution Aprobado 29:14 p.m. 7/22/2019

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
'IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL RETROCESO GLACIAR DE LA SUBCUENCA DEL RÍO SAHUANAY, PROVINCIA DE ABANCAY EN EL 2017'
TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL.

AUTOR:
SERRANO CHUMBA, MARÍA ROSA

ASESOR:
DR. MUÑOZ PAUCARMAYTA, ABEL ALBERTO

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
DISEÑO DE OBRAS HIDRÁULICAS Y SANEAMIENTO

LIMA- PERÚ
2018 - I