



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

**Modelado por Teledetección entre 2013 y 2021 Delretroceso
glaciar como consecuencia del cambioclimático en la Cordillera
Vilcabamba**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Ambiental**

AUTORES:

Calderon Hernandez, Jhonatan Junior (orcid.org/0000-0001-6857-4973)

Mora Pérez, Wilfredo (orcid.org/0000-0002-1273-0727)

ASESOR:

Dr. Lizarzaburu Aguinaga Danny Alonso (orcid.org/0000-0002-1384-4603)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión de Riesgos y Adaptación al Cambio Climático

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA - PERÚ

2022

Dedicatoria

Dedicamos este trabajo a Dios, que siempre es y será incondicional con nosotros, a nuestros familiares que siempre han sido nuestra inspiración a ser mejores personas.

Dedico además a mi amigo y hermano QEPD José Luis Medina Merma, sin él tal vez esto no se hubiese podido lograr.

A mis compañeros de estudio, a mis maestros y amigos, quienes sin su ayuda nunca hubiese podido hacer llegar hasta este punto. A todos ellos se los agradezco desde el fondo de mi alma.

Agradecimiento

Un agradecimiento a nuestros padres Wilfredo Mora y Doris Pérez; Fredy Calderon y Gladys Hernandez. Agradecemos este trabajo a todas aquellas personas que en algún momento nos dieron una mano para lograr nuestras metas durante toda la carrera universitaria. Un agradecimiento a nuestros hermanos, amigos, distinguidos docentes, compañeros y mascotas que quienes sin su ayuda no hubiésemos podido llegar hasta este punto. A todos ellos se los agradecemos.

A la Universidad César Vallejo, por abrirme sus puertas y que durante cinco años me ha dado la oportunidad de estudiar en esta casa de estudio, la carrera de Ingeniería Ambiental, con todo el apoyo necesario con el que me alentó a hacer de mí mismo un profesional.

Índice de contenidos

Resumen.....	VIII
Abstract.....	IX
I INTRODUCCIÓN.....	1
II MARCO TEÓRICO.....	4
III METODOLOGÍA.....	12
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	12
3.2. Variables y operacionalización.....	12
3.3. Población, muestra y muestreo.....	13
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	15
3.5. Procedimientos.....	15
3.6. Método de análisis de datos.....	29
3.7. Aspectos éticos.....	29
IV RESULTADOS.....	30
V DISCUSIONES.....	69
VI CONCLUSIONES.....	73
VII RECOMENDACIONES.....	74
REFERENCIAS.....	75
ANEXOS.....	82

Índice de tablas

Tabla 1: Validación de instrumentos.....	15
Tabla 2: Fechas de la recolección de las imágenes satelitales.....	17
Tabla 3: Rango de reflectancia de los tipos de superficie terrestre.....	27
Tabla 4: Estadísticas de la regresión - Temperatura Superficial Terrestre Mínima.....	43
Tabla 5: Estadísticas de la regresión - Temperatura Superficial Terrestre Máxima.....	44
Tabla 6: Estadísticas de la regresión - Área de la cobertura glaciaria.....	44

Índice de figuras

Figura 1: Cuadro de motivos de preocupación (MdP).....	5
Figura 2: Zonas de un glaciar.....	5
Figura 3: Reducción del área glaciar por periodos (1962-2016) - Cordillera Vilcabamba..	7
Figura 4: Landsat 8-9 Operational Land Imager (OLI) y sensor térmico de infrarrojo (TIRS).....	9
Figura 5: Ubicación de los Nevados en la cordillera Vilcabamba.....	14
Figura 6: Diagrama de flujo del proceso de investigación.....	16
Figura 7: Recolección de imágenes satelitales.....	17
Figura 8: Pan Sharpened Composit.....	18
Figura 9: Imagen satelital sin Pan Sharpened.....	19
Figura 10: Imagen satelital con Pan Sharpened.....	19
Figura 11: Reflectance with Atmospheric Correction.....	20
Figura 12: Resultado de la Corrección de Reflectancia.....	20
Figura 13: Diagrama de flujo para la estimación de la temperatura superficial terrestre .	21
Figura 14: Cuadro de la ecuación TOA.....	22
Figura 15: Cálculo de la temperatura de brillo.....	23
Figura 16: Valores de la constante térmica.....	23
Figura 17: Cálculo del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizado (NDVI).....	24
Figura 18: Cálculo de la proporción de vegetación.....	25
Figura 19: Valores del NDSI.....	25
Figura 20: Calculo de emisividad.....	25
Figura 21: Cálculo de le temperatura superficial terrestre.....	26
Figura 22: Delimitación de la submuestra 1 del año 2021.....	27
Figura 23: Resultado de una imagen Raster.....	28
Figura 24: Resultado de la conversión de imágenes Raster.....	28
Figura 25: Activación de las Herramientas para análisis - VBA.....	29
Figura 26: Temperatura Superficial Terrestre 2013.....	31
Figura 27: Temperatura Superficial Terrestre 2016.....	33
Figura 28: Temperatura Superficial Terrestre 2019.....	34
Figura 29: Temperatura Superficial Terrestre 2021.....	36
Figura 30: Cobertura glaciar de la muestra 1 - 2013.....	37
Figura 31: Cobertura glaciar de la muestra 2 - 2016.....	39
Figura 32: Cobertura glaciar de la muestra 3 -2019.....	40
Figura 33: Cobertura glaciar de la muestra 4 - 2021.....	41
Figura 34: Temperatura Superficial Terrestre Mínima - Curva de regresión ajustada.....	42
Figura 35: Temperatura Superficial Terrestre Máxima - Curva de regresión ajustada.....	43
Figura 36: Área de la Cobertura Glaciar - Curva de regresión ajustada.....	44
Figura 37: Estimación del área de la cobertura glaciar de la cordillera Vilcabamba.....	46
Figura 38: Estimación de la temperatura superficial terrestre mínima y máxima de la cordillera de Vilcabamba.....	46
Figura 39: Área de la cobertura glaciar - Submuestra 1.....	49
Figura 40: Análisis multitemporal de la submuestra 1 entre los años 2013, 2016, 2019 y 2021.....	49
Figura 41: Temperatura superficial terrestre - submuestra 1.....	50
Figura 42: Estimación de la temperatura superficial máxima y mínima – submuestra 1..	50
Figura 43: Estimación del área de la cobertura glaciar - Submuestra 1.....	51

Figura 44: Análisis multitemporal de la submuestra 2 entre los años 2013, 2016, 2019 y 2021	53
Figura 45: Área de la cobertura glaciar Submuestra 2.....	53
Figura 46: Temperatura superficial terrestre - Submuestra 2.....	54
Figura 47: Estimación de la temperatura superficial terrestre máxima y mínima - Submuestra 2.....	54
Figura 48: Estimación del área de la cobertura glaciar - Submuestra 2.....	55
Figura 49: Análisis multitemporal de la submuestra 3 entre los años 2013, 2016, 2019 y 2021	57
Figura 50: Área de la cobertura glaciar - Submuestra 3	58
Figura 51: Temperatura superficial terrestre - Submuestra 3	58
Figura 52: Estimación de la temperatura superficial terrestre máxima y mínima - Submuestra 3.....	59
Figura 53: Estimación del área de la cobertura glaciar - Submuestra 3.....	59
Figura 54: Análisis multitemporal de la submuestra 4 entre los años 2013, 2016, 2019 y 2021	62
Figura 55: Área de la cobertura glaciar - Submuestra 4	62
Figura 56: Temperatura superficial terrestre - Submuestra 4	63
Figura 57: Estimación de la temperatura superficial terrestre máxima y mínima - Submuestra 4.....	63
Figura 58: Estimación del área de la cobertura glaciar - Submuestra 4.....	64
Figura 59: Análisis multitemporal de la submuestra 5 entre los años 2013, 2016, 2019 y 2021	66
Figura 60: Área de la cobertura glaciar - Submuestra 5	66
Figura 61: Temperatura superficial terrestre - Submuestra 5	67
Figura 62: Estimación de la temperatura superficial terrestre máxima y mínima - Submuestra 5.....	68
Figura 63: Estimación del área de la cobertura glaciar - Submuestra 5.....	68

Resumen

La pérdida de cobertura glaciar en la cordillera Vilcabamba representa una importante afectación en la contribución de agua dulce tanto para consumo agrícola, industrial y humano; por eso se planteó como objetivo general modelar por teledetección entre los años 2013 y 2021. El retroceso glaciar es consecuencia del cambio climático, por lo tanto conocer el área de pérdida es de suma importancia científica en la conservación de los ecosistemas de montaña; mediante el uso y procesamiento de imágenes obtenidas del satélite Landsat 8, y utilizando el software ArcGIS se realizó un modelado del retroceso glaciar con un análisis multitemporal entre los años de estudio, su estimación de temperatura y pérdida de área a futuro enfocado al 2030 aplicado a todos los nevados que comprenden esta cordillera. Se aplicó la función Índice Diferencial Normalizado de Nieve (NDSI) para el cálculo del índice de temperatura superficial terrestre la cual se relacionó con la pérdida de cobertura glaciar, como resultado se obtuvo un área de pérdida de 28.93km² con temperaturas promedio que van desde los -7.46°C hasta los 13.28°C mientras que para la estimación a futuro se realizó una ecuación de regresión lineal obteniendo un área de 48.92 km² proyectada al 2030.

Palabras claves: Modelado glaciar, teledetección, NDSI, Landsat 8, regresión lineal.

Abstract

The loss of glacier cover in the cordillera Vilcabamba represents a significant impact on the contribution of fresh water for both agricultural, industrial and human consumption; That is why we set as an objective to model by remote sensing between 2013 and 2021 the glacial retreat as a consequence of climate change, therefore knowing the area of loss of glacial coverage is of the utmost scientific importance in the conservation of mountain ecosystems, as well that through the use and processing of images obtained from the Landsat 8 satellite, and using the ArcGIS software, we modeled the glacier retreat with a multi-temporal analysis between the years of study and its subsequent estimation of future area loss focused on 2030 applied to all the snow-capped mountains that comprise this mountain range. The NDSI function was applied to calculate the land surface temperature index, which was related to the loss of glacier coverage, and as a result, a loss area of 28.93km² was obtained with average temperatures ranging from -7.46°C to 13.28°C while for the future estimation a linear regression equation was performed obtaining an area of 48.92 km² projected to 2030.

Keywords: Glacier modeling, remote sensing, glacier coverage area, land surface temperatura.

I INTRODUCCIÓN

Desde el surgimiento de la Revolución Industrial que inició a mitad del siglo XVIII, el ser humano ha venido quemando combustibles fósiles con el fin de generar potencia hacia las manufacturas y transporte. Al ser usados como energía generan altas emisiones de dióxido de carbono (CO₂) (Ráez Luna, 2019). Las emisiones de los gases por actividades antropogénicas provocan un cambio climático, esto ocasiona un tema de preocupación en todo ser responsable y en la agenda de cualquier gobierno (Díaz Cordero, 2012). El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) el 2018 publicó una información especial con respecto a los efectos generados por el calentamiento global. Este informe evaluó la magnitud de los efectos que producirían el calentamiento global de 1,5°C con relación a las trayectorias correspondientes que deberían seguir las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero y a los niveles preindustriales; esto figura que la temperatura media superficial del planeta viene aumentado 0,2 °C por cada decenio (10 años) como consecuencia de las emisiones anteriores y actuales generados por las actividades antropogénicas. Las consecuencias de llegar a un calentamiento global al llegar a 1,5 °C será el aumento de las temperaturas extremas, incremento de la frecuencia, intensidad o la medida generada por las precipitaciones intensas y el aumento de la intensidad de sequías en diversas regiones. Los impactos ocasionados por un calentamiento adicional conlleva un aumento del descongelamiento de los mantos de hielo, glaciares e incremento en el nivel del mar (Myles R. et al., 2018).

El impacto que genera el cambio climático en los glaciares es de notable consideración ya que desde el año 1976 este retroceso se ha acelerado, por lo que muchos glaciares han desaparecido y la existencia de glaciares de áreas pequeñas están bajo amenaza. Los riesgos asociados al proceso de deglaciación en los nevados, afectan de manera directa a las poblaciones locales cercanas (Gancedo Alonso, 2018). El 42% del área glaciaria se perdió a partir de 1970 en 18 cordilleras del territorio nacional. Las actividades antropogénicas son una de las principales fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero. Dichas partículas son transportadas a una mayor altitud, hacia los glaciares y estas tienden a tener un impacto perjudicial en el ciclo hidrológico (Sandeep et al., 2022); mientras que

dentro de los componentes que son por causas naturales para el retroceso glaciar destacan las oscilaciones cíclicas de la radiación solar, variaciones orbitales de la tierra y la actividad volcánica (INAIGEM, 2016).

Los glaciares tropicales son importantes reservas de agua dulce; sin embargo, son sensibles al cambio climático, su reducción pone en riesgo la disponibilidad hídrica en las cuencas (ANA, 2019). El Perú posee un 71% de los glaciares tropicales sudamericanos ubicados en la Cordillera de los Andes, los cuales son distribuidos en 18 cordilleras (ANA, 2014). Según la ANA y Gonzáles Lizarme (2020), el Perú perdió el 51% de su superficie glaciar en los últimos 50 años, esto se debe al incremento de temperatura en las reservas de agua sólida. El Perú cuenta, en la actualidad con 18 cordilleras divididos en 3 cordilleras principales oriental, central y occidental; dentro de la cordillera oriental se encuentra la cordillera Ampato y cordillera Blanca, en la occidental la cordillera Vilcanota y en la central la cordillera Vilcabamba; sin embargo, en registros anteriores dan a conocer la existencia de 20 cordilleras.

Esta investigación desarrolló el retroceso glaciar que se produce en la cordillera Vilcabamba. Donde los efectos que genera el cambio climático sobre la superficie glaciar ocasionan el retroceso glaciar de los nevados. La estimación del retroceso se realizó mediante la técnica de teledetección para determinar la temperatura superficial y el área de retroceso glaciar. Se utilizó imágenes del satélite Landsat 8, para calcular el índice diferencial normalizado de nieve (NDSI) (Pratibha y Kulkarni, 2017) y para la temperatura superficial se aplicó el algoritmo de evaluación de la temperatura de superficie de la tierra (LST) con la finalidad de cuantificar la dinámica de la cobertura glaciar de los nevados en la cordillera Vilcabamba entre los años 2013 y 2021.

Debido a la realidad problemática se planteó como **problema general**, ¿Se puede determinar por teledetección el retroceso glaciar generado por el cambio climático en la Cordillera de Vilcabamba entre 2013 y 2021?, y como **problemas específicos**: ¿De qué manera el modelado por teledetección determina la temperatura superficial de la Cordillera Vilcabamba entre 2013 y 2021?, ¿Cómo se logra modelar por teledetección el área del retroceso glaciar de la Cordillera de Vilcabamba entre 2013 y 2021? y ¿Se puede mediante un modelo de regresión

lineal estimar el área de la cobertura glaciar de los nevados de la Cordillera Vilcabamba para el año 2030?

La justificación de esta investigación se enfocó en dos aspectos principales siendo estos ambiental y teórico. En el aspecto ambiental el estudio da a conocer que los glaciares son los principales representantes de los ecosistemas de montaña; sin embargo, la influencia del calentamiento global ocasiona la pérdida de cobertura glaciar y su variación en la temperatura superficial de la cordillera Vilcabamba, utilizando técnicas del sistema de información geográfica (SIG) y programas de teledetección. En el aspecto teórico la investigación propuesta busca, mediante el uso de herramientas de teledetección afianzar y contribuir en el estudio del retroceso glaciar de los nevados en el Perú, específicamente en la cordillera Vilcabamba a través de la interpretación obtenida del procesamiento de imágenes satelitales.

El objetivo general fue: determinar por teledetección el retroceso glaciar generado por el cambio climático en la cordillera Vilcabamba entre los años 2013 y 2021; como **objetivos específicos**: determinar por teledetección la temperatura superficial en la cordillera Vilcabamba entre los años 2013 y 2021, realizar el cálculo por teledetección de la cobertura del área de retroceso glaciar en la cordillera Vilcabamba entre los años 2013 y 2021 y estimar mediante la aplicación de regresión lineal el área glaciar de los nevados ubicados la cordillera Vilcabamba para el año 2030.

Se planteo como **hipótesis general**: mediante teledetección podremos evaluar el retroceso glaciar generado por el cambio climático en la Cordillera Vilcabamba entre los años 2013 y 2021; como **hipótesis específicas**: Mediante teledetección se determina la temperatura superficial terrestre en la Cordillera Vilcabamba entre los años 2013 y 2021, mediante teledetección se puede calcular el área de retroceso glaciar en la Cordillera Vilcabamba entre los años 2013 al 2021, y la ecuación de regresión lineal permite estimar el área glaciar de los nevados de la Cordillera Vilcabamba para el año 2030.

II MARCO TEÓRICO

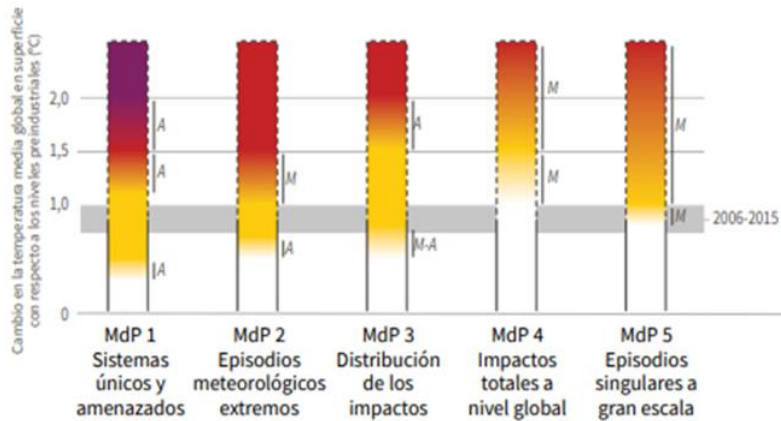
Para Bárcena et al. (2020) el **cambio climático** se manifiesta en el aumento de la temperatura, en la modificación de patrones de precipitación y el alza continua del nivel del mar, como también en la reducción de la criosfera y la acentuación de los fenómenos climáticos extremos.

Según Silverio (2016) en su conferencia por el impacto del cambio climático en la Cordillera Blanca, presentó el incremento de la temperatura en diferentes espacios temporales, utilizando un periodo de estudio que va desde 1939 al 2016, donde demostraron mediante estudios previos incrementos de 0.5°C desde su primer monitoreo expresando que para el 2050 habrá un incremento entre 1°C a 3°C . Por consecuencia del incremento de temperatura e influenciado por la corriente del niño, el principal impacto negativo del cambio climático se muestra en la pérdida de cobertura glaciar con un retroceso de $6\text{km}^2/\text{año}$, considerando este comportamiento se tuvo una reducción de 218km^2 en promedio desde el año 1987 al 2016.

Glaciar es una masa de hielo originada sobre una superficie terrestre por procesos de acumulación, compactación y recristalización de la nieve. Según Calizaya Llatasi (2018) menciona que la precipitación anual de nieve son encontrados en zonas cercanas a los polos, aunque existen en otras zonas como en las montañas, nevados y cordilleras.

Calizaya Llatasi (2018) realizó un modelamiento de la desglaciación de los nevados de la cuenca del río Santa y su impacto en los recursos hídricos, se utilizaron diferentes variables como temperatura, precipitación diaria, área de cobertura de nieve, así como parámetros de entrada. Se aplicaron cálculos estadísticos con Rstudio y CIAT, obteniendo datos de caudal en m^3/seg , y posteriormente basado en el informe de la IPCC del año 2013 con los datos obtenidos estimó a tiempo futuro la precipitación y temperatura para los años 2030, 2050 y 2080.

Dentro del informe de IPCC (2022) se muestran los cinco motivos de preocupación o MdP (Figura 1), los glaciares están considerados dentro del MdP 1 (Sistemas únicos y amenazados), la transición dada de los riesgos para el MdP 1 será de alta a muy alta entre 1.5°C y 2°C , es decir, los riesgos son de impacto grave con una irreversibilidad alarmante, además de presentar una capacidad de adaptabilidad muy limitada, representando un riesgo para los glaciares.

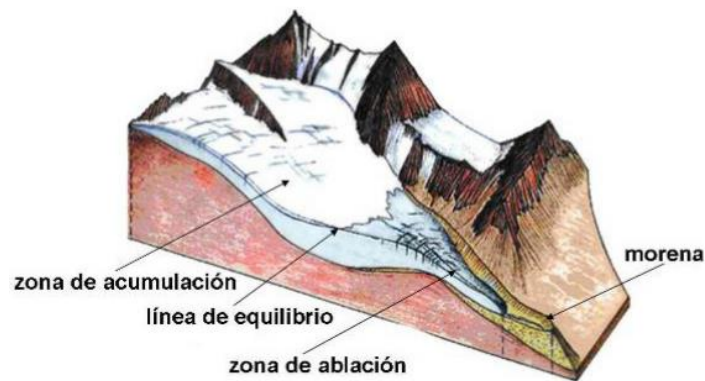


Fuente: IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change

Figura 1: Cuadro de motivos de preocupación (MdP)

La **ablación** corresponde solo a uno de los diversos procesos de erosión glaciar, esta se refiere a la posterior formación de depósitos residuales (formaciones lagunares) dada por la remoción de materiales rocosos, accionada por el viento o la escorrentía superficial (Schauwecker et al., 2014).

Las zonas que se visualizan en la figura 2 hay un balance en la acumulación de glaciares es igual a la ablación; la porción que se encuentra ubicado por encima la línea de equilibrio del glaciar será su zona de acumulación, mientras que la parte que se encuentre ubicado debajo de la línea es su zona de ablación (Alva Huayaney y Ramos Alonzo, 2018).



Fuente: Alva Huayaney y Ramos Alonzo, 2018

Figura 2: Zonas de un glaciar

Cobertura glaciar corresponde al área que ocupa sobre la superficie terrestre. Que según Gallegos Castro et al. (2018) distinguen 3 tipos de cubiertas sobre el suelo: glaciar, suelo desnudo y vegetación. La clase glaciar hace referencia a toda el área ocupada por hielo. Sin embargo Cuadros Díaz (2018) menciona que un glaciar

sobreviva en el paso del tiempo, este debe encontrar un equilibrio en función de la ablación y acumulación dentro de su sistema glaciar.

Díaz Aguilar et al. (2017) abarcó como objetivo el estudio multi-temporal de los nevados para calcular el área de reducción de la cobertura glaciar. Se realizó mediante métodos de clasificación monitoreada para imagen Landsat 2 MSS (Multispectral Scanner), Landsat 5 TM (Thematic Mapper) y Landsat 8 OLI/TIRS (Operational Land Imagery/ Thermal Infrared Sensor), estos dos últimos se usaron para el índice de diferencia normalizada de nieve. Se concluye que hubo una disminución en los nevados Allin Capac y Chichi Capac de un 67% de cobertura glaciar entre los años 1975 y 2015.

Para González Páez y Andrés García (2016) tiene como fin examinar la dinámica de la cobertura glaciar mediante imágenes multiespectrales de los sensores TM y OLI, mediante los satélites Landsat 5 y 8 para determinar la pérdida en área y porcentaje del glaciar de la Sierra Nevada de Santa Marta. Estos resultados multiespectrales se relacionaron con un modelo matemático mediante series de tiempo a partir de metodologías de clasificación supervisada y regresiones lineales que ayudó a evaluar el comportamiento futuro del glaciar.

La **cordillera Vilcabamba** es parte de la cordillera central, se encuentra localizada al oeste de la Cordillera Urubamba, su zona de influencia posee una longitud de 144 km y un área de 5,707 km² (INAIGEM, 2018).

Para el 2016 la Cordillera Vilcabamba contaba con una cobertura glaciar de 101 km² y la cobertura glaciar libre de escombros tenía 95.58 km². En tan solo 54 años desde 1962 hasta 2016 ha perdido un total de 160.45 km² de cobertura glaciar (INAIGEM, 2018), como se observa en la figura 3.

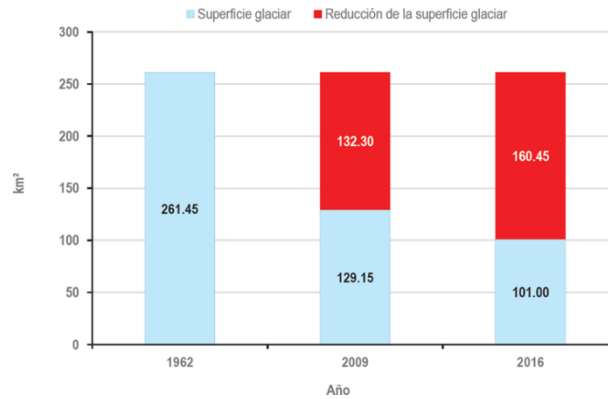


Figura 3: Reducción del área glaciar por periodos (1962-2016) - Cordillera Vilcabamba

Fuente: Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montañas

Retroceso Glaciar es el ascenso de la línea inferior de los nevados de alta montaña a mayor altitud, en muchos es consecuencia del deshielo o fusión glaciar (Mora, 2010).

Monterroso Tobar, Londoñon Bonilla y Sansonov (2018) realizaron un estudio donde estimaron el retroceso glaciar en los volcanes Nevado del Ruiz, Santa Isabel y Tolima, por medio de imágenes ópticas y Din – SAR. Tuvieron como objetivo cuantificar el retroceso glaciar entre los años 2010 y 2015 haciendo uso de imágenes del Satélite RapidEye e imágenes Landsat 8 OLI TIRS. Como conclusión se llegó a que estos tres nevados presentaron disminuciones considerables en su superficie glaciar en un periodo de 5 años.

Pando y Garcia (2014) tienen como objetivo estimar el retroceso glaciar a futuro, por consiguiente, utilizaron imágenes satelitales obtenidas de los satelitales Landsat 5 y 8 aplicando el índice diferencial normalizado de nieve (NDSI), utilizando las bandas 5 y 2 para Landsat 5 y las bandas 6 y 3 para Landsat 8, como resultados se obtuvo la disminución de 4.59km² desde el año 1988 hasta el 2014, posteriormente se estimó un área de pérdida total para el año 2043.

Follanos Molero y Sarmientos Fuentes (2020) evaluaron la regresión glaciar de los nevados Salkantay y Verónica en el periodo 1990 al 2020. Tuvieron como objetivo analizar sus cambios geomorfológicos mediante un análisis multitemporal utilizando herramientas de teledetección haciendo uso de imágenes Landsat 5 TM y Landsat 8 OLI/TIRS, dando como resultado un retroceso de 16.9258 km² en el nevado Salkantay y de 18.5147 km² para el nevado Verónica.

Teledetección es una técnica en la cual podemos obtener datos con respecto a las superficies de la tierra, adquirimos datos mediante un sensor o dispositivo instalado a cierta distancia sobre la tierra y apoyándose en cantidades cuantificables de energía electromagnética reflejadas o emitidas (INAIGEM, 2017).

Dioses Cardenas (2017) tuvo como objetivo determinar como la técnica de la teledetección que permite calcular la dinámica de las lagunas glaciares adyacentes y la cobertura glaciar del nevado Huascarán desde 1990 al 2017 mediante el uso de imágenes Landsat 5, 7 y 8.

Veettil y Kamp (2019) realizaron un estudio de observación, causas y desafíos de la desaparición global de glaciares de montaña tropical alrededor del mundo, analizando específicamente los Andes Sudamericanos, África Oriental y Australasia midiéndolas en diferentes espacios temporales con técnicas de teledetección (Landsat 5,7 y 8), dando como resultados 2337.55km², 4.41km² y 2.14² respectivamente.

(Martín Moreno y Allende Álvarez, 2016) estudiaron, cuantificar y presentar nuevos datos sobre la influencia de la pequeña edad de hielo en los glaciares de Svalbard y Spitsbergen ubicados en Noruega, utilizando herramientas de interpretación de fotografías aéreas y SIG, para el procesamiento usaron NPTS, imágenes satelitales, ortofotos y fotografías terrestres entre los años 1936 al 2010 dando como resultado una reducción de 23.034km² a 20.076km² del total de la superficie glaciar.

Satélite Landsat 8, las imágenes que se obtienen del satélite Landsat 8 por el sensor OLI y TIRS consiste en nueve bandas espectrales (Figura 4) con una resolución espacial de 30m desde la banda 1 a la banda 7 incluyendo la banda 8 (pancromática). Además, la banda 1 sirve para los estudios costeros y aerosoles. La banda espectral 9 sirve útil para la detección de cirrus. A la banda espectral 8 pancromática pertenece a 15m de resolución espacial. Las bandas 10 y 11 son eficaces para producir temperaturas precisas de la superficie que se toman a 100m de resolución (Ariza, 2013).

Bandas	Longitud de onda (micrómetros)	Resolución (metros)
Banda 1 - Aerosol costero	0,43-0,45	30
Banda 2 - Azul	0,45-0,51	30
Banda 3 - Verde	0,53-0,59	30
Banda 4 - Rojo	0,64-0,67	30
Banda 5 - Infrarrojo cercano (NIR)	0,85-0,88	30
Banda 6 - SWIR 1	1,57-1,65	30
Banda 7 - SWIR 2	2,11-2,29	30
Banda 8 - Pancromático	0,50-0,68	15
Banda 9 - Cirrus	1,36-1,38	30
Banda 10 - Infrarrojos térmicos (TIRS) 1	10,6-11,19	100
Banda 11 - Infrarrojos térmicos (TIRS) 2	11,50-12,51	100

Fuente: USGS Science for a changing world (2013)

Figura 4: Landsat 8-9 Operational Land Imager (OLI) y sensor térmico de infrarrojo (TIRS)

Ruiz Pereira y Veettil (2019) evaluaron el contexto y la magnitud de la desglaciación regional en el límite climático 33°S de los andes (Argentina y Chile), para su estudio usaron imágenes Landsat 8, Sentinel-2A, mapas históricos y fotografías aéreas de 1956, además de hacer uso de técnicas de MED (modelo de elevación digital), con el objetivo de modelar el retroceso glaciar en los grupos de glaciares Olivares, Juncal Sur, Juncal Norte, Monos de Agua, Alto del Plomo y Bajo del Plomo, obteniendo como resultados una reducción de más del 45% en las áreas comprendidas por los glaciares del Juncal entre 1956 y 2015.

Zhang et al. (2021) realizaron un estudio sobre los cambios en el área de los glaciares y la capa de nieve en el sistema de distribución que rodea al Tarim de 2000 a 2020 haciendo uso de la plataforma Google Earth Engine, con imágenes del sensor MODIS y corroborando con imágenes satelitales Landsat 5 TM y 8 OLI tuvieron como objetivo evaluar la tendencia de retroceso glaciar más relativa. El estudio dió como resultado que los meses más confiables para la evaluación de glaciares se da entre los meses de julio y setiembre, dando una reducción en la cuenca del Tarim de 1.32% anual, mientras que la reducción lenta más relativa se observó en West Tien Shan y Pamir, 0.69% y 1.08% respectivamente.

Pando y Garcia (2014) realizaron un análisis multitemporal del retroceso glaciar en el nevado Salkantay de la cuenca del rio Aobamba entre los años 1988 al 2014, teniendo como objetivo estimar el retroceso glaciar a futuro denotando su importancia e impacto en las poblaciones dependientes de este recurso hídrico, por

consiguiente utilizaron imágenes satelitales obtenidas de los satelitales Landsat 5 y 8 aplicando el índice diferencial normalizado de nieve (NDSI), utilizando las bandas 5 y 2 para Landsat 5 y las bandas 6 y 3 para Landsat 8, obteniendo como resultados una disminución de 4.59km² desde el año 1988 hasta el 2014, posteriormente se estimó un área de pérdida total para el año 2043.

Corrección reflectancia: Al trabajar con bandas del visible e infrarrojo cercano la radiancia tiende a transformarse en reflectividad donde domina el espectro de emisión solar, pero al utilizar bandas del infrarrojo térmico domina el espectro de emisión terrestre, estas radiancias se transforman a temperaturas de brillo (Durán Alarcón et al., 2015).

NDSI: Para realizar la medición del área que cubre la nieve utilizamos el índice diferencial normalizado de nieve, este nos permite realizar el modelado calculando a partir de las bandas del verde y del infrarrojo medio de Landsat, haciendo uso de la siguiente ecuación:

$$NDSI_{L8} = \frac{(Band_3 - Band_6)}{(Band_3 + Band_6)} \dots \dots \dots Ec. 1$$

El valor del umbral que se aplica al referenciar los bordes del glaciar puede ir variando entre un lugar a otro incluso dentro de las imágenes de estudio. Este método ha sido ampliamente utilizado para estudio en la Cordillera Blanca (Kozhikkodan Veetil et al., 2016).

Alva Huayaney y Ramos Alonzo (2018) tuvieron como objetivo determinar la dinámica de los glaciares ubicados en esta cuenca haciendo uso de un análisis multitemporal del periodo 1990 al 2015 utilizando imágenes satelitales Landsat 5 TM y Landsat 8 OLI obteniendo el índice diferencial de nieve (NDSI) mediante las bandas 2 y 5 para Landsat 5 y las bandas 6 y 3 para Landsat 8 para calcular el retroceso glaciar. Se estimó que para el año 2070, dado que en su porcentaje de pérdida de área glaciar entre el periodo propuesto fue del 30%.

Durán Alarcón et al. (2015) realizaron un análisis multitemporal desde el año 1975 hasta el 2010 utilizando imágenes Landsat 5 TM, las cuales fueron sometidas a los siguientes procesamientos: Mediante NDSI (índice diferencial normalizado de nieve) además haciendo uso del NDVI (índice diferencial normalizado de

vegetación) y LST (temperatura superficial terrestre). Los resultados de tendencia mostraron un comportamiento decreciente de 4.5km² por década entre los años de estudio, destacando el periodo 1987 al 2010 con una reducción de 3.5km².

Regresión Lineal: El coeficiente de correlación se representa con una “r” y puede tomar valores que van entre -1 y $+1$. Una correlación perfecta implica un valor de -1 o $+1$, lo cual indicaría que al conocer el valor de una variable sería posible determinarse el valor de la otra variable. Un resultado de 0 significa que no hay correlación, es decir, el comportamiento de una variable no se relaciona con el comportamiento de la otra variable. Entre más cerca se encuentre del valor 1 tendrá una mayor la fuerza de asociación (Roy García et al., 2019).

Imágenes satelitales vienen a ser la captura de la radiación emitida o reflejada por la superficie de la tierra mediante un sensor instalado a bordo de un satélite artificial.

Gallegos Castro et al. (2018) en su proyecto tuvo que realizar tuvo un análisis multitemporal en el periodo 1970-2009 mediante fotogrametría y técnicas de teledetección utilizando 92 imágenes de satélite (periodo 1977-2013) dando como conclusión un retroceso del 25.58%, esto implica una tasa de retroceso de 0.176km² por año.

III METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

La presente investigación es de tipo básico debido a que se genera en un marco teórico y este permanece en él; esto es con el fin de incrementar los conocimientos; el presente tipo de investigación tiene un enfoque cuantitativo, este es debido a que la recolección de datos será sustraída de la medición y así poder probar una o varias hipótesis, de los cuales serán sometidos a pruebas mediante el empleo de los diseños de investigación estadísticos apropiados (Hernandez Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio, 2014).

El diseño de investigación que se realizó en la presente investigación fue no experimental descriptivo, ya que este se efectúa cuando se describen los elementos principales de los objetivos de estudio (Monjarás Ávila et al., 2019). Esto es porque no se manipulan las variables para modificar los resultados, con el fin de observar una relación causa - efecto (Monjarás Ávila et al., 2019). Para realizar el correcto análisis de los distintos elementos que se hallan en el área de estudio, se elaboró una matriz de operacionalización del cual tiene como enfoque el brindar una mayor descripción sobre las variables, siendo esto un punto de partida para el análisis de los nevados (Artunduaga López et al., 2020).

3.2. Variables y operacionalización

Variable independiente: el cambio climático es el resultado del aumento de temperatura promedio en la atmósfera del planeta, debido a la intensa emisión de Gases de Efecto Invernadero producidas y acumuladas en el mundo (Ministerio del Ambiente - MINAM, [sin fecha]).

Variable dependiente: el retroceso glaciar es un procedimiento de deshielo, fusión y extinción de los glaciares, este es generado por un aumento en la temperatura del aire y el cambio climático (Rojas Acuña y Tordocillo Puchuc, 2018).

La operacionalización de las variables se encuentran ubicados en el anexo 1 indicando las definiciones conceptuales y operacionales, dimensiones, indicadores y su escala de medición de acuerdo a las variables del presente estudio.

3.3. Población, muestra y muestreo

La población de estudio fue la cordillera Vilcabamba, esta se distribuye entre 355 glaciares y con una superficie glaciaria de 101 km² para el 2016.

El área de estudio comprende los glaciares ubicados dentro de la Cordillera de Vilcabamba, para este procesamiento del área glaciaria se delimitó en 4 muestras, no se delimitó cada nevado de manera individual por temas de georreferenciación, la mayoría de los nevados se encuentra de manera correlativa por lo que se delimitaron en 5 submuestras.

Se delimitó de la siguiente manera:

Muestras:

- Muestra 1: Cobertura glaciaria de la Cordillera Vilcabamba - Año 2013
- Muestra 2: Cobertura glaciaria de la Cordillera Vilcabamba - Año 2016
- Muestra 4: Cobertura glaciaria de la Cordillera Vilcabamba - Año 2019
- Muestra 5: Cobertura glaciaria de la Cordillera Vilcabamba - Año 2021

Y con sus respectivas:

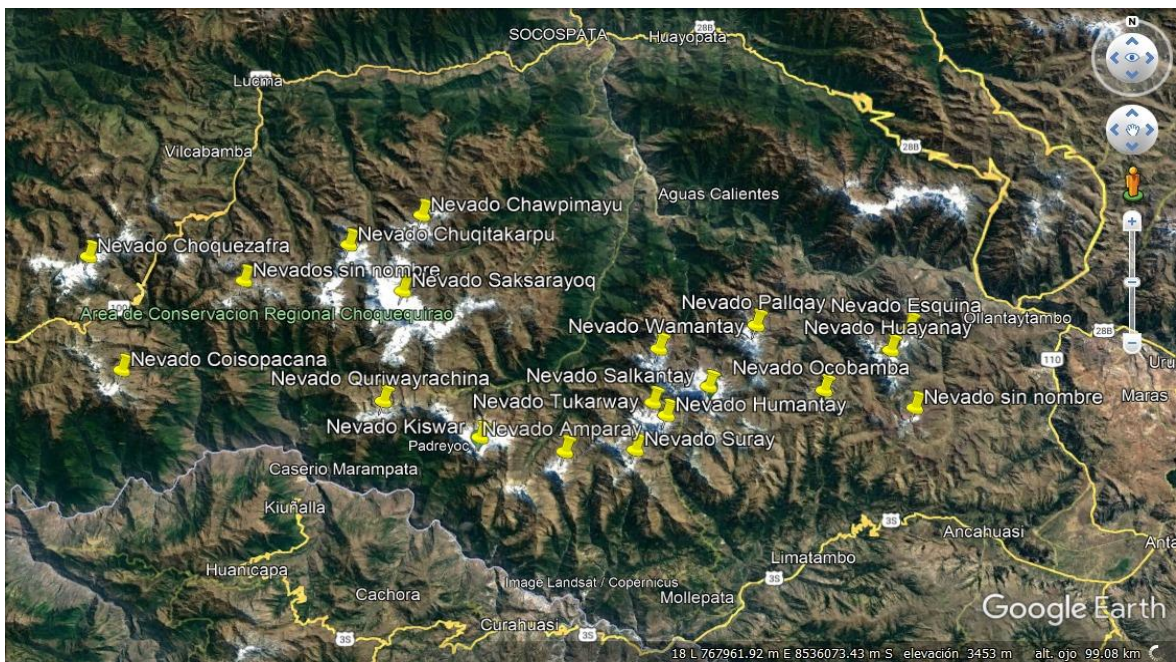
Submuestras

- Submuestra 1
 - Nevado Choquezafra
 - Nevado Coisopacana
 - Nevados sin nombre
- Submuestra 2
 - Nevado Chuqitakarpu
 - Nevado Chawpimayu
 - Nevado Saksarayoq
- Submuestra 3:
 - Nevado Quriwayrachina
 - Nevado Kiswar
 - Nevado Amparay
- Submuestra 4:
 - Nevado Suray
 - Nevado Tukarway

- Nevado Humantay
- Nevado Salkantay
- Nevado Huamantay
- Nevado Pallkay
- Submuestra 5:
 - Nevado Ocobamba
 - Nevado Huayanay y Esquina
 - Nevado sin nombre

La ubicación y nombres de los nevados fueron extraídos de la plataforma geoespacial Zoom Earth.

El muestro fue de tipo no probabilístico y de técnica intencional debido a que seleccionamos la muestra de los nevados. Debido a la accesibilidad limitada de la investigación, estos nevados ubicados en la cordillera Vilcabamba representan una muestra de alta correlación respecto a su comportamiento ante el cambio climático (Figura 5).



Fuente: Google Earth Pro

Figura 5: Ubicación de los Nevados en la cordillera Vilcabamba

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En la presente investigación se aplicó la técnica de observación directa, los datos son recolectados y el objeto de estudio fue sujeto a interpretación sin intervenir o alterar el ambiente.

Los instrumentos utilizados para la recolección de datos constaron con 03 fichas: registro de imágenes satelitales, registro del área de cobertura glaciar y registro de la temperatura superficial; ver Anexo 2.

La validez del instrumento se analizó mediante fichas de registro de datos, los cuales fueron validos por 3 especialistas de acuerdo con el tema de investigación y la carrera profesional. Como se observa en la Tabla 1.

Tabla 1: Validación de instrumentos

Apellidos y Nombres de los Expertos	CIP / CQP	Promedio de los Instrumentos
Mgr. Castro Tena, Lucero Katherine	CIP 162994	95%
Mg. Sc. Pillpa Aliaga, Freddy	CIP 196897	90%
Dra. Aylas Humareda, María del Carmen	CIP 55149	90%

Fuente: Elaboración propia

3.5. Procedimientos

Se realizó un análisis multitemporal teniendo como línea base el año 2013 y tuvo un intervalo de 3 años hasta el 2019 y un periodo de 2 años el 2021, esto con el fin de poder ver en mayor medida el impacto generado por el cambio climático. Se utilizó técnicas de teledetección y herramientas GIS donde se aplicó un método semiautomático permitiendo realizar un modelado del retroceso glaciar considerando todos los factores incidentes en el retroceso glaciar, esta herramienta brindó modelados de manera rápida y confiabilidad alta. Como se observa en la figura 6.

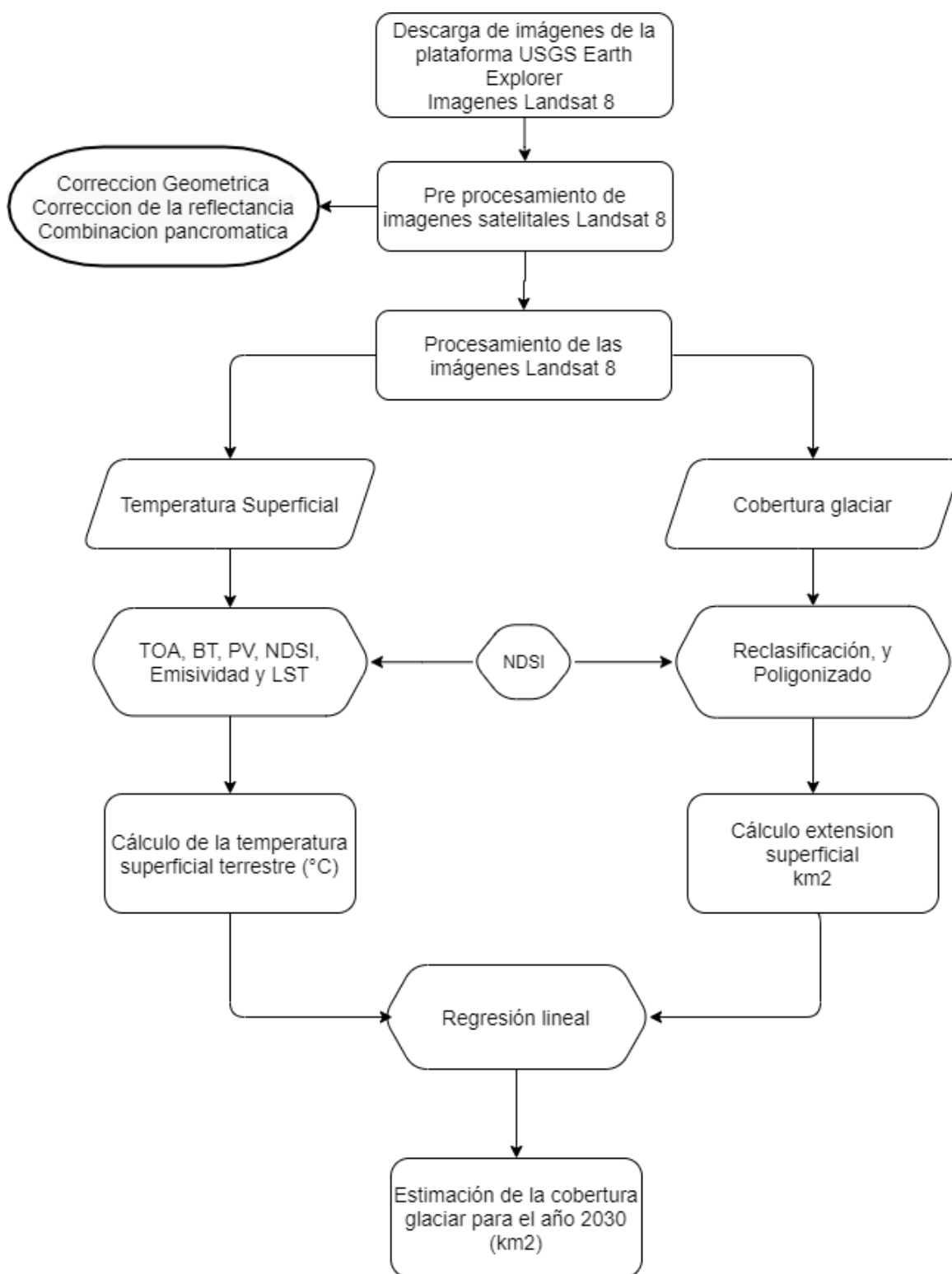
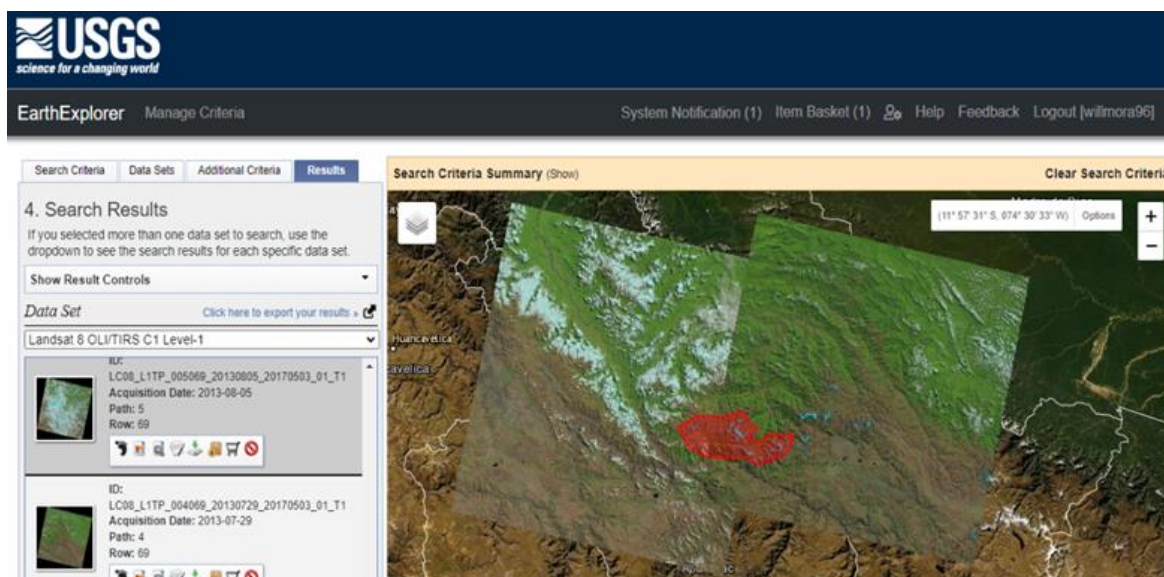


Figura 6: Diagrama de flujo del proceso de investigación

Descarga de imágenes Landsat 8 de la plataforma Earth explorer USGS:

Para la obtención de todas las coberturas glaciares que se ubican en la cordillera se emplearon dos imágenes para cada año con variaciones temporales no muy lejanas, esta variación no afectará a la muestra:



Fuente: Earth explorer USGS

Figura 7: Recolección de imágenes satelitales

Se descargaron 8 imágenes satelitales, las cuales cuentan con las siguientes fechas de adquisición (Tabla 2) donde su registro de datos se observa en el Anexo 1.

Tabla 2: Fechas de la recolección de las imágenes satelitales

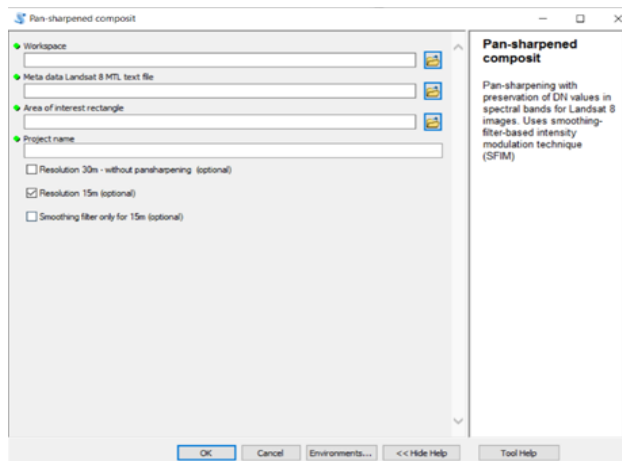
Año	Imágenes satelitales Landsat 8
2013	27/06/2013 para la imagen correspondiente al lado izquierdo
	21/08/2013 para la imagen correspondiente al lado derecho
2016	03/06/2016 para la imagen correspondiente al lado izquierdo
	12/07/2016 para la imagen correspondiente al lado derecho
2019	15/08/2019 para la imagen correspondiente al lado izquierdo
	06/08/2019 para la imagen correspondiente al lado derecho

2021	03/07/2021 para la imagen correspondiente al lado izquierdo
	10/07/2021 para la imagen correspondiente al lado derecho

Debido a la disponibilidad de los datos de la plataforma Earth Explorer no se consideró un límite de nubosidad, se realizó una selección de manera manual teniendo en conocimiento nuestra área de estudio.

Luego de la descarga, se sometió a un pre procesamiento para mejorar la calidad de la imagen y de los pixeles. como primer paso se utilizó la corrección geométrica cuya función es dar una georreferenciación adecuada a las imágenes descargadas que se encuentran con un único sistema de coordenadas WGS 1984 UTM zona 19N, que no corresponden a la zona de estudio, por ende, se realizó la corrección geométrica dando como resultado un único sistema de coordenadas WGS 1984 UTM zona 18S.

Para una mejor visibilidad de las muestras de estudio, se utilizó la herramienta Pan Sharpened Composit (Figura 8) cuya función consiste en combinar las bandas 1 a la 7 con la banda 8 denominada pancromática, este proceso consistió en reducir el tamaño de pixeles de (30,30) a (15,15) dando como resultado una imagen satelital con una mejora en la resolución como se aprecia en las figuras 9 y 10.



Fuente: ArcGIS 10.8.1

Figura 8: Pan Sharpened Composit



Figura 9: Imagen satelital sin Pan Sharpened

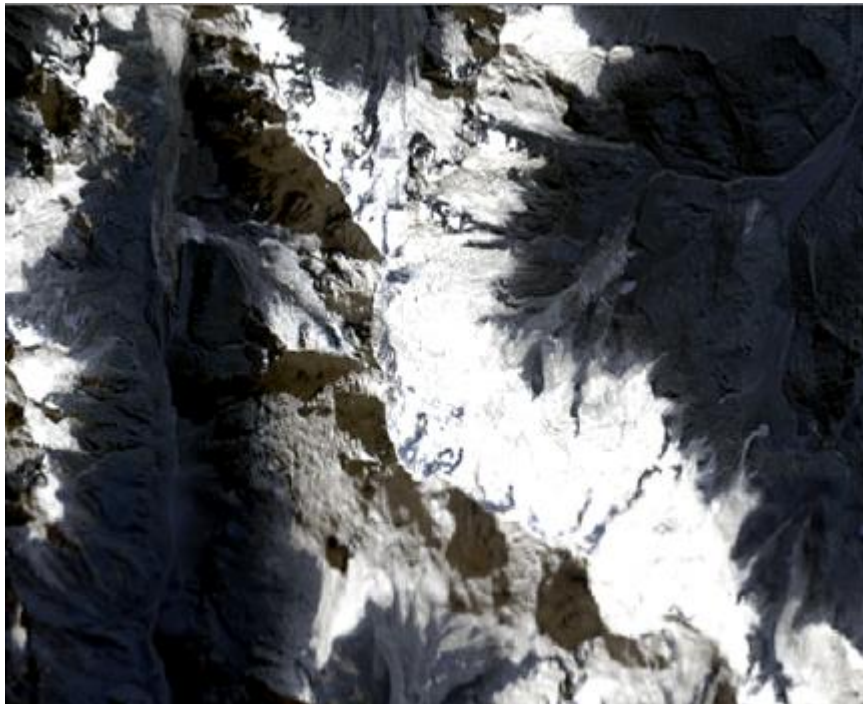
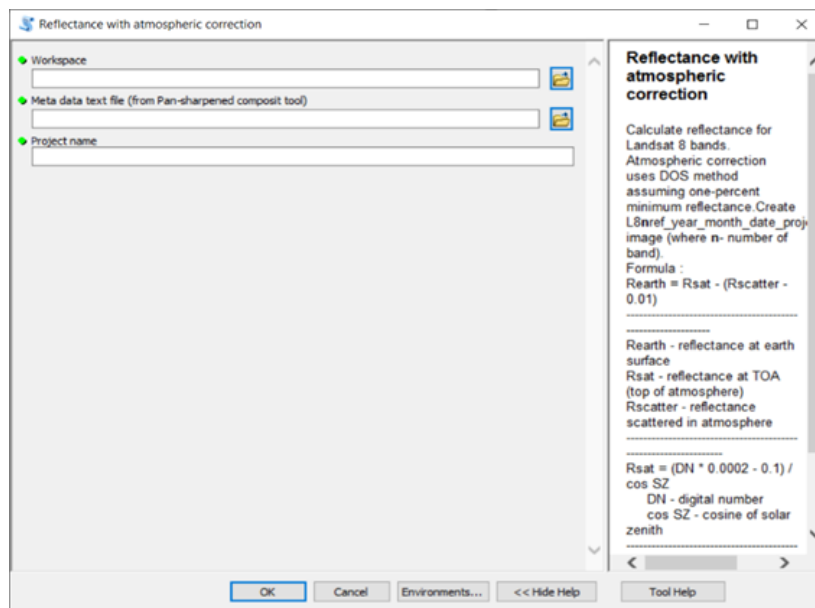


Figura 10: Imagen satelital con Pan Sharpened

Posterior a la fusión de bandas se aplicó la corrección de la reflectancia, con la herramienta Reflectance with Atmospheric Correction (Figura 11) esta corrección

corrigió desperfectos que se encontraron en la imagen satelital y es recomendable para estudios de carácter multitemporal, se puede visualizar en la figura 12.



Fuente: ArcGIS 10.8.1

Figura 11: Reflectance with Atmospheric Correction

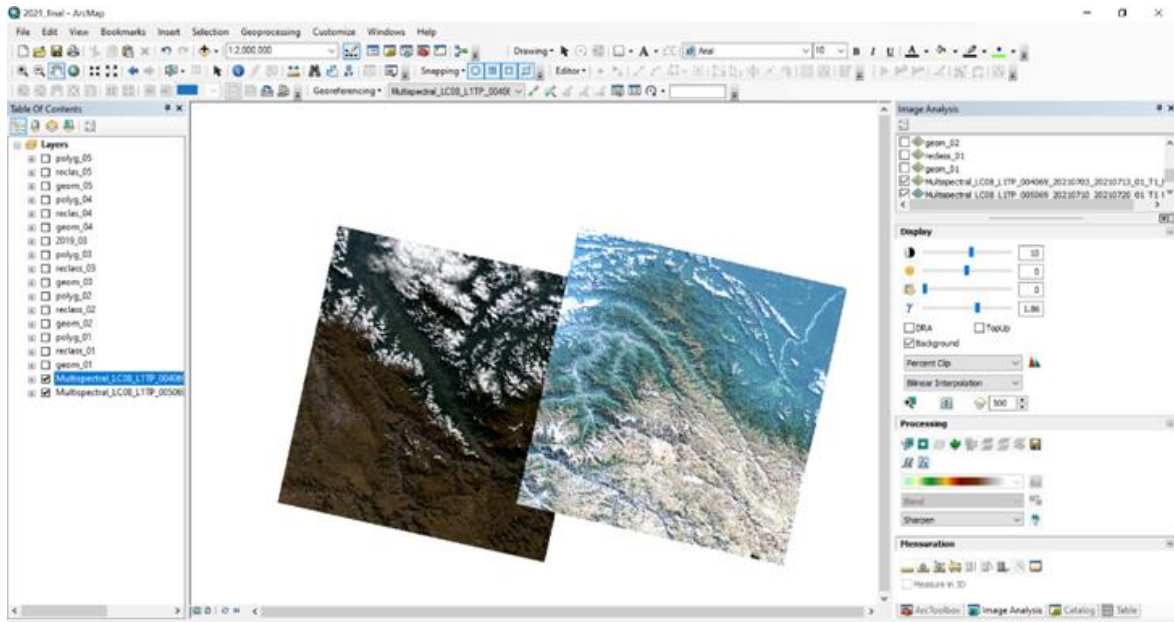


Figura 12: Resultado de la Corrección de Reflectancia

Procesamiento de imágenes satelitales

Temperatura superficial

Estimación o cálculo de la temperatura superficial terrestre

Una vez realizado la corrección geométrica y de reflectancia de las imágenes satelitales Landsat 8, se trabajó con la banda termal de los sensores del satélite, con la finalidad de obtener la temperatura superficial terrestre (TST o LST).

Se debe de realizar una estimación de la temperatura de superficie, ya que es un parámetro en la dinámica de cobertura glaciaria. Como se presenta la Figura 13 en donde:

NDSI: Índice Diferencial Normalizado de Nieve

Pv: Proporción de Vegetación

ϵ : Emisividad

TOA: (Top of Atmospheric) radiancia espectral

BT: Temperatura de Brillo

LST: Temperatura Superficial de la Tierra

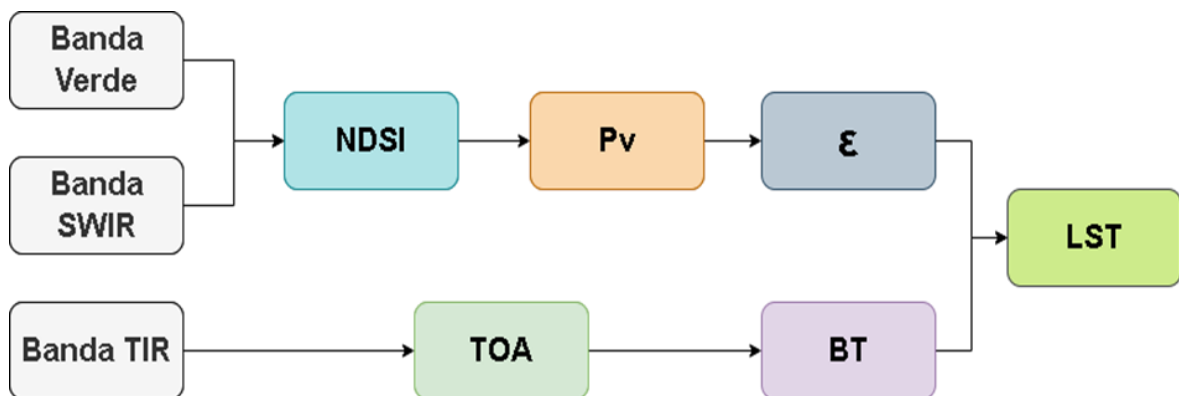


Figura 13: Diagrama de flujo para la estimación de la temperatura superficial terrestre

Cálculo de la ecuación del TOA (Top of Atmospheric) radiancia espectral:

Para hallar la radiancia espectral (TOA) se realizó la Ec.3 aplicando el Raster Calculator (Figura 14) en el software ArcGIS.

ML = factor de reescalamiento multiplicativo específico de banda (valor disponible en el archivo de metadatos MTL, en la línea RADIANCE_MULT_BAND_x, donde x es el número de banda).

Qcal = corresponde a la banda 10.

AL = factor de reescalamiento aditivo específico de la banda (valor disponible en el archivo de metadatos MTL, en la línea RADIANCE_ADD_BAND_x, donde x es el número de banda).

$$TOA(L?) = M_L \times Q_{cal} + A_L \quad \text{Ec. 3}$$



Figura 14: Cuadro de la ecuación TOA

Cálculo de la conversión del TOA a Brightness Temperatura (Temperatura de brillo):

Para hallar la temperatura de brillo (BT) se realizó la Ec.4 aplicando el Raster Calculator (Figura 15) en el software ArcGIS y obteniendo datos de temperatura constantes de las imágenes satelitales (Figura 16).

K2 y K1 = constantes de conversión térmica específicas de la banda a partir de los metadatos.

L? = TOA

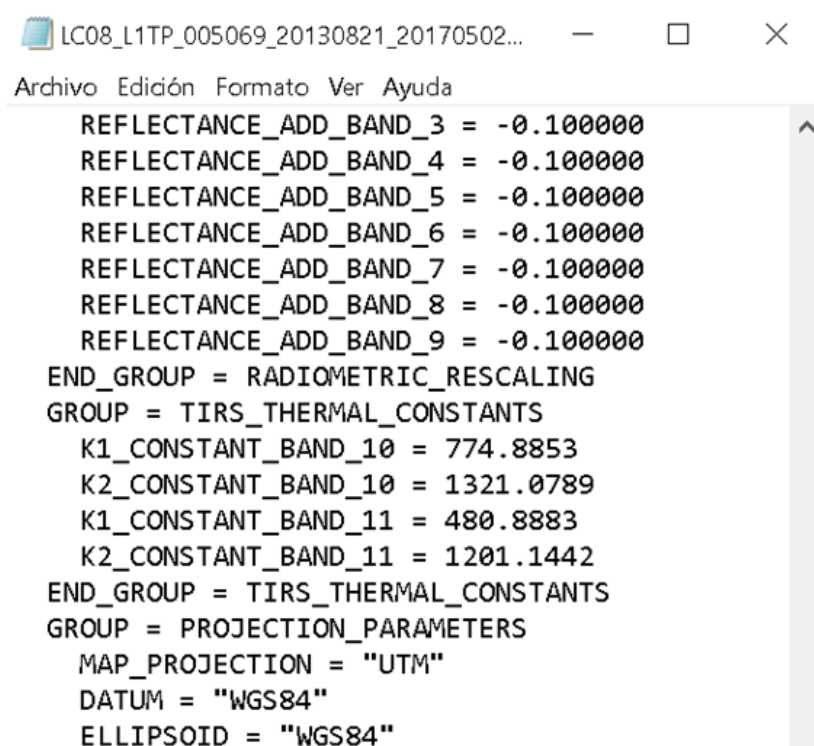
Por lo tanto, para obtener los resultados en Celsius, la temperatura radiante se ajusta sumando el cero absoluto (aprox. -273,15°C).

$$BT = (K_2 / (\ln(K_1 / L?) + 1)) - 273.15$$

Ec. 4



Figura 15: Cálculo de la temperatura de brillo



Fuente: USGSS – Datos de temperatura constante

Figura 16: Valores de la constante térmica

Cálculo del índice diferencial normalizado de nieve (NDSI):

Para hallar el índice diferencial normalizado de nieve se realizó la Ec.5 aplicando el Raster Calculator (Figura 17).

Tener en cuenta que el cálculo del NDSI es importante porque, posteriormente, se debe calcular la proporción de vegetación (Pv), que está altamente relacionada con el NDSI, y la emisividad (ϵ), que está relacionada con el Pv.

$$NDSI = \frac{(Banda\ 3 - Banda\ 6)}{(Banda\ 3 + Banda\ 6)} \quad \text{Ec. 5}$$



Figura 17: Cálculo del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizado (NDVI)

Cálculo de la proporción de vegetación (Pv)

Para hallar la Proporción de Vegetación se realizó la Ec. 6 aplicando el Raster Calculator (Figura 18) guiándose de los valores que se obtuvieron del índice de nieve de diferencia normalizado (NDSI) (Figura 19).

NDSI (Raster resultante del cálculo del Índice)

NDSIMAX (Valor Máximo de píxel en la cubierta de vegetación)

NDSIMIN (Valor Mínimo de píxel en la cubierta de vegetación, para efectos operativos se considera "0" como valor mínimo)

$$P_V = \text{Square} \left(\frac{(NDSI - NDSI_{\min})}{(NDSI_{\max} - NDSI_{\min})} \right) \quad \text{Ec. 6}$$

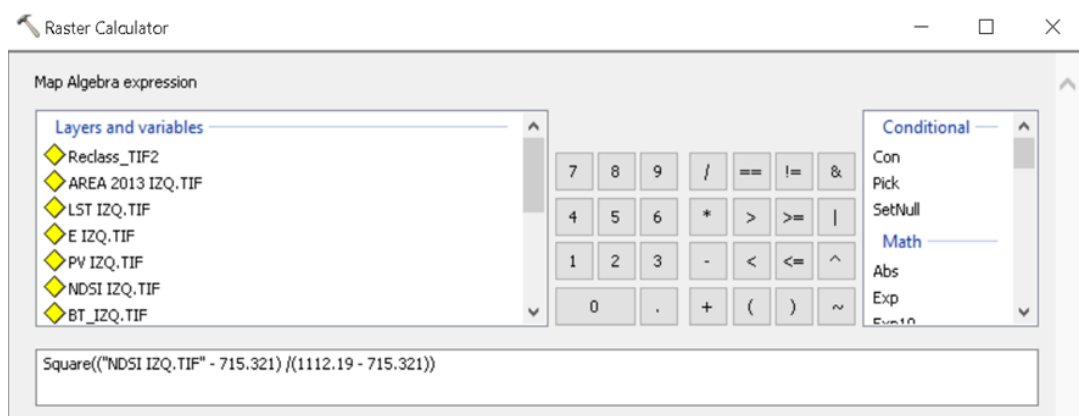


Figura 18: Cálculo de la proporción de vegetación



Figura 19: Valores del NDSI

Cálculo de la emisividad (ϵ)

Para la emisividad se realizó la Ec. 7 aplicando el Raster Calculator (Figura 20).

Simplemente aplicar la fórmula en la calculadora ráster, el valor de 0.986 corresponde a un valor de corrección de la ecuación.



Figura 20: Calculo de emisividad

$$\varepsilon = 0.004 \times P_V + 0.986$$

Ec. 7

Cálculo de la temperatura superficial terrestre (LST)

Para la temperatura superficial terrestre se realizó la Ec. 8 aplicando el Raster Calculator (Figura 21) en el aplicativo ArcGIS.

Como resultado del proceso desarrollado se cuenta con un mapa de temperatura de superficie de la tierra, cabe señalar que no es igual a la temperatura del ambiente.

$$LST = (BT / (1 + (0.00115 \times BT / 1.4388) \times \ln(\varepsilon)))$$

Ec. 8

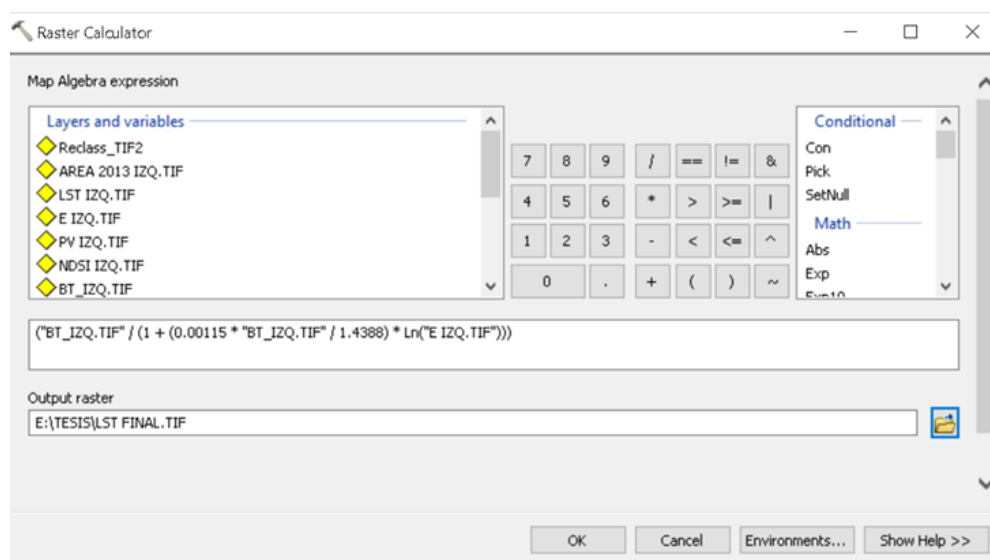


Figura 21: Cálculo de la temperatura superficial terrestre

Se obtuvo los datos de la temperatura superficial terrestre, se procedió a realizar la recolección de los datos por gabinete, porque las imágenes resultantes poseían un margen de error mínimo debido a que los rayos de sol absorbidos y reemitidos poseían una mayor reflectancia a falta de nieve.

Cobertura glaciar

Para este estudio se realizó una delimitación de 4 muestras para cada año de estudio, cada muestra contiene 5 submuestras, cada submuestra fue recortada en un área menor o igual a 40x40 km² para preservar la calidad del área de estudio, como ejemplo observamos en la Figura 22 el recorte realizado para delimitar la submuestra 1 del año 2021.

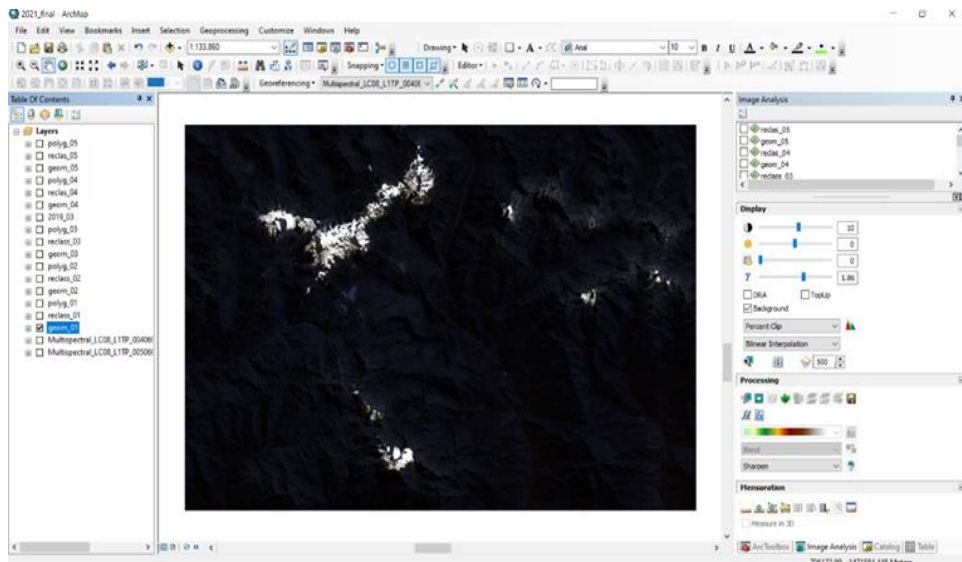


Figura 22: Delimitación de la submuestra 1 del año 2021

Cada imagen fue puesta a un procesamiento de reclasificación, donde se le asignó un rango de reflectancia utilizando solo los siguientes tipos de superficie (Tabla 3) para diferenciar el área glaciar de los demás componentes ambientales como son la vegetación, suelo desnudo, roca, cuerpos de agua y cuencas dando como resultado una imagen Raster como se observa en la Figura 23.

Tabla 3: Rango de reflectancia de los tipos de superficie terrestre

Tipo de superficie	Rango de reflectancia	Valor promedio (%)
Nieve seca	0.80 - 0.97	84
Fusión de nieve	0.66 - 0.88	74
Neviza (Firn)	0.43 - 0.69	53
Hielo limpio	0.34 - 0.51	40
Hielo poco sucio	0.26 - 0.33	29
Hielo sucio	0.15 - 0.25	21
Escombros y cubiertas de hielo	0.10 - 0.15	12

Fuente: Patterson (1994)

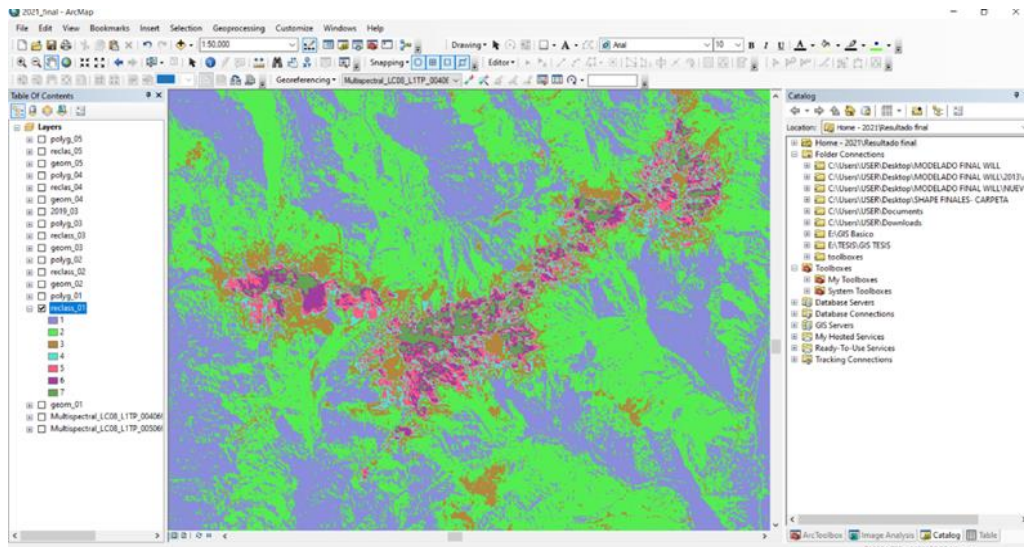


Figura 23: Resultado de una imagen Raster

Una vez reclasificadas las imágenes se convirtieron de Ráster a polígono donde se realizó un trabajo de gabinete eliminando polígonos que no son materia de este estudio. Este proceso se repitió para cada submuestra hasta obtener la extensión total de todas las submuestras (ver Figura 24):

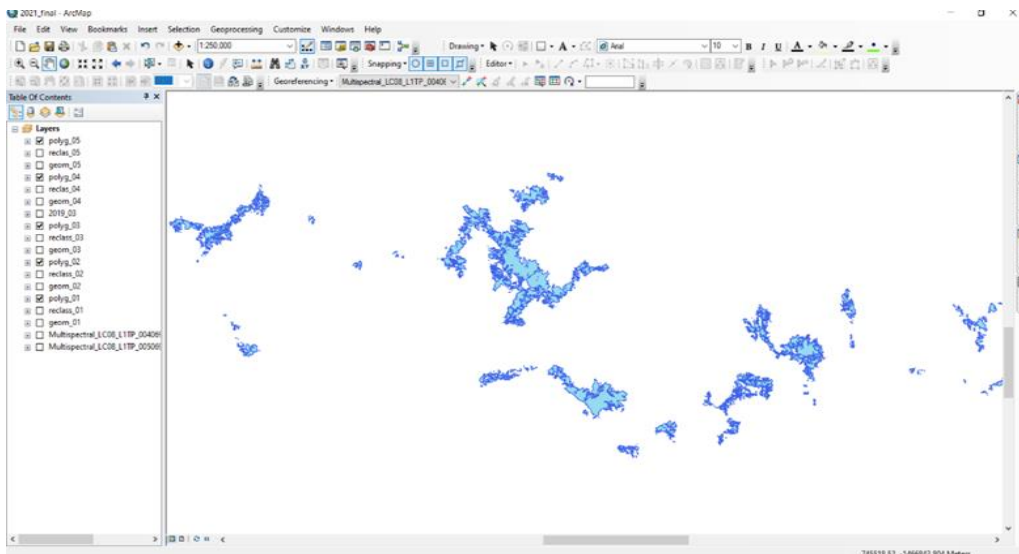
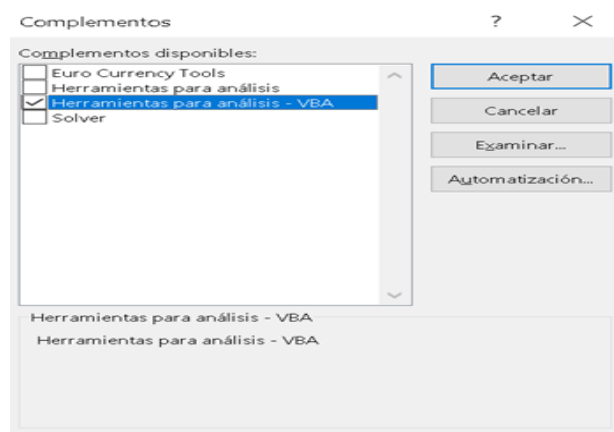


Figura 24: Resultado de la conversión de imágenes Raster

Regresión lineal

El cálculo de la regresión lineal se realizó en Microsoft Excel, primero activando la opción de las Herramientas para análisis – VBA (Figura 25).



Fuente: Microsoft Excel

Figura 25: Activación de las Herramientas para análisis - VBA

3.6. Método de análisis de datos

Se empleó una estadística inferencial, con la base datos obtenidos del procesamiento por teledetección empleando el software ArcGIS por medio de los métodos de temperatura superficial terrestre, reclasificación y poligonizado para poder determinar la temperatura superficial terrestre máxima y mínima y el área de cobertura glaciar. Asimismo, se empleó una estadística descriptiva mediante la ecuación de regresión lineal simple para estimar el retroceso glaciar con proyección al 2030, luego que se obtuvieron los datos se establecieron en tablas y cuadros los resultados de cada método para dar un mejor entendimiento.

3.7. Aspectos éticos

En esta investigación se siguió los protocolos determinados por la Universidad César Vallejo, para la elaboración de referencias bibliográficas se utilizó la Norma ISO 690, garantizando el derecho de autor sobre las fuentes empleadas en el desarrollo de la investigación, como también el empleo de la resolución del consejo universitario N°0262-2020/UCV, también llamado como código de ética en la investigación de la Universidad César Vallejo. En donde se menciona que la Universidad promueve las buenas prácticas científicas, así como la integridad científica para alcanzar los estándares de rigor científico. Por último, se está utilizando el programa Turnitin como parte del procedimiento para establecer los niveles de coincidencia y para corroborar la autenticidad de la investigación.

IV RESULTADOS

Resultado de la Temperatura Superficial Terrestre

En las muestras 1,2,3 y 4 se observó el mapa de la temperatura superficial terrestre de la cordillera Vilcabamba de manera georreferenciada a nivel distrital, donde se resaltó la temperatura de la superficie terrestre de los nevados donde abarcó la extensión territorial de 7 distritos (Vilcabamba, Santa Teresa, Mollepata, Machupicchu, Ollantaytambo, Limatambo y Huarcocondo) tanto de Cusco como de Junín, el procesamiento de imágenes satelitales nos dejó los siguientes resultados para cada muestra y submuestras

Temperatura Superficial Terrestre de la muestra 1 – año 2013

Se logró observar en la Figura 26 la temperatura superficial terrestre de los nevados ubicados en la muestra 1 dividido en 5 submuestras dando los siguientes resultados:

Submuestra 1 (Ver Anexo 3): Se obtuvo una temperatura superficial terrestre promedio de entre los -2.45°C a 13.86°C que comprende de los nevados Choquezafra con una temperatura superficial terrestre mínima de -6.33°C y máxima de 12.17°C , Coisopacana con una temperatura superficial terrestre mínima de -0.29°C y máxima de 12.34°C y otros nevados sin nombre con una temperatura superficial terrestre mínima de -0.72°C y máxima de 17.08°C .

Submuestra 2 (Ver Anexo 4): Se obtuvo una temperatura superficial terrestre promedio de entre los -11.93°C a 9.38°C que comprende de los Nevados Chuqitakarpu y Saksarayoy con una temperatura superficial terrestre mínima de -13.84°C y máxima de 10.68°C y el nevado Chawpimayu con una temperatura superficial terrestre mínima de -10.02°C y máxima de 8.08°C .

Submuestra 3 (Ver Anexo 5): Se obtuvo una temperatura superficial terrestre promedio de entre los -10.86°C a 10.24°C que comprende del Nevado Quriwayrachina con una temperatura superficial terrestre mínima de -10.42°C y máxima de 10.38°C , el Nevado Kiswar con una temperatura superficial terrestre mínima de -12.19°C y máxima de 9.89°C y el Nevado Amparay con una temperatura superficial terrestre mínima de -9.98°C y máxima de 10.44°C .

Submuestra 4 (Ver Anexo 6): Se obtuvo una temperatura superficial terrestre promedio de entre los -12.72°C a 9.87°C que comprende de los Nevados Suray, Tukarway y Huamantay con una temperatura superficial terrestre mínima de -

12.49°C y máxima de 9.72°C, los Nevados Wamantay y Salkantay con una temperatura superficial terrestre mínima de -15.73°C y máxima de 9.55°C y el Nevado Pallkay con una temperatura superficial terrestre mínima de -9.93°C y máxima de 10.35°C.

Submuestra 5 (Ver Anexo 7): Se obtuvo una temperatura superficial terrestre promedio de entre los -7.49°C a 10.73°C que comprende del Nevado Ocobamba con una temperatura superficial terrestre mínima de -7.81°C y máxima de 11.17°C, los Nevado Huayanay y Esquina con una temperatura superficial terrestre mínima de -9.79°C y máxima de 11.57°C y el Nevado sin nombre con una temperatura superficial terrestre mínima de -4.88°C y máxima de 9.46°C.

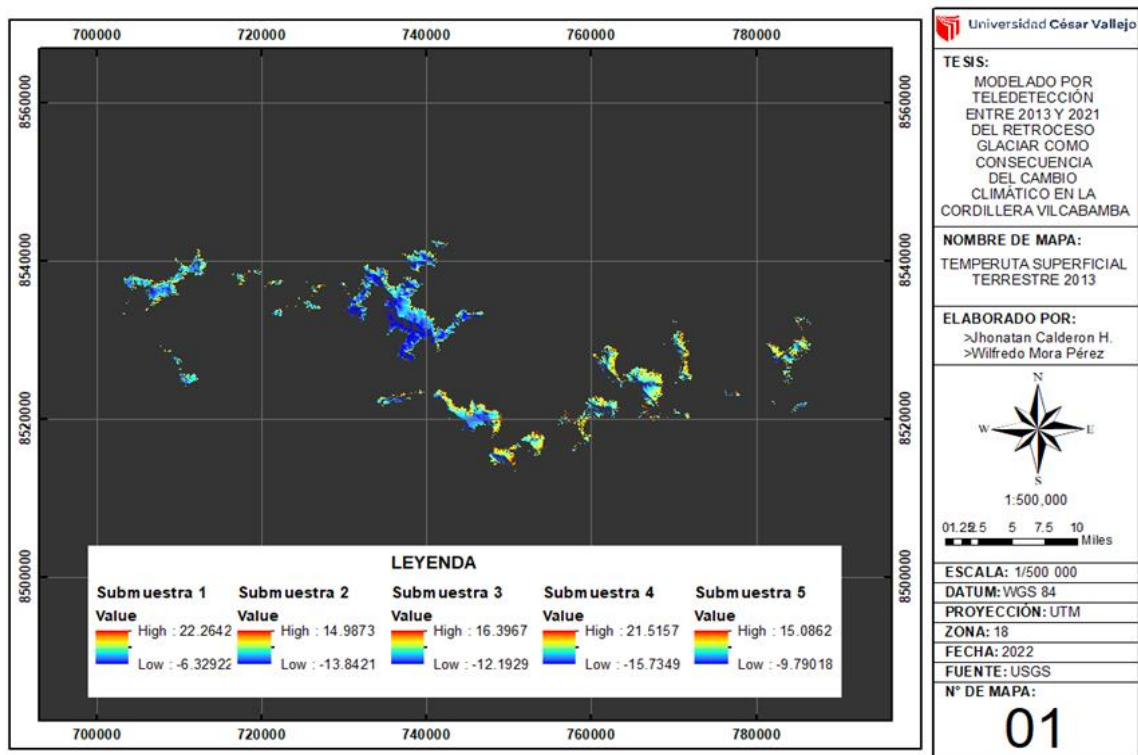


Figura 26: Temperatura Superficial Terrestre 2013

Temperatura Superficial Terrestre de la muestra 2 – año 2016

Se logró observar en la Figura 27 la temperatura superficial terrestre de los nevados ubicados en la muestra 2 dividido en 5 submuestras dando los siguientes resultados:

Submuestra 1 (Ver Anexo 8): Se obtuvo una temperatura superficial terrestre promedio de entre los -5.40°C a 13.11°C que comprende del Nevado Choquezafra

con una temperatura superficial terrestre mínima de -7.77°C y máxima de 13.06°C , el Nevado Coisopacana con una temperatura superficial terrestre mínima de -5.23°C y máxima de 13.05°C y los Nevados sin nombre con una temperatura superficial terrestre mínima de -3.19°C y máxima de 13.23°C .

Submuestra 2 (Ver Anexo 9): Se obtuvo una temperatura superficial terrestre promedio de entre los -10.02°C a 12.05°C que comprende de los Nevados Chuqitakarpu y Saksarayoc con una temperatura superficial terrestre mínima de -11.61°C y máxima de 10.36°C y el nevado Chawpimayu con una temperatura superficial terrestre mínima de -8.43°C y máxima de 13.74°C .

Submuestra 3 (Ver Anexo 10): Se obtuvo una temperatura superficial terrestre promedio de entre los -6.40°C a 11.96°C que comprende del Nevado Quriwayrachina con una temperatura superficial terrestre mínima de -6.04°C y máxima de 6.74°C , el Nevado Kiswar con una temperatura superficial terrestre mínima de -8.59°C y máxima de 14.61°C y el Nevado Amparay con una temperatura superficial terrestre mínima de -4.58°C y máxima de 14.54°C .

Submuestra 4 (Ver Anexo 11): Se obtuvo una temperatura superficial terrestre promedio de entre los -8.21°C a 15.41°C que comprende de los Nevados Suray, Tukarway y Huamantay con una temperatura superficial terrestre mínima de -7.65°C y máxima de 14.02°C , los Nevados Wamantay y Salkantay con una temperatura superficial terrestre mínima de -12.31°C y máxima de 15.78°C y el Nevado Pallkay con una temperatura superficial terrestre mínima de -4.68°C y máxima de 16.42°C .

Submuestra 5: (Ver Anexo 12): Se obtuvo una temperatura superficial terrestre promedio de entre los -2.12°C a 12.94°C que comprende del Nevado Ocobamba con una temperatura superficial terrestre mínima de -0.5°C y máxima de 11.01°C , los Nevado Huayanay y Esquina con una temperatura superficial terrestre mínima de -3.86°C y máxima de 15.11°C y el Nevado sin nombre con una temperatura superficial terrestre mínima de -2.01°C y máxima de 12.71°C .

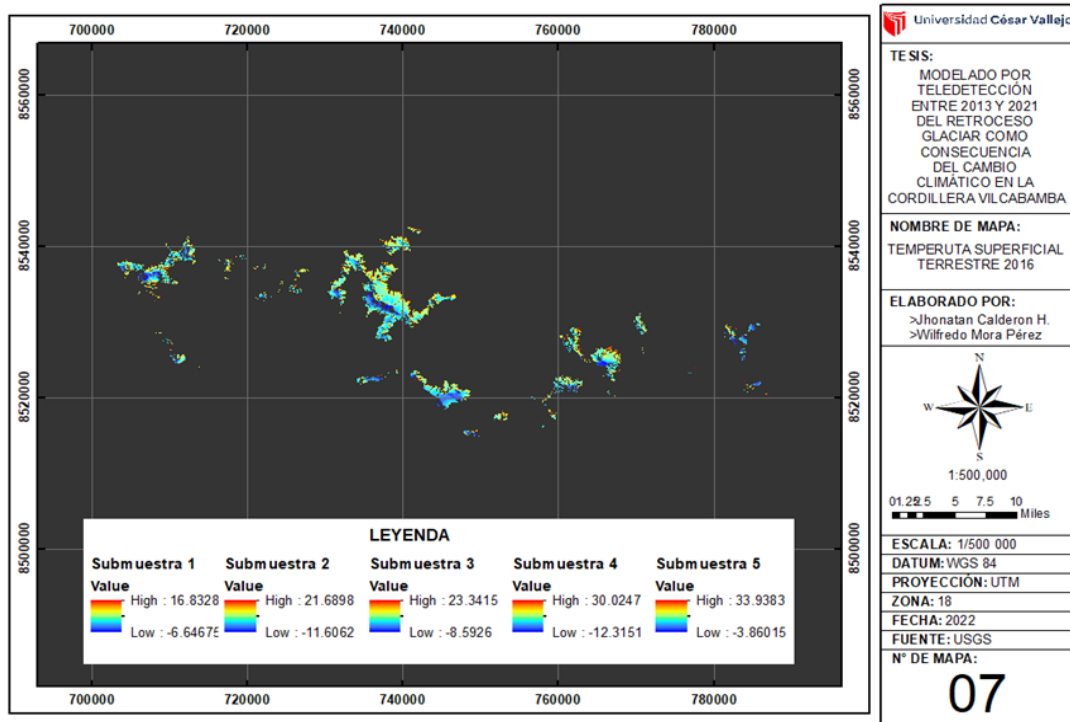


Figura 27: Temperatura Superficial Terrestre 2016

Temperatura Superficial Terrestre de la muestra 3 – año 2019

Se logró observar en la Figura 28 la temperatura superficial terrestre de los nevados ubicados en la muestra 3 dividido en 5 submuestras dando los siguientes resultados:

Submuestra 1 (Ver Anexo 13): Se obtuvo una temperatura superficial terrestre promedio de entre los -5.33°C a 16.20°C que comprende del Nevado Choquezafra con una temperatura superficial terrestre mínima de -8.44°C y máxima de 15.16°C , el Nevado Coisopacana con una temperatura superficial terrestre mínima de -5.65°C y máxima de 15.26°C y los Nevados sin nombre con una temperatura superficial terrestre mínima de -1.91°C y máxima de 18.17°C .

Submuestra 2 (Ver Anexo 14): Se obtuvo una temperatura superficial terrestre promedio de entre los -7.36°C a 15.70°C que comprende de los Nevados Chuqitakarpuy y Saksarayoq con una temperatura superficial terrestre mínima de -10.00°C y máxima de 18.15°C y el nevado Chawpimayu con una temperatura superficial terrestre mínima de -4.72°C y máxima de 13.24°C .

Submuestra 3 (Ver Anexo 15): Se obtuvo una temperatura superficial terrestre promedio de entre los -4.63°C a 13.98°C que comprende del Nevado

Quriwayrachina con una temperatura superficial terrestre mínima de -2.78°C y máxima de 12.33°C , el Nevado Kiswar con una temperatura superficial terrestre mínima de -7.51°C y máxima de 14.38°C y el Nevado Amparay con una temperatura superficial terrestre mínima de -3.61°C y máxima de 15.22°C .

Submuestra 4 (Ver Anexo 16): Se obtuvo una temperatura superficial terrestre promedio de entre los -6.86°C a 15.09°C que comprende de los Nevados Suray, Tukarway y Huamantay con una temperatura superficial terrestre mínima de -5.21°C y máxima de 16.02°C , los Nevados Wamantay y Salkantay con una temperatura superficial terrestre mínima de -10.17°C y máxima de 15.88°C y el Nevado Pallkay con una temperatura superficial terrestre mínima de -5.19°C y máxima de 13.36°C .

Submuestra 5: (Ver Anexo 17): Se obtuvo una temperatura superficial terrestre promedio de entre los -0.59°C a 16.93°C que comprende del Nevado Ocobamba con una temperatura superficial terrestre mínima de -0.34°C y máxima de 15.13°C , los Nevado Huayanay y Esquina con una temperatura superficial terrestre mínima de -3.76°C y máxima de 16.50°C y el Nevado sin nombre con una temperatura superficial terrestre mínima de -1.65°C y máxima de 19.15°C .

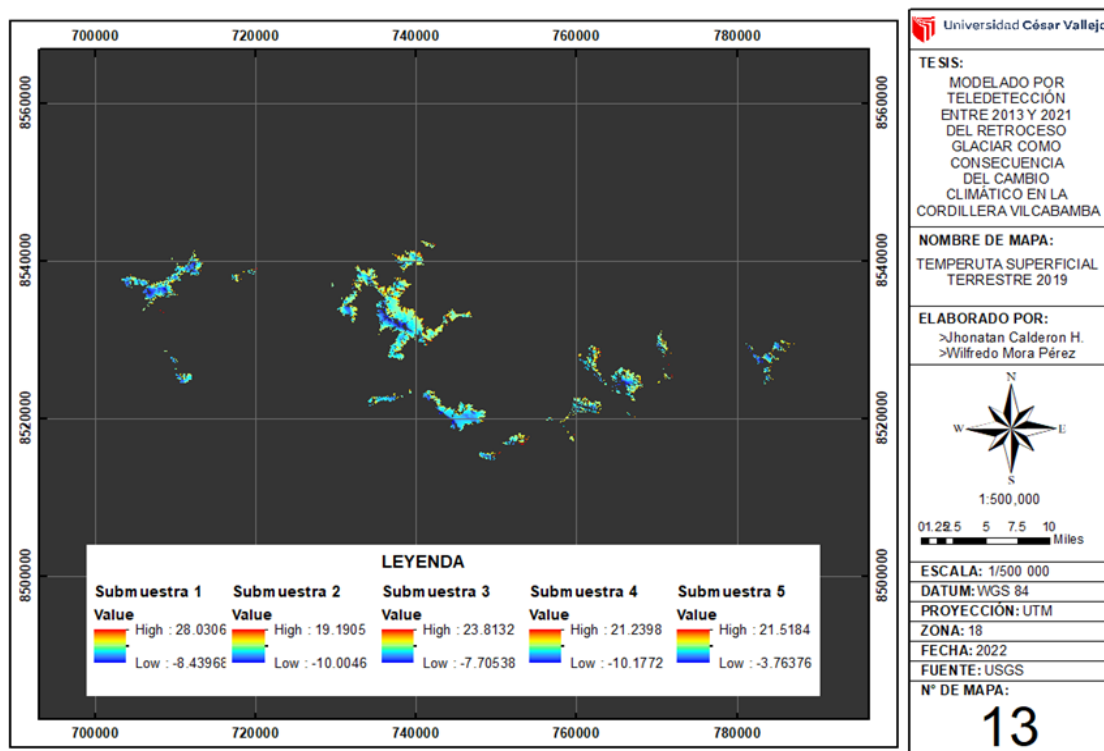


Figura 28: Temperatura Superficial Terrestre 2019

Temperatura Superficial Terrestre de la muestra 4 – año 2021

Se logra observar en la Figura 29 la temperatura superficial terrestre de los nevados ubicados en la muestra 4 dividido en 5 submuestras dando los siguientes resultados:

Submuestra 1 (Ver Anexo 18): Se obtuvo una temperatura superficial terrestre promedio de entre los -4.84°C a 12.78°C que comprende del Nevado Choquezafra con una temperatura superficial terrestre mínima de -6.28°C y máxima de 11.55°C , el Nevado Coisopacana con una temperatura superficial terrestre mínima de -6.01°C y máxima de 15.41°C y los Nevados sin nombre con una temperatura superficial terrestre mínima de -2.23°C y máxima de 11.39°C .

Submuestra 2 (Ver Anexo 19): Se obtuvo una temperatura superficial terrestre promedio de entre los -13.87°C a 11.49°C que comprende de los Nevados Chuqitakarpu y Saksarayoc con una temperatura superficial terrestre mínima de -15.98°C y máxima de 10.37°C y el nevado Chawpimayu con una temperatura superficial terrestre mínima de -11.75°C y máxima de 12.61°C .

Submuestra 3 (Ver Anexo 20): Se obtuvo una temperatura superficial terrestre promedio de entre los -9.54°C a 17.33°C que comprende del Nevado Quriwayrachina con una temperatura superficial terrestre mínima de -8.33°C y máxima de 17.51°C , el Nevado Kiswar con una temperatura superficial terrestre mínima de -11.97°C y máxima de 17.02°C y el Nevado Amparay con una temperatura superficial terrestre mínima de -8.31°C y máxima de 17.45°C .

Submuestra 4 (Ver Anexo 21): Se obtuvo una temperatura superficial terrestre promedio de entre los -12.00°C a 15.28°C que comprende de los Nevados Suray, Tukarway y Huamantay con una temperatura superficial terrestre mínima de -11.32°C y máxima de 12.49°C , los Nevados Wamantay y Salkantay con una temperatura superficial terrestre mínima de -15.64°C y máxima de 17.29°C y el Nevado Pallkay con una temperatura superficial terrestre mínima de -9.03°C y máxima de 16.06°C .

Submuestra 5: (Ver Anexo 22): Se obtuvo una temperatura superficial terrestre (TST) promedio de entre los -6.51°C a 11.24°C que comprende del Nevado Ocobamba con una temperatura superficial terrestre mínima de -5.40°C y máxima de 4.39°C , los Nevado Huayanay y Esquina con una temperatura superficial

terrestre mínima de -7.76°C y máxima de 15.80°C y el Nevado sin nombre con una temperatura superficial terrestre mínima de -6.37°C y máxima de 13.52°C .

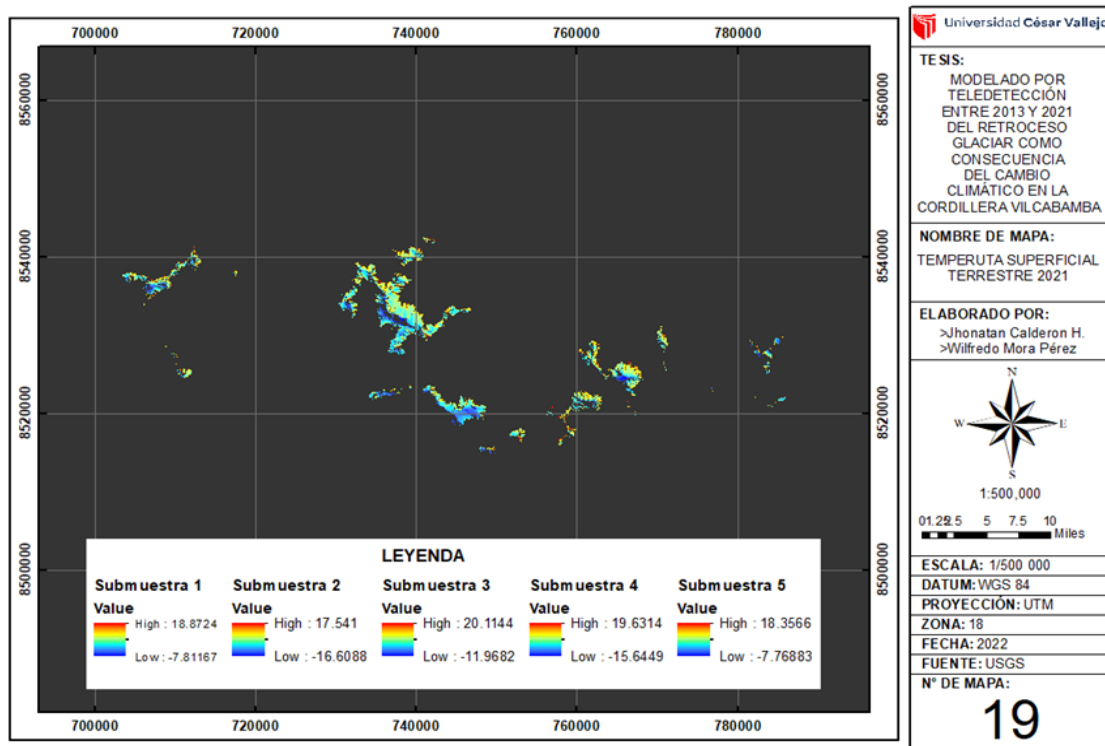


Figura 29: Temperatura Superficial Terrestre 2021

Resultado de la Cobertura Glaciar

En las muestras 1,2,3 y 4 se observó el mapa de la cobertura glaciar de la cordillera Vilcabamba de manera georreferenciada a nivel distrital, donde se resaltó la extensión territorial abarcando 7 distritos (Vilcabamba, Santa Teresa, Mollepata, Machupicchu, Ollantaytambo, Limatambo y Huarcocondo) tanto de Cusco como de Junín, el procesamiento de imágenes satelitales dejó los siguientes resultados para cada muestra y submuestras:

Cobertura glaciar de la muestra 1 – año 2013

En la Figura 30 se mostró a los nevados que componen a la cordillera Vilcabamba con un área total de 106.77km^2 , dividido en 5 submuestras dando los siguientes resultados:

Submuestra 1 (ver anexo 23): Se obtuvo un área total de 17.93 km^2 que comprende de los nevados Choquezafra con un área de 12.81 km^2 , Coisopacana con un área de 2.13 km^2 y otros nevados sin nombre con un área de 2.99 km^2 .

Submuestra 2 (ver anexo 24): Se obtuvo un área total de 44.37 km² que comprende del Nevado Chawpimayu con un área de 5.11 km² y los nevados Chuqitakarpu y Saksarayoq con un área de 39.26 km².

Submuestra 3 (ver anexo 25): Se obtuvo un área total de 22.27 km² que comprende del Nevado Quriwayrachina con un área de 13.34 km², del Nevado Kiswar con un área de 1.73 km² y del Nevado Amparay con un área de 7.2 km².

Submuestra 4 (ver anexo 26): Se obtuvo un area total de 25.57 km² que comprende de los nevados Suray, Tukarway y Humantay con área de 6.51 km², del Nevado Pallkay con un área de 4.04 km² y de los nevados Wamantay y Salkantay con un área de 15.02 km².

Submuestra 5 (ver anexo 27): Se obtuvo un área total de 7.35 km² que comprende de los nevados Huayanay y Esquina con un área de 6.37 km², del Nevado Ocobamba con un área de 0.45 km² y de un nevado sin nombre de 0.53 km².

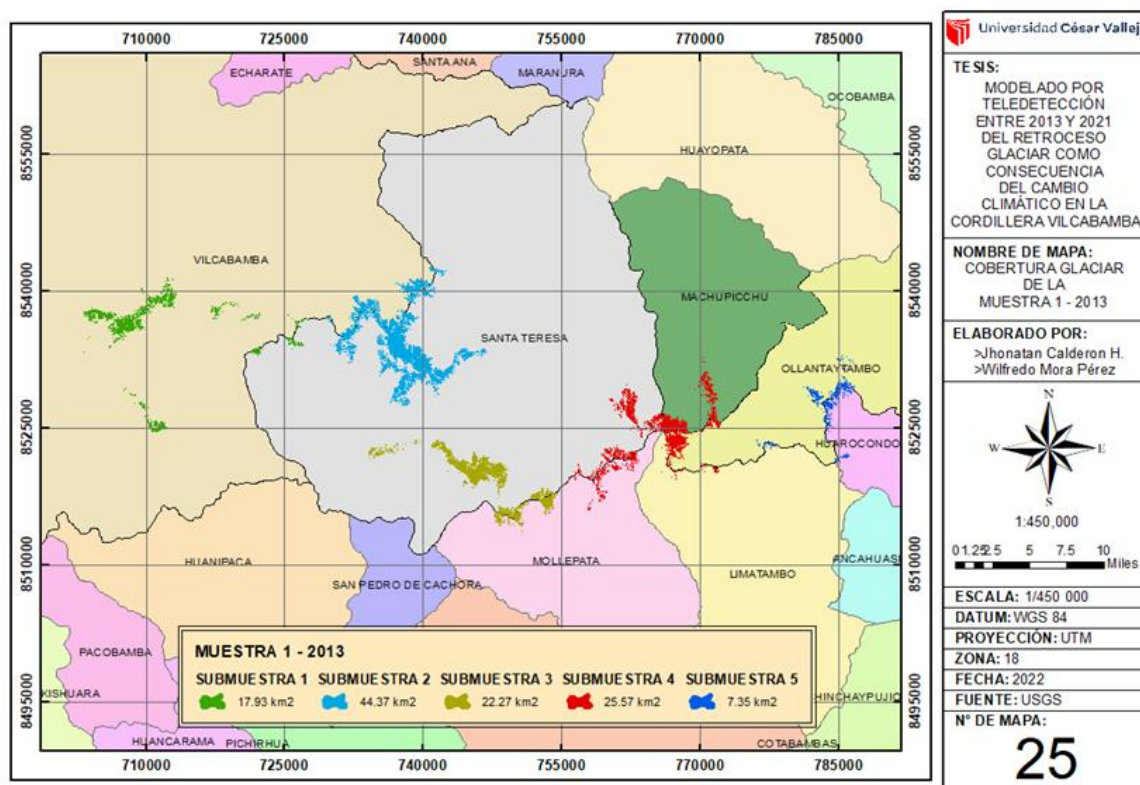


Figura 30: Cobertura glaciaria de la muestra 1 - 2013

Cobertura glaciar de la muestra 2 – año 2016

En la Figura 31 se mostró a los nevados que componen a la cordillera Vilcabamba con un área total de 88.46km², dividido en 5 submuestras dando los siguientes resultados:

Submuestra 1 (ver anexo 28): Se obtuvo un área total de 15.87 km² que comprende de los nevados Choquezafra con un área de 12.07 km², Coisopacana con un área de 2.3 km² y otros nevados sin nombre con un área de 1.5 km².

Submuestra 2 (ver anexo 29): Se obtuvo un área total de 40.39 km² que comprende del Nevado Chawpimayu con un área de 4.26 km² y los nevados Chuqitakarpu y Saksarayoq con un área de 36.13 km².

Submuestra 3 (ver anexo 30): Se obtuvo un área total de 13.13 km² que comprende del Nevado Quriwayrachina con un área de 10.23 km², del Nevado Kiswar con un área de 1.4 km² y del Nevado Amparay con un área de 1.5 km².

Submuestra 4 (ver anexo 31): Se obtuvo un área total de 15.67 km² que comprende de los nevados Suray, Tukarway y Humantay con área de 3.75 km², del Nevado Pallkay con un área de 1.47 km² y de los nevados Wamantay y Salkantay con un área de 10.45 km². Submuestra 5 (ver anexo 32): Se obtuvo un área total de 3.44 km² que comprende de los nevados Huayanay y Esquina con un área de 2.81 km², del Nevado Ocobamba con un área de 0.58 km² y de un nevado sin nombre de 0.05 km².

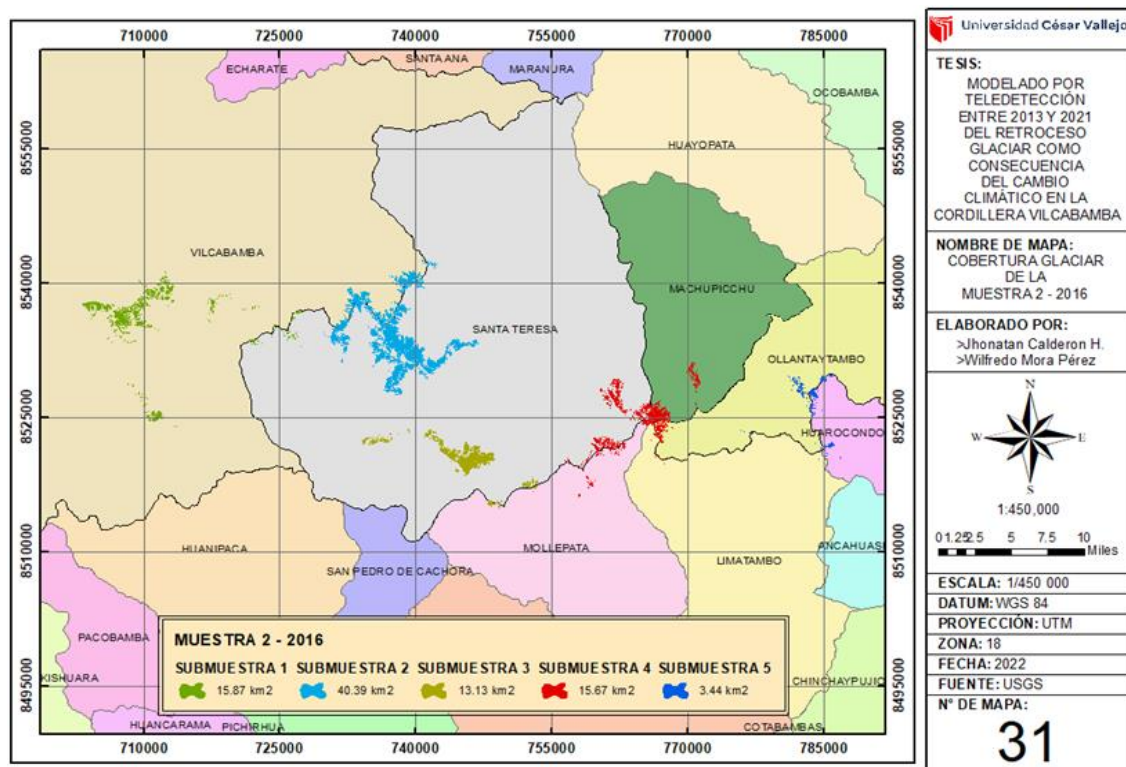


Figura 31: Cobertura glaciaria de la muestra 2 - 2016

Cobertura glaciaria de la muestra 3 – año 2019

En la Figura 32 se mostró a los nevados que componen a la cordillera Vilcabamba con un área total de 87.59km², dividido en 5 submuestras dando los siguientes resultados:

Submuestra 1 (ver anexo 33): Se obtuvo un área total de 15.61 km² que comprende de los nevados Choquezafra con un área de 11.85 km², Coisopacana con un área de 2.06 km² y otros nevados sin nombre con un área de 1.7 km².

Submuestra 2 (ver anexo 34): Se obtuvo un área total de 40.1 km² que comprende del Nevado Chawpimayu con un área de 4.38 km² y los nevados Chuqitakarpuy y Saksarayoyq con un área de 35.72 km².

Submuestra 3 (ver anexo 35): Se obtuvo un área total de 15.07 km² que comprende del Nevado Quriwayrachina con un área de 10.84 km², del Nevado Kiswar con un área de 1.81 km² y del Nevado Amparay con un área de 2.42 km².

Submuestra 4 (ver anexo 36): Se obtuvo un área total de 13.22 km² que comprende de los nevados Suray, Tukarway y Humantay con área de 3.46 km², del Nevado Pallkay con un área de 1.66 km² y de los nevados Wamantay y Salkantay con un área de 8.1 km².

Submuestra 5 (ver anexo 37): Se obtuvo un área total de 3.6 km² que comprende de los nevados Huayanay y Esquina con un área de 3.19 km², del Nevado Ocobamba con un área de 0.33 km² y de un nevado sin nombre de 0.08 km².

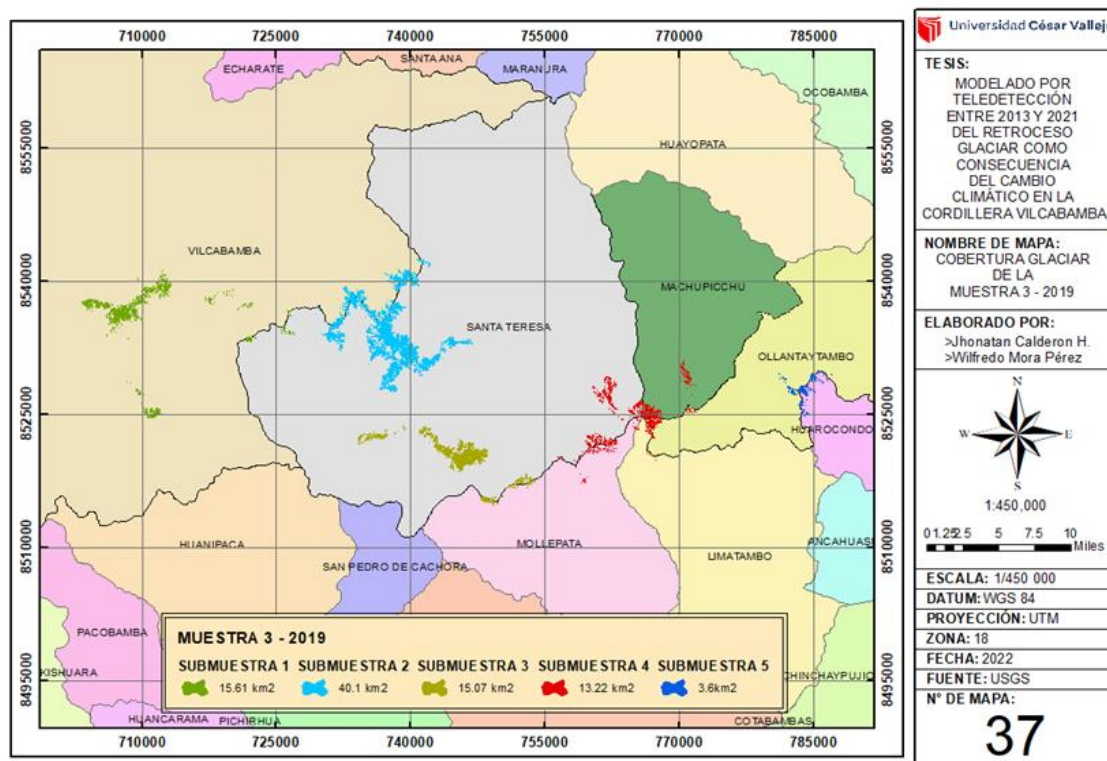


Figura 32: Cobertura glaciara de la muestra 3 -2019

Cobertura glaciara de la muestra 4 – año 2021

En la Figura 33 se mostr6 a los nevados que componen a la cordillera Vilcabamba con un 6rea total de 77.84km², dividido en 5 submuestras dando los siguientes resultados:

Submuestra 1 (ver anexo 38): Se obtuvo un 6rea total de 8.62 km² que comprende de los nevados Choquezafra con un 6rea de 7.04 km², Coisopacana con un 6rea de 0.44 km² y otros nevados sin nombre con un 6rea de 1.14 km².

Submuestra 2 (ver anexo 39): Se obtuvo un 6rea total de 36.24 km² que comprende del Nevado Chawpimayu con un 6rea de 3.57 km² y los nevados Chuqitakarpu y Saksarayoyq con un 6rea de 32.67 km².

Submuestra 3 (ver anexo 40): Se obtuvo un 6rea total de 13.94 km² que comprende del Nevado Quriwayrachina con un 6rea de 10.62 km², del Nevado Kiswar con un 6rea de 1.46 km² y del Nevado Amparay con un 6rea de 1.86 km².

Submuestra 4 (ver anexo 41): Se obtuvo un área total de 16.63 km² que comprende de los nevados Suray, Tukarway y Humantay con área de 5.1 km², del Nevado Pallkay con un área de 1.5 km² y de los nevados Wamantay y Salkantay con un área de 10.03 km².

Submuestra 5 (ver anexo 42): Se obtuvo un área total de 2.43 km² que comprende de los nevados Huayanay y Esquina con un área de 2.03 km², del Nevado Ocobamba con un área de 0.05 km² y de un nevado sin nombre de 0.35 km².

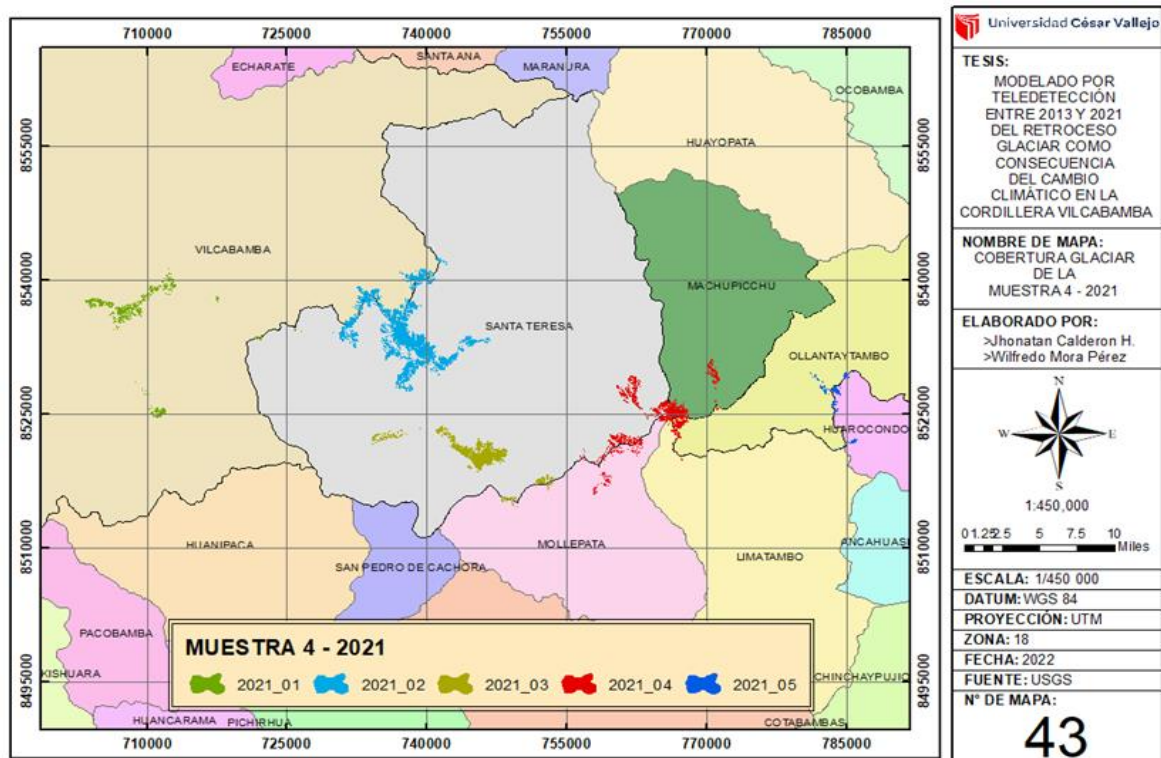


Figura 33: Cobertura glaciaria de la muestra 4 - 2021

Resultado de la estimación de la cobertura glaciar

Se realizó la predicción sobre el área de las coberturas glaciares de los nevados ubicados en la cordillera de Vilcabamba, esto fue en base a las áreas obtenidas por las imágenes satelitales recolectadas por la página de la USGSS. Para esto se utilizó el modelo de regresión lineal del análisis de datos del programa Microsoft Excel, del cual permitió determinar el área de la cobertura glaciar total en el año 2030.

Se observó en la Tabla 4 el coeficiente de determinación R^2 tiene un valor de 0.017 y un R^2 de -0.47 dando a entender la relación de las variables independientes para predecir el resultado de un evento a futuro mediante la fórmula de la regresión lineal (Figura 34).

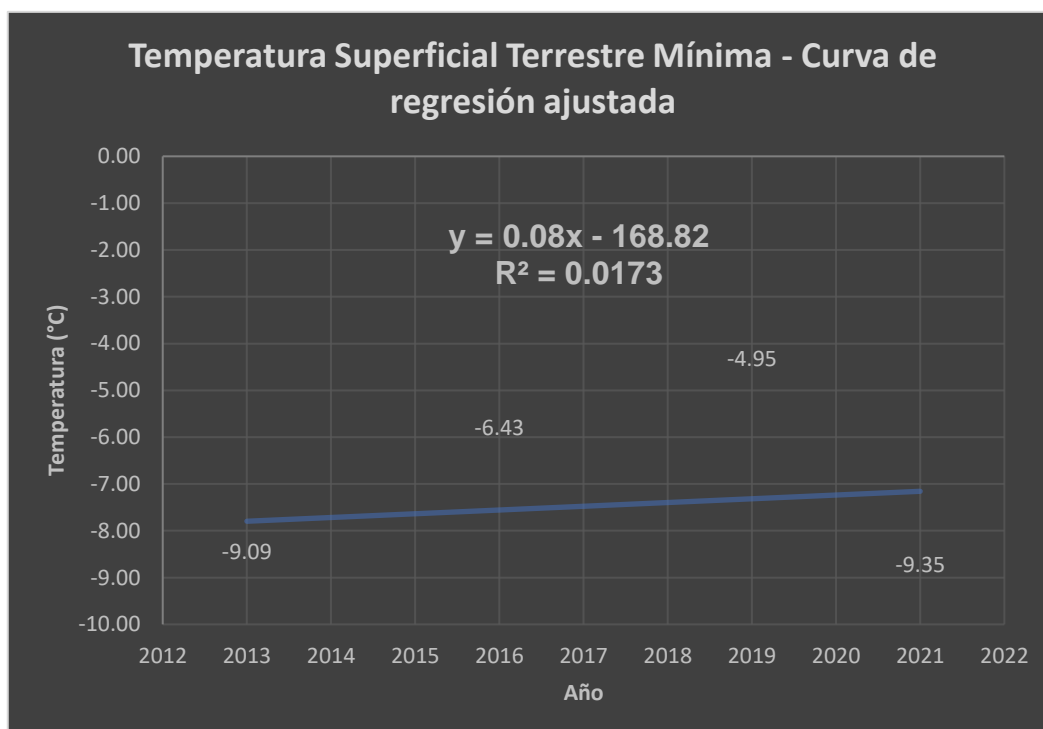


Figura 34: Temperatura Superficial Terrestre Mínima - Curva de regresión ajustada

Tabla 4: Estadísticas de la regresión - Temperatura Superficial Terrestre Mínima

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0.131677395
Coefficiente de determinación R ²	0.017338936
R ² ajustado	-0.473991595
Error típico	2.581412304

Se observó en la Tabla 5 el coeficiente de determinación R² tiene un valor de 0.61 y un R² de 0.41 dando a entender la relación de las variables independientes para predecir el resultado de un evento a futuro mediante la fórmula de la regresión lineal (Figura 35).

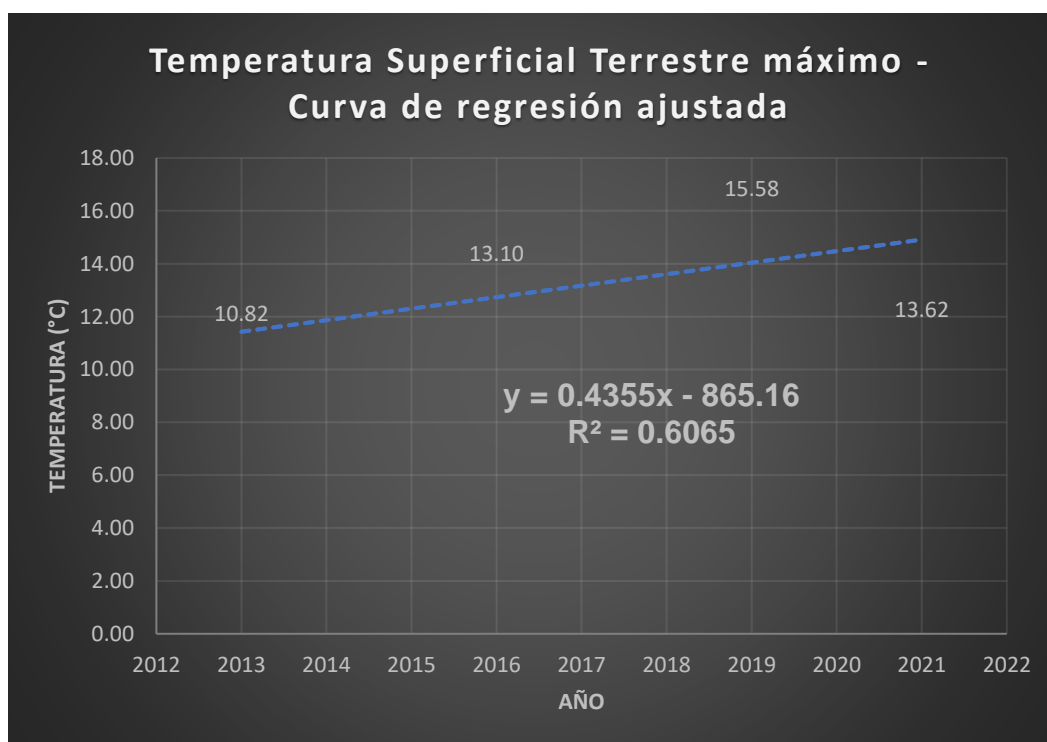


Figura 35: Temperatura Superficial Terrestre Máxima - Curva de regresión ajustada

Tabla 5: Estadísticas de la regresión - Temperatura Superficial Terrestre Máxima

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0.778793918
Coefficiente de determinación R ²	0.606519967
R ² ajustado	0.40977995
Error típico	1.503499607

Se observó en la Tabla 6 el coeficiente de determinación R² tiene un valor de 0.88 y un R² de 0.83 dando a entender la relación de las variables independientes para predecir el resultado de un evento a futuro mediante la fórmula de la regresión lineal (Figura 36).

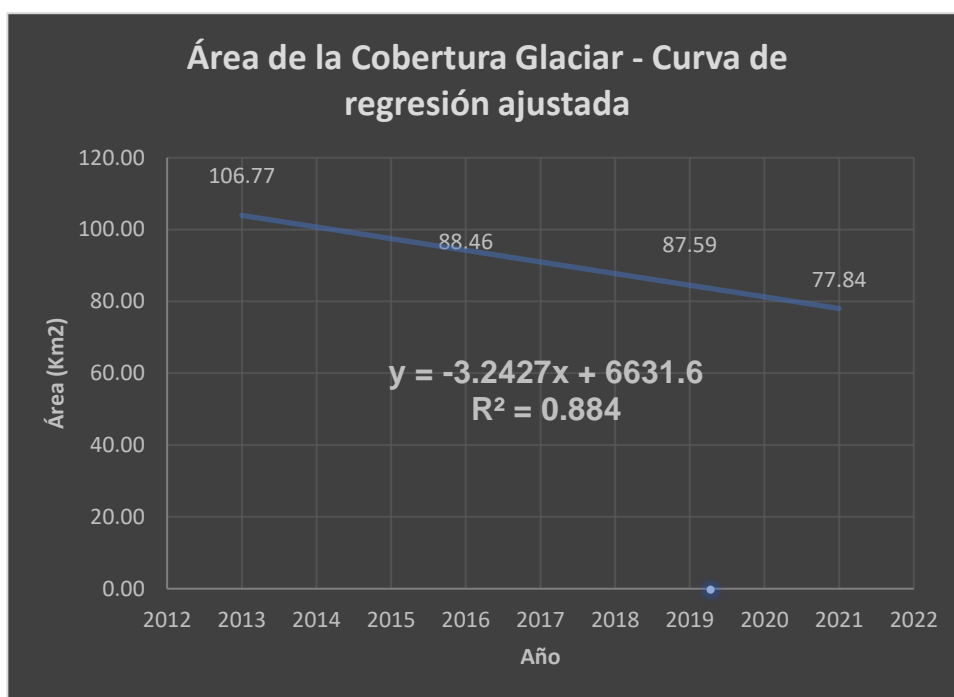


Figura 36: Área de la Cobertura Glaciar - Curva de regresión ajustada

Tabla 6: Estadísticas de la regresión - Área de la cobertura glaciar

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0.940205083
Coefficiente de determinación R ²	0.883985598
R ² ajustado	0.825978398
Error típico	5.035682817

Los datos recopilados sirvieron para generar la Ec. 9, 10 y 11 para determinar el área general de la cobertura glaciar (Figura 38), la temperatura superficial terrestre máxima y mínima (Figura 37) para el año 2030.

$$Y_{\text{área}} = -3.2427x + 6631.6 \quad \text{Ec. 9}$$

$$Y_{\text{máx.}} = 0.4403x - 875 \quad \text{Ec. 10}$$

$$Y_{\text{mín.}} = 0.08x - 168.82 \quad \text{Ec. 11}$$

Para el año 2030

$$X = 2030$$

$$Y_{\text{área}} = (-3.2427 \times 2030) + 6631.6$$

$$Y_{2030} = 48.919$$

$$Y_{\text{temp. máx}} = (0.4403 \times 2030) - 875$$

$$Y_{\text{máx}} = 18.91 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$Y_{\text{temp. mín}} = (0.08 \times 2030) - 168.82$$

$$Y_{\text{mín}} = -6.42 \text{ } ^\circ\text{C}$$

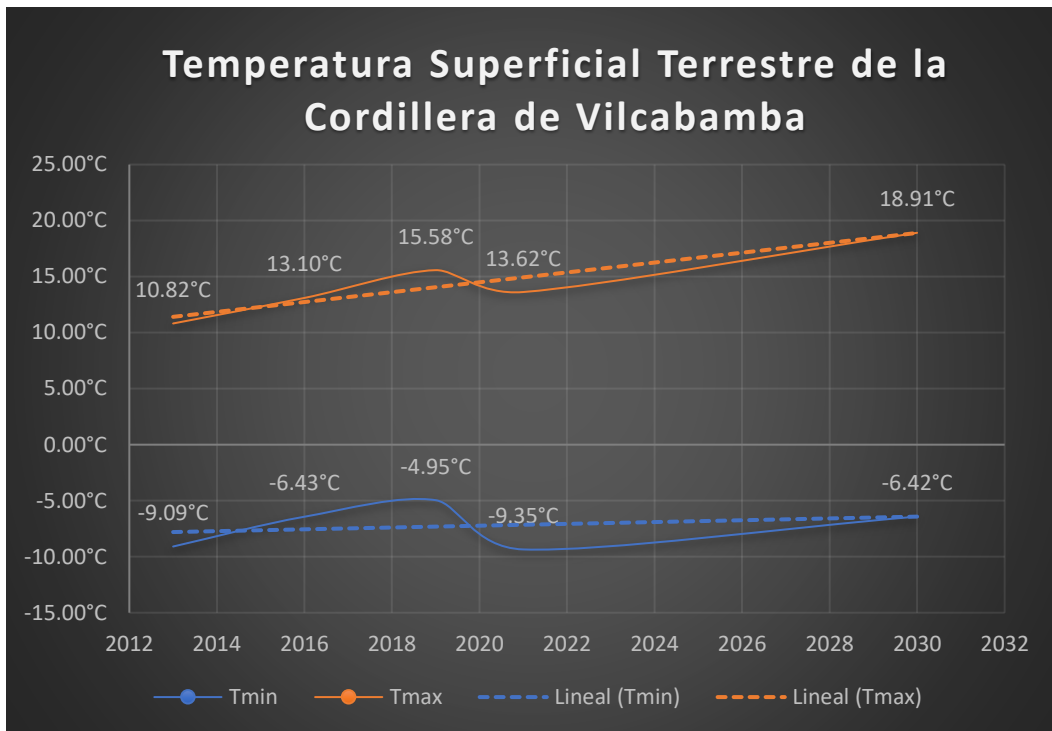


Figura 38: Estimación de la temperatura superficial terrestre mínima y máxima de la cordillera de Vilcabamba

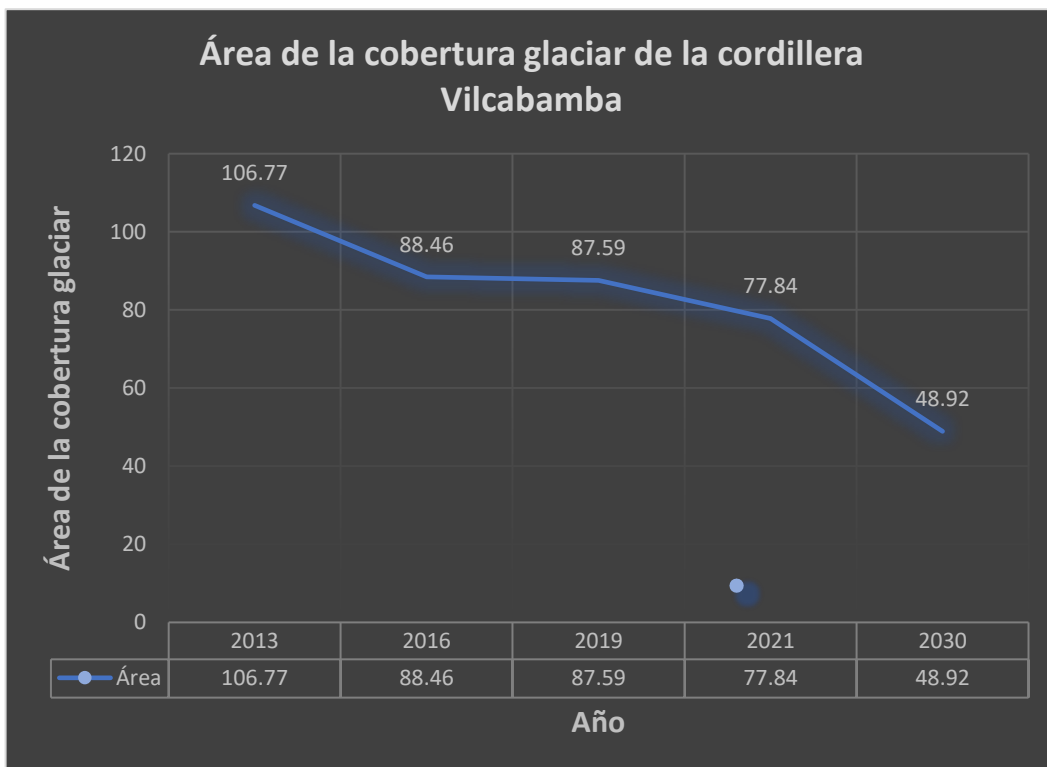


Figura 37: Estimación del área de la cobertura glaciar de la cordillera Vilcabamba

Resultados del análisis multitemporal

El área de cobertura glaciaria sufre un retroceso en toda la cordillera propiciado por diversos factores que alteraron el clima durante el último decenio, entre ellos tiene como prioridad de este estudio el cambio climático que afecta directamente a los glaciares; ya que al ser formaciones naturales dependientes de óptimas condiciones climatológicas, sufren alteraciones en su proceso de formación haciendo que perciban pérdidas de cobertura en km^2 , esto implicó un aumento de temperatura en sus zonas de ablación y de formación, no presenta una reducción uniforme en todos los nevados, es decir, no solo presenta pérdida de masa sino también de ganancia, esto se sustenta en el siguiente análisis multitemporal se comparó la temperatura superficial terrestre, el área de pérdida de la cobertura glaciaria de cada submuestra entre los años 2013, 2016, 2019 y 2021 y la estimación de ellos mediante regresión lineal para el año 2030.

Análisis multitemporal de la submuestra 1 entre los años 2013, 2016, 2019 y 2021

En el análisis se visualizó los nevados ubicados en la submuestra 1 entre los años 2013, 2016, 2019 y 2021 (Figura 39). Los datos fueron comparados con el área de la cobertura glaciaria (Figura 40) y las temperaturas superficiales terrestres máximas y mínimas (Figura 41) de la submuestra 1 para cada año de estudio, en el año 2013 el Nevado Choquezafra contaba con un rango de temperatura de entre -6.33°C y 12.17°C con un área de 12.81 km^2 . En el año 2016 el Nevado presentó un descenso en su temperatura mínima de -1.44°C , un incremento de temperatura máxima de 0.89°C y un área de pérdida del 5.77%, mientras que para el año 2019 sufrió un descenso en su temperatura mínima de -0.67°C y un incremento de 2.1°C en su temperatura máxima, con un área de pérdida de 0.22 km^2 respecto al 2016. Finalmente, en el año 2021 la temperatura mínima tuvo un aumento de -2.16°C y una temperatura máxima que disminuyó 3.61°C , el área de pérdida fue de 4.81 km^2 respecto al 2019. Este nevado presentó un descenso en la temperatura máxima de 0.62°C en su zona de ablación y un área de pérdida de 5.77 km^2 desde el año 2013 al 2021 siendo su periodo de mayor pérdida de área entre los años 2019 y 2021.

El nevado Coisopacana en el año 2013 presentaba un rango de temperatura de entre -0.29°C y 12.34°C y un área de 0.88 km^2 . En el año 2016 presentó un descenso en su temperatura mínima de -4.94°C y un incremento de temperatura máxima de 0.71°C , con una ganancia de área de 1.42 km^2 respecto al 2013, mientras que para el 2019 sufrió un pequeño descenso en su temperatura mínima de -0.42°C , un incremento de 2.21°C en su temperatura máxima y el área presentó una pérdida de 0.25 km^2 respecto al 2016. Finalmente, para el año 2021 la temperatura mínima tuvo un descenso de -0.36°C y la temperatura máxima tuvo un incremento de solo 0.15°C y el área de pérdida fue de 0.91 km^2 respecto al 2019. Este nevado presentó un incremento en la temperatura máxima de 3.07°C en su zona de ablación y un área de ganancia de 0.26 km^2 desde el año 2013 al 2021 siendo su periodo de mayor ganancia de área entre los años 2013 y 2016.

Los nevados sin nombre en el año 2013 presentaron un rango de temperatura de entre -0.72°C y 17.08°C y un área de 2.12 km^2 . En el año 2016 sufrieron un descenso en su temperatura mínima de -2.47°C y una disminución de 3.85°C en su temperatura máxima con una pérdida de área de 0.62 km^2 respecto al 2013, mientras que para el 2019 la temperatura mínima tuvo un incremento de 1.28°C y de 4.94°C en su temperatura máxima y el área presentó una ganancia de 0.2 km^2 respecto al 2016. Por último, para el año 2021 sufrieron un descenso de -0.32°C en su temperatura mínima, una disminución de 6.78°C en su temperatura máxima y una pérdida notable de 0.91 km^2 respecto al 2019. Estos nevados presentaron un descenso de 5.7°C en la temperatura máxima y un área de pérdida de 1.68 km^2 desde el año 2013 al 2021, siendo su periodo de mayor pérdida de área entre los años 2019 y 2021.

Para el año 2030 su temperatura superficial terrestre máxima general de la submuestra será de 14.29°C , mostrando un incremento comparado a la temperatura superficial máxima del 2021 que fue de 12.78°C y su temperatura superficial mínima general de la submuestra 1 para el año 2030 será de -8.02°C . Dando a entender que su temperatura máxima aumentará y su temperatura mínima disminuirá para el año 2030 (Figura 42). Su área de cobertura glaciar general para el año 2030 de la submuestra 1 será de 4.53 km^2 , donde se visualiza que su área estimada sufrirá una pérdida de 4.09 km^2 (Figura 43).

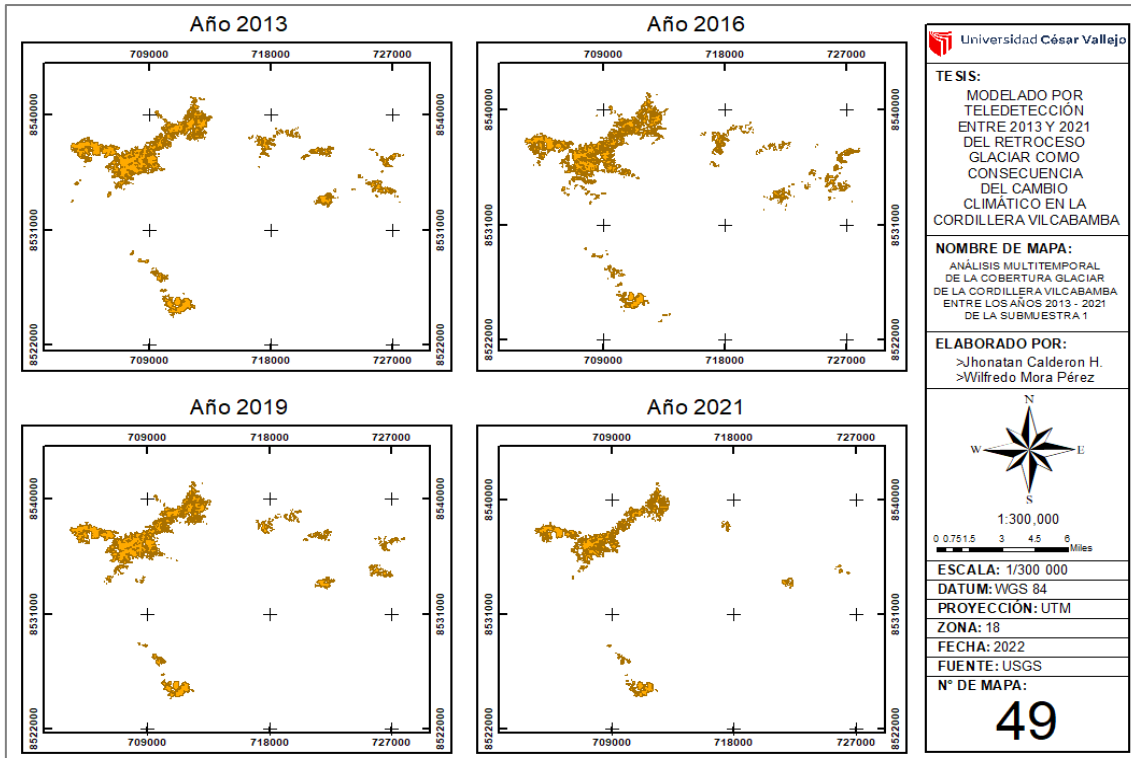


Figura 40: Análisis multitemporal de la submuestra 1 entre los años 2013, 2016, 2019 y 2021

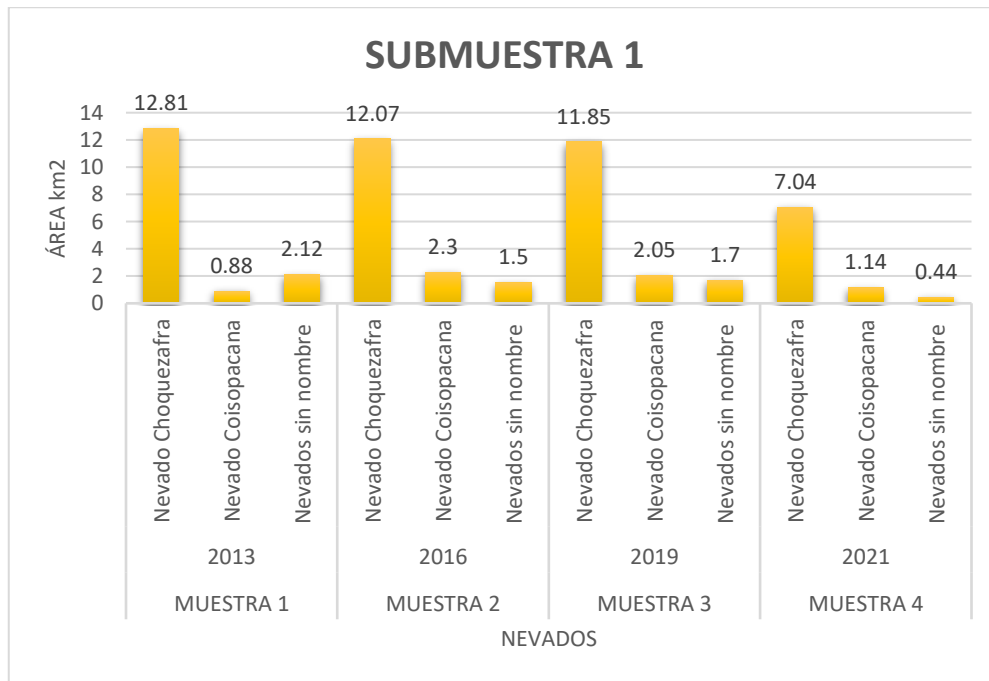


Figura 390: Área de la cobertura glaciara - Submuestra 1

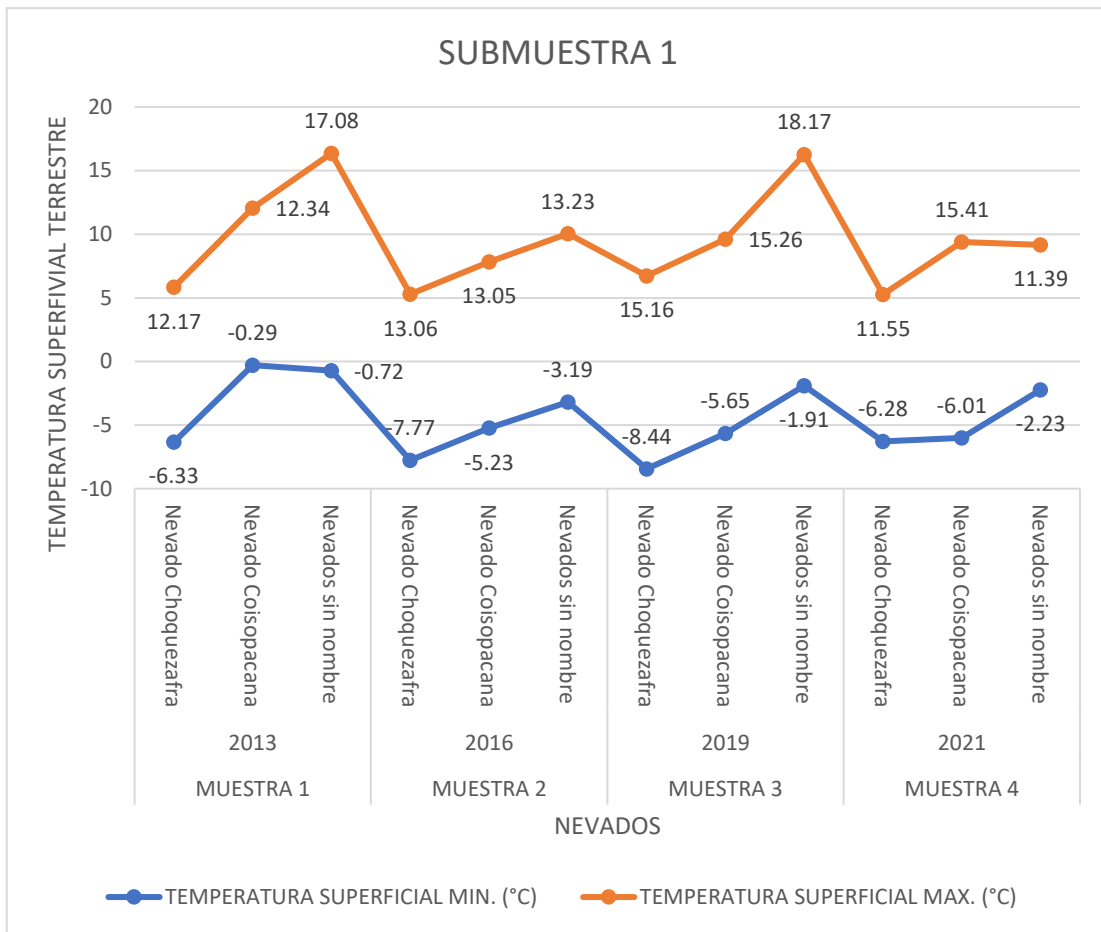


Figura 41: Temperatura superficial terrestre - submuestra 1

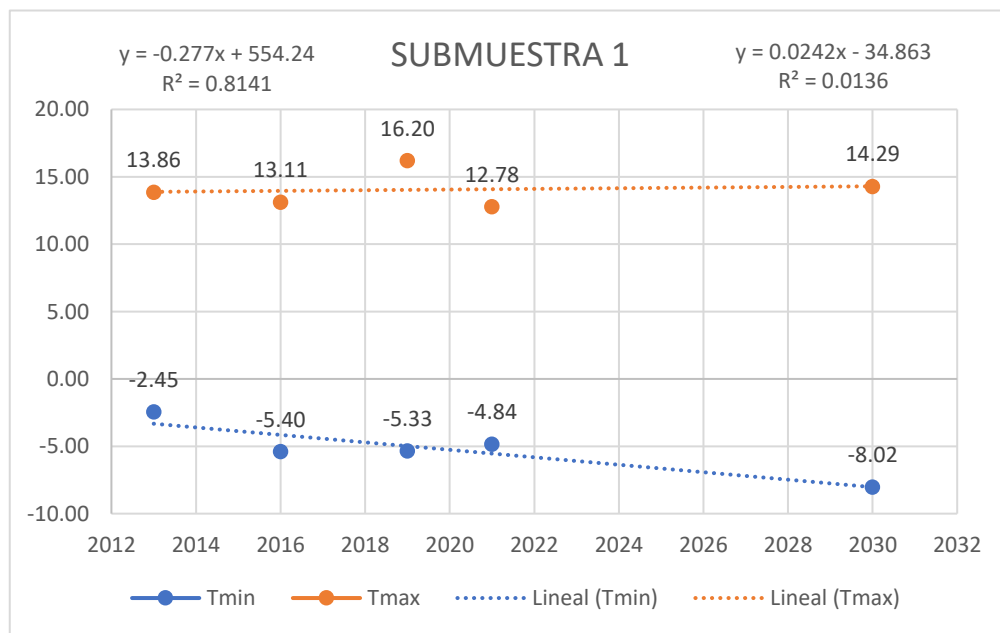


Figura 42: Estimación de la temperatura superficial máxima y mínima – submuestra 1

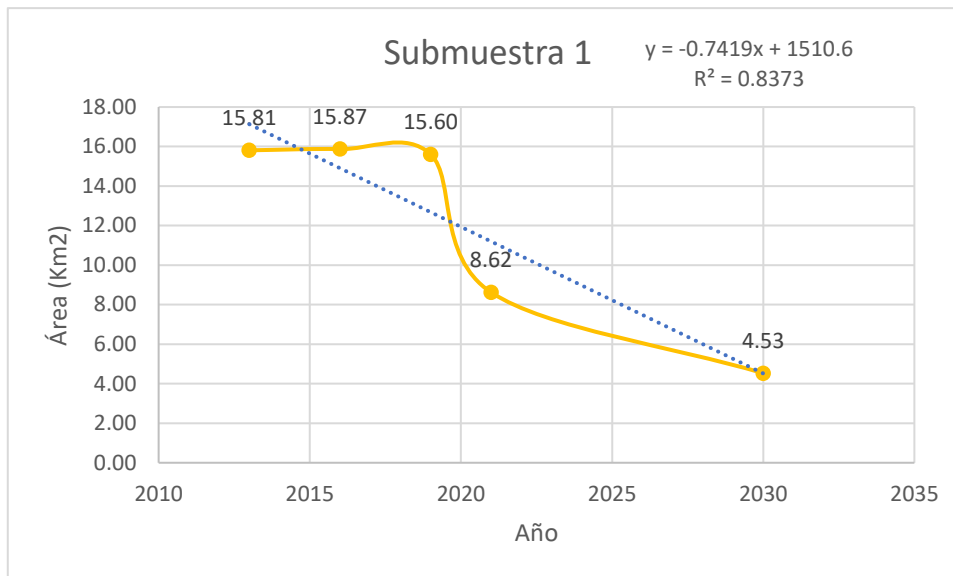


Figura 43: Estimación del área de la cobertura glaciar - Submuestra 1

Análisis multitemporal de la submuestra 2 entre los años 2013, 2016, 2019 y 2021

En el análisis se visualizó los nevados ubicados en la submuestra 2 entre los años 2013, 2016, 2019 y 2021 (Figura 44). Los datos fueron comparados con el área de la cobertura glaciar (Figura 45) y las temperaturas superficiales terrestres máximas y mínimas (Figura 46) de la submuestra 2 para cada año de estudio, en el año 2013 el nevado Chawpimayu presentó un rango de temperatura de entre 13.84°C y 10.68°C con un área de 5.11 km². En el año 2016 presentó un aumento de temperatura de 2.23°C en su temperatura mínima y una leve disminución de 0.32°C en su temperatura máxima asimismo tuvo una reducción de área de 0.86 km² respecto al 2013, mientras que para el 2019 la temperatura mínima y máxima aumentaron 1.61°C y 0.5 respectivamente y presentó una ganancia de 0.13 km² respecto al 2016. Finalmente, para el 2021 se dio un descenso en la temperatura mínima de -5.98°C y un incremento en la temperatura máxima de 0.63°C presentando un área de pérdida de 0.81 km² respecto al 2019. Este nevado presento una reducción de 0.31°C en su temperatura máxima y el área sufrió una reducción de 1.54 km² entre los años 2013 y 2021, siendo su periodo de ganancia entre los años 2016 al 2019 y su periodo de mayor pérdida de área entre los años 2013 y 2016.

El nevado Coisopacana en el año 2013 presentaba un rango de temperatura de entre -0.29°C y 12.34°C y un área de 0.88 km^2 . En el año 2016 presentó un descenso en su temperatura mínima de -4.94°C y un incremento de temperatura máxima de 0.71°C , con una ganancia de área de 1.42 km^2 respecto al 2013, mientras que para el 2019 sufrió un pequeño descenso en su temperatura mínima de -0.42°C , un incremento de 2.21°C en su temperatura máxima y el área presentó una pérdida de 0.25 km^2 respecto al 2016. Finalmente, para el año 2021 la temperatura mínima tuvo un descenso de -0.36°C y la temperatura máxima tuvo un incremento de solo 0.15°C y el área de pérdida fue de 0.91 km^2 respecto al 2019. Este nevado presentó un incremento en la temperatura máxima de 3.07°C en su zona de ablación y un área de ganancia de 0.26 km^2 desde el año 2013 al 2021 siendo su periodo de mayor ganancia de área entre los años 2013 y 2016.

Los nevados sin nombre en el año 2013 presentaron un rango de temperatura de entre -0.72°C y 17.08°C y un área de 2.12 km^2 . En el año 2016 sufrieron un descenso en su temperatura mínima de -2.47°C y una disminución de 3.85°C en su temperatura máxima con una pérdida de área de 0.62 km^2 respecto al 2013, mientras que para el 2019 la temperatura mínima tuvo un incremento de 1.28°C y de 4.94°C en su temperatura máxima y el área presentó una ganancia de 0.2 km^2 respecto al 2016. Por último, para el año 2021 sufrieron un descenso de -0.32°C en su temperatura mínima, una disminución de 6.78°C en su temperatura máxima y una pérdida notable de 0.91 km^2 respecto al 2019. Estos nevados presentaron un descenso de 5.7°C en la temperatura máxima y un área de pérdida de 1.68 km^2 desde el año 2013 al 2021, siendo su periodo de mayor pérdida de área entre los años 2019 y 2021.

Para el año 2030 su temperatura superficial terrestre máxima general de la submuestra será de 17.57°C , mostrando un incremento comparado a la temperatura superficial máxima del 2021 que fue de 11.49°C y su temperatura superficial mínima general de la submuestra 2 para el año 2030 será de -11.37°C , mostrando un incremento comparado a la temperatura superficial mínima del 2021 que fue de -13.87°C . Dando a entender que su temperatura máxima aumentará y su temperatura mínima aumentará para el año 2030 (Figura 47). Su área de cobertura glaciar general para el año 2030 de la submuestra 2 será de 28.79 km^2 ,

donde se visualiza que su área estimada sufrirá una pérdida de 7.45km² (Figura 48).

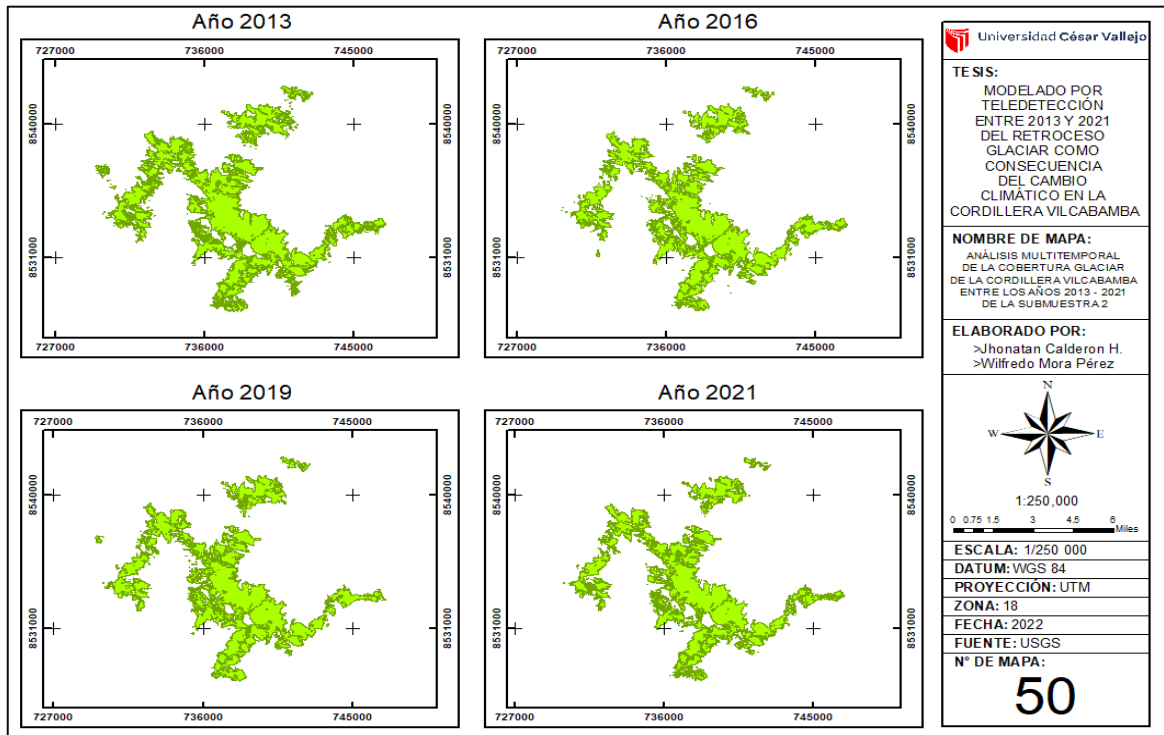


Figura 44: Análisis multitemporal de la submuestra 2 entre los años 2013, 2016, 2019 y 2021

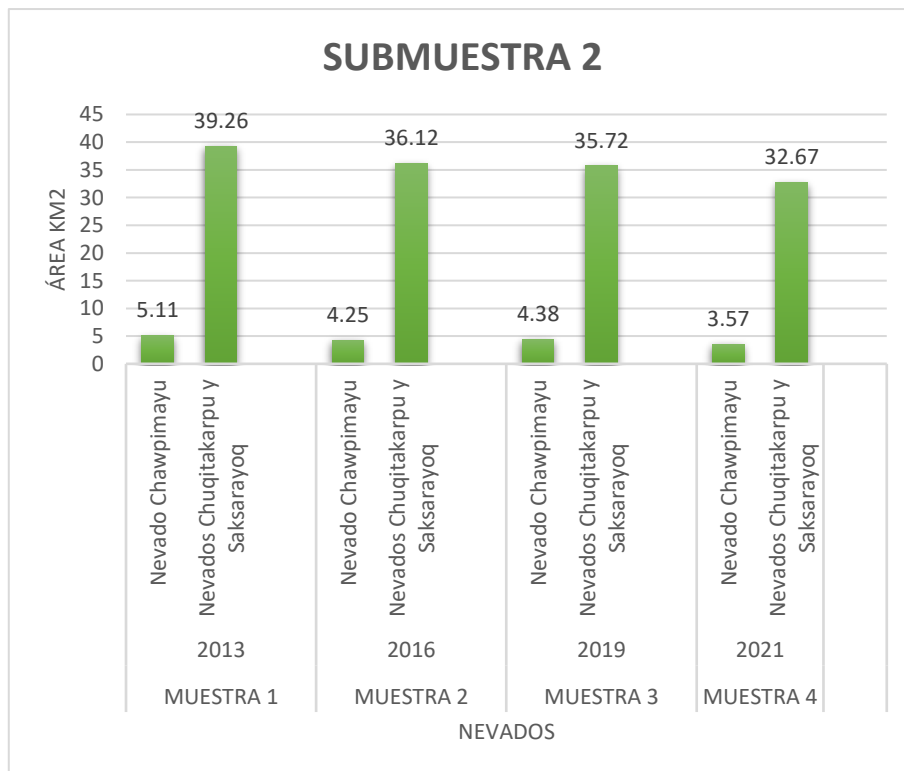


Figura 45: Área de la cobertura glaciar Submuestra 2

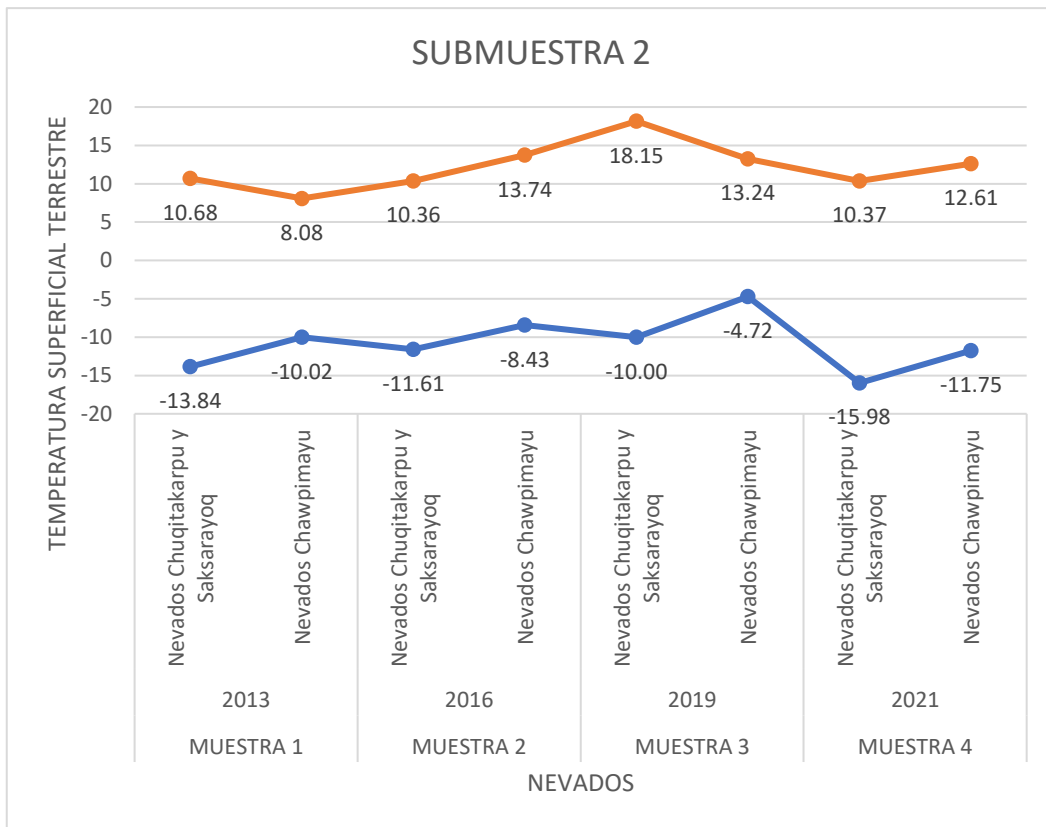


Figura 46: Temperatura superficial terrestre - Submuestra 2

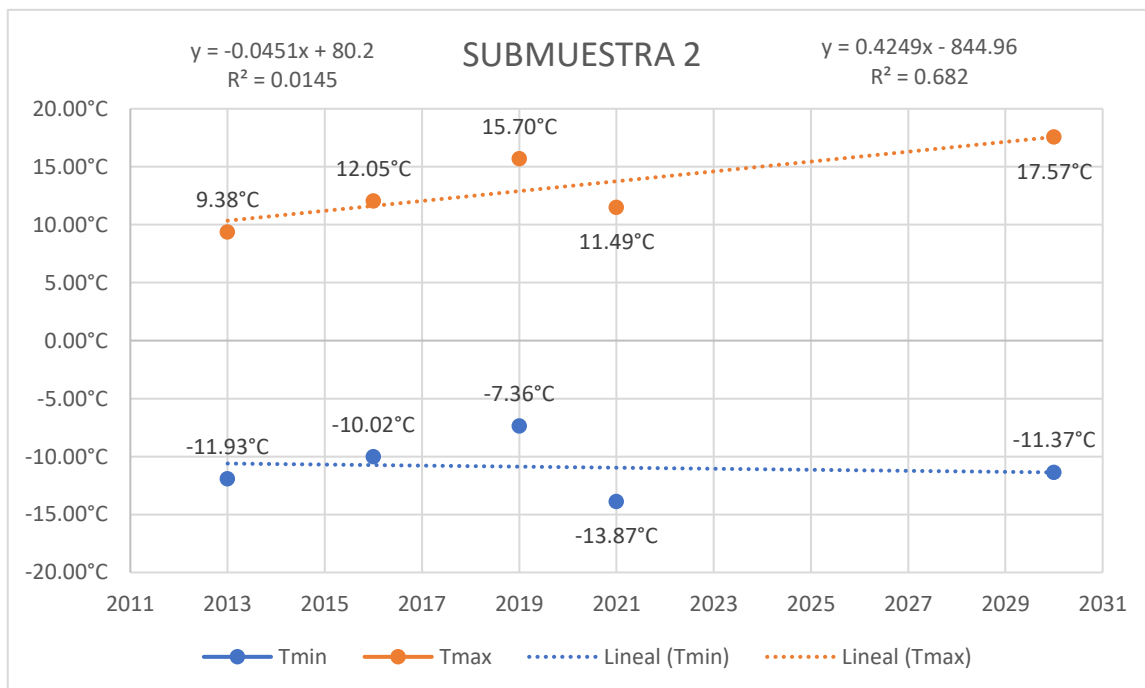


Figura 47: Estimación de la temperatura superficial terrestre máxima y mínima - Submuestra 2

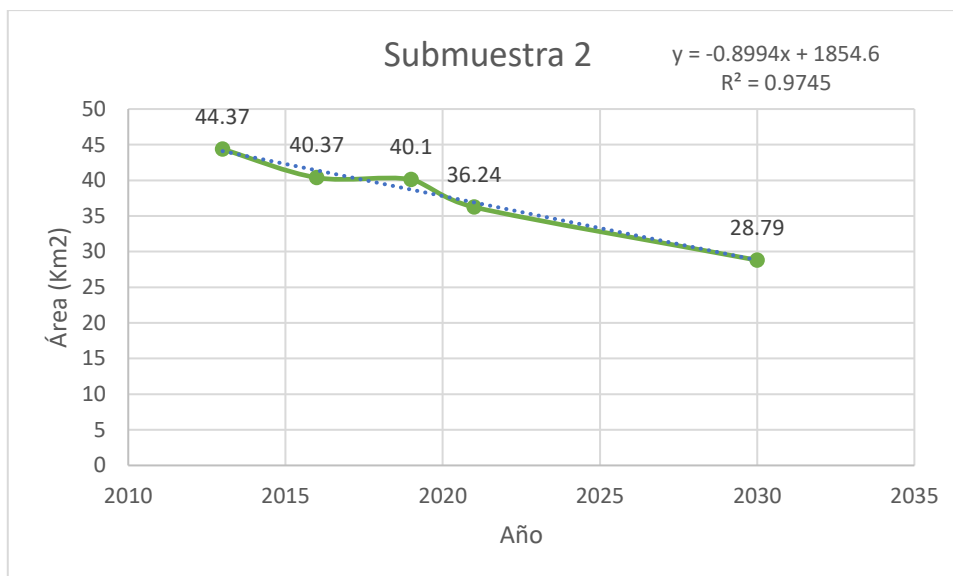


Figura 48: Estimación del área de la cobertura glaciar - Submuestra 2

Análisis multitemporal de la submuestra 3 entre los años 2013,2016,2019 y 2021

En el análisis se visualizó los nevados ubicados en la submuestra 3 entre los años 2013, 2016, 2019 y 2021 (Figura 49). Los datos fueron comparados con el área de la cobertura glaciar (Figura 50) y las temperaturas superficiales terrestres máximas y mínimas (Figura 51) de la submuestra 3 cada año de estudio, en el año 2013 el nevado Quriwayrachina presentó un rango de temperatura de entre -10.42°C y 10.38°C con un área de 13.34 km^2 . En el año 2016 presentó un aumento de 4.38°C en su temperatura mínima y una leve disminución de -3.64°C en su temperatura máxima, asimismo tuvo una reducción de área de 3.11 km^2 respecto al 2013, mientras que para el 2019 las temperaturas mínima y máxima aumentaron 3.26°C y 5.59°C respectivamente y presentó una ganancia de 0.61 km^2 respecto al 2016. Finalmente, para el 2021 se dio un descenso en la temperatura mínima de -5.55°C y un incremento en la temperatura máxima de 5.18°C presentando un área de pérdida de 0.22 km^2 respecto al 2019. Este nevado presentó una reducción de -7.13°C en su temperatura máxima y el área sufrió una reducción de 2.72 km^2 entre los años 2013 y 2021, siendo su periodo de ganancia entre los años 2019 al 2021 y su periodo de mayor pérdida de área entre los años 2013 y 2016.

En el año 2013 el nevado Kiswar presentó un rango de temperatura de entre -12.19°C y 9.89°C con un área de 1.73 km^2 . En el año 2016 presentó un aumento de 3.6°C en su temperatura mínima y una leve disminución de 4.72°C en su temperatura máxima, asimismo tuvo una reducción de área de 0.33 km^2 respecto al 2013, mientras que para el 2019 las temperaturas mínima y máxima aumentaron 1.08°C y -0.23°C respectivamente y presentó una ganancia de 0.41 km^2 respecto al 2016. Finalmente, para el 2021 se dio un descenso en la temperatura mínima de -4.46°C y un incremento en la temperatura máxima de 2.64°C presentando un área de pérdida de 0.35 km^2 respecto al 2019. Este nevado presentó una reducción de -7.13°C en su temperatura máxima y el área sufrió una reducción de 0.27 km^2 entre los años 2013 y 2021, siendo su periodo de ganancia entre los años 2019 al 2021 y su periodo de mayor pérdida de área entre los años 2013 y 2016.

El nevado Amparay en el año 2013 presentó un rango de temperatura de entre -9.98°C y 10.44°C con un área de 2.2 km^2 . En el año 2016 presentó un aumento de 5.4°C en su temperatura mínima y una leve disminución de 4.1°C en su temperatura máxima, asimismo tuvo una reducción de área de 0.7 km^2 respecto al 2013, mientras que para el 2019 las temperaturas mínima y máxima aumentaron 0.97°C y 0.68°C respectivamente y presentó una ganancia de 0.92 km^2 respecto al 2016. Finalmente, para el 2021 se dio un descenso en la temperatura mínima de -4.7°C y un incremento en la temperatura máxima de 2.23°C presentando un área de pérdida de 5.34 km^2 respecto al 2019. Este nevado presentó una reducción de -7.01°C en su temperatura máxima y el área sufrió una reducción de 0.34 km^2 entre los años 2013 y 2021, siendo su periodo de ganancia entre los años 2019 al 2021 y su periodo de mayor pérdida de área entre los años 2013 y 2016.

Para el año 2030 su temperatura superficial terrestre máxima general de la submuestra será de 24.08°C , mostrando un incremento comparado a la temperatura superficial máxima del 2021 que fue de 17.33°C y su temperatura superficial mínima general de la submuestra 3 para el año 2030 será de -4.37°C , mostrando un incremento comparado a la temperatura superficial mínima del 2021 que fue de -9.54°C . Dando a entender que su temperatura máxima aumentará y su temperatura mínima aumentará para el año 2030 (Figura 52). Su área de cobertura

glaciar general para el año 2030 de la submuestra 3 será de 11.07km², donde se visualiza que su área estimada sufrirá una pérdida de 2.87km² (Figura 53).

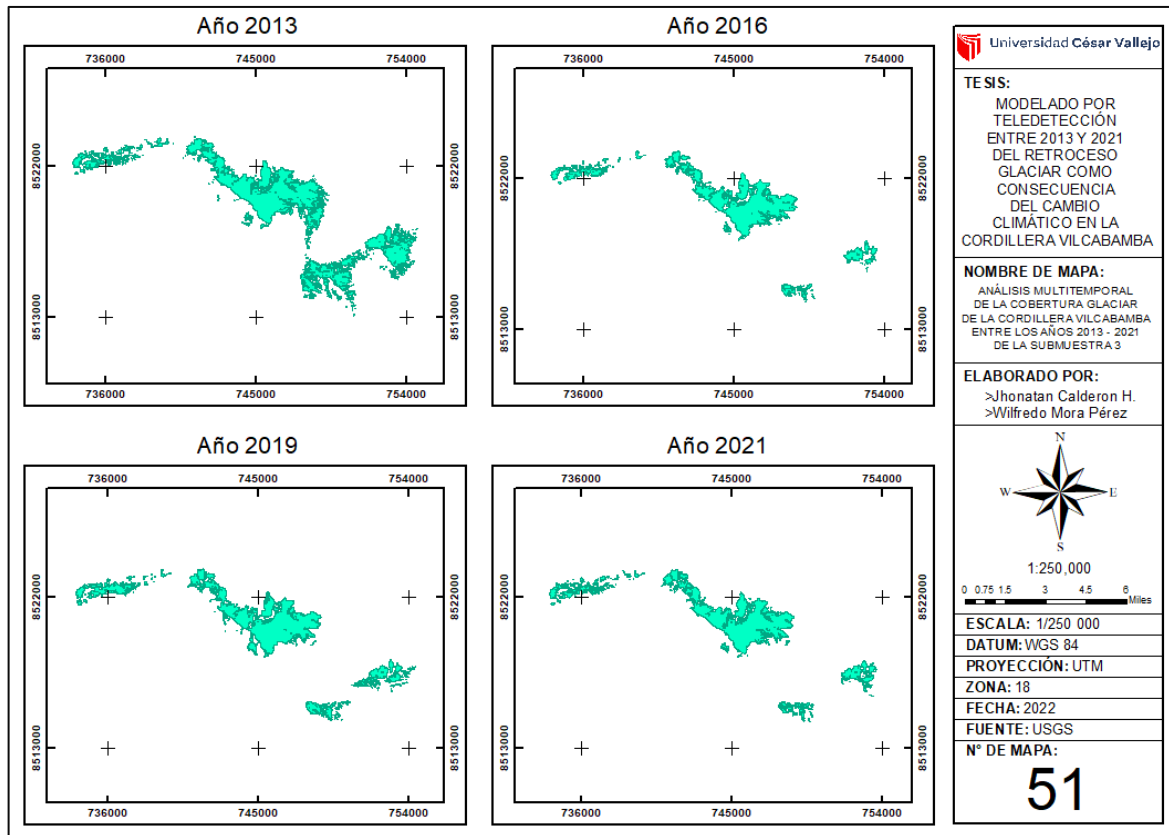


Figura 49: Análisis multitemporal de la submuestra 3 entre los años 2013, 2016, 2019 y 2021

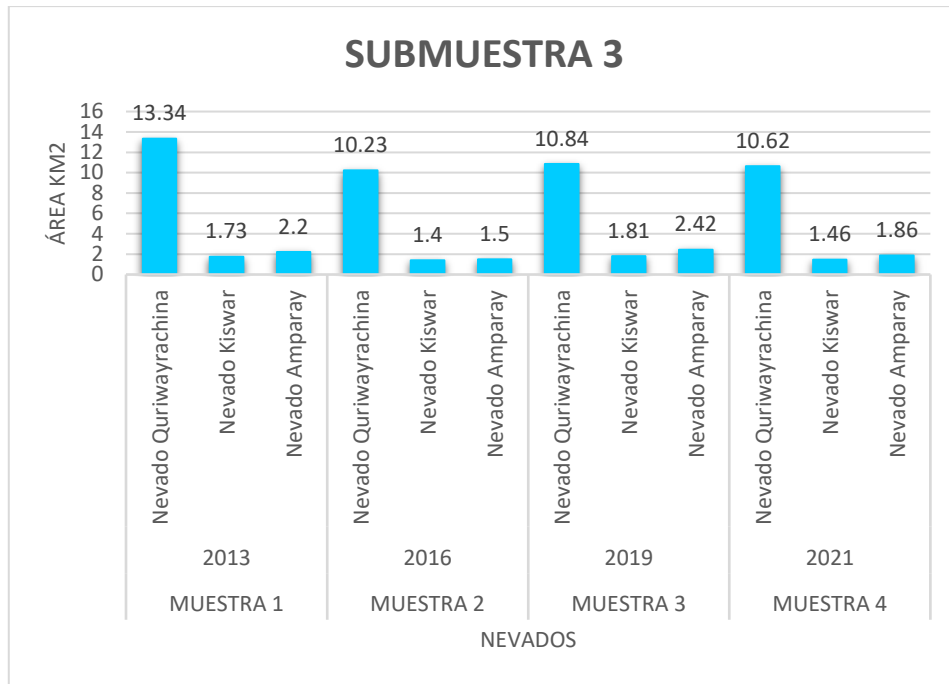


Figura 50: Área de la cobertura glaciar - Submuestra 3

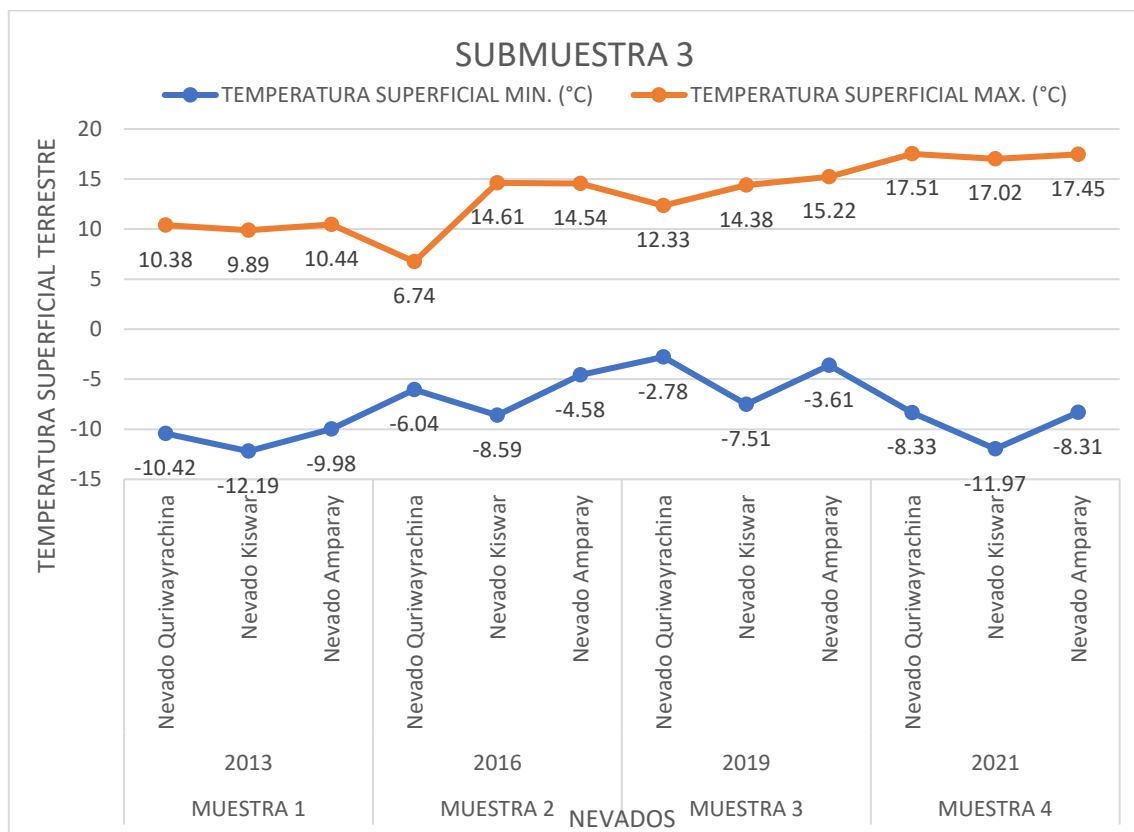


Figura 51: Temperatura superficial terrestre - Submuestra 3

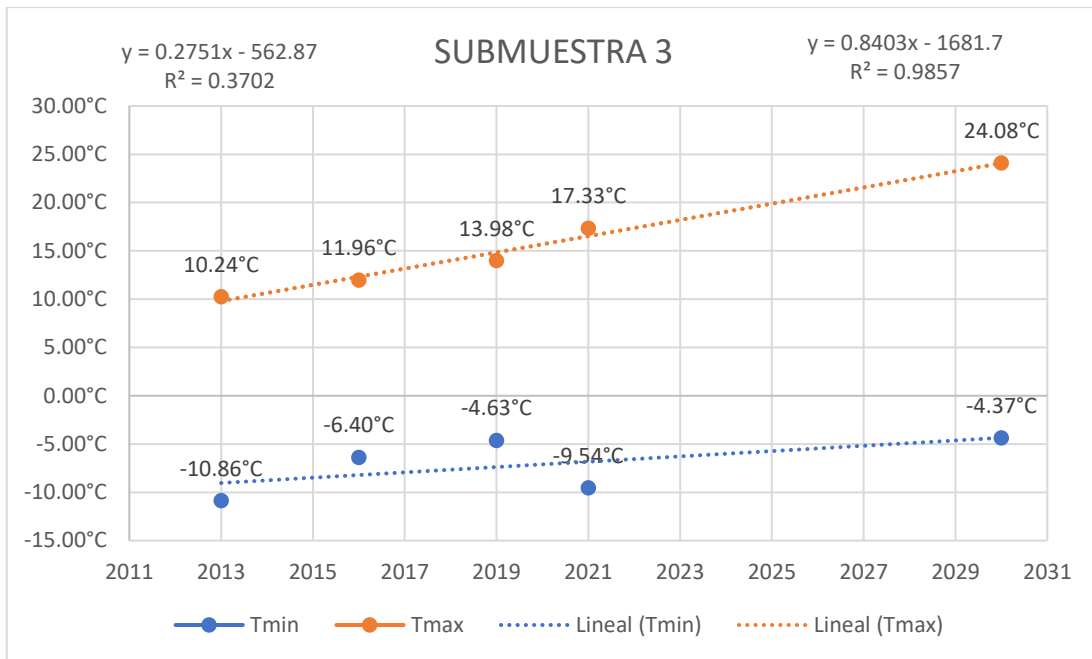


Figura 52: Estimación de la temperatura superficial terrestre máxima y mínima - Submuestra 3

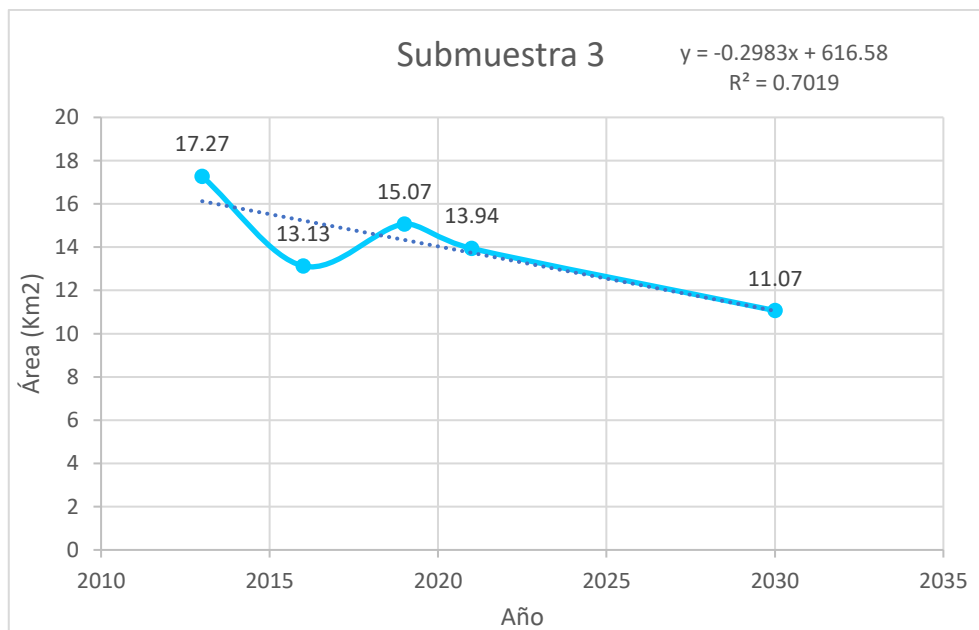


Figura 53: Estimación del área de la cobertura glaciar - Submuestra 3

Análisis multitemporal de la submuestra 4 entre los años 2013,2016,2019 y 2021

En el análisis se visualizó los nevados ubicados en la submuestra 4 entre los años 2013, 2016, 2019 y 2021 (Figura 54). Los datos fueron comparados con el área de la cobertura glaciaria (Figura 55) y las temperaturas superficiales terrestres máximas y mínimas (Figura 56) de la submuestra 4 cada año de estudio, en el año 2013 los nevados Suray, Tukarway y Humantay presentaron un rango de temperatura de entre -12.49°C y 9.72°C con un área de 5.51 km^2 . En el año 2016 presentó un incremento de temperatura mínima y máxima de 4.84°C y 4.3°C respectivamente, con una reducción de área de 1.76 km^2 respecto al 2013, mientras que para el 2019 tanto su temperatura mínima y máxima aumentaron 2.44°C y 2°C respectivamente, con un área de pérdida de 0.29 km^2 respecto al 2019. Finalmente, para el 2021 se obtiene como resultado un descenso de -6.11°C en su temperatura mínima y una reducción en su temperatura máxima de -3.53°C , contando con un área de ganancia de 1.64 km^2 . Estos nevados presentaron un aumento de temperatura de 2.77°C y el área sufrió una reducción de 0.41 km^2 entre los años 2013 y 2021, siendo su periodo de ganancia entre los años 2019 y 2021 y su periodo de mayor pérdida entre los años 2013 y 2016.

El nevado Pallkay presentó en el año 2013 un rango de temperatura de -12.31°C y 15.78°C con un área de 1.45 km^2 . En el año 2016 se dio un aumento en su temperatura mínima de 2.14°C asimismo de 0.1°C en su máxima temperatura, notando un área de 4.97 km^2 respecto al 2013, mientras que para el año 2019 la temperatura mínima aumento 2.14°C y la temperatura máxima se incrementó 0.1°C , presentando un área de ganancia de 0.21 km^2 respecto al 2016. Finalmente, para el año 2021 la temperatura mínima descendió -5.74°C y su temperatura máxima se incrementó 1.41°C , contando con un área de pérdida de 0.16 km^2 respecto al 2019. Este nevado presentó un aumento de temperatura de 5.71°C en su zona de ablación y el área sufrió una reducción de 2.54 km^2 entre los años 2013 y 2021, siendo su periodo de ganancia entre los años 2016 y 2019 y su periodo de mayor pérdida de área entre los años 2013 y 2016.

Los nevados Nevados Wamantay y Salkantay presentaron en el 2013 un rango de temperatura de -12.49°C y 9.72°C con un área de 4.04 km^2 . En el año 2016 se dio

un aumento en la temperatura mínima de 5.25°C y en la temperatura máxima un aumento de 6.07°C , con un área de pérdida de 4.97°C respecto al 2013, mientras que para el año 2019 la temperatura mínima descendió -0.51°C asimismo la temperatura máxima descendió -3.06°C y el área de pérdida fue de 2.35 km^2 respecto al 2016. Finalmente, en el año 2021 se dio un descenso notorio en la temperatura mínima de -6.11°C y un aumento de 2.7°C en su temperatura máxima presentando un área de ganancia de 1.93 km^2 respecto al 2019. Estos nevados presentaron un aumento de 5.71°C en su temperatura máxima afectando de manera directa la zona de ablación y por ende se dio un retroceso de 5.39 km^2 entre los años 2013 y 2021, siendo su periodo de ganancia entre los años 2019 y 2021 y su periodo de mayor pérdida de área entre los años 2013 y 2016.

Para el año 2030 su temperatura superficial terrestre máxima general de la submuestra será de 21.65°C , mostrando un incremento comparado a la temperatura superficial máxima del 2021 que fue de 15.28°C y su temperatura superficial mínima general de la submuestra 4 para el año 2030 será de -7.49°C , mostrando un incremento comparado a la temperatura superficial mínima del 2021 que fue de -12.00°C . Dando a entender que su temperatura máxima aumentará y su temperatura mínima aumentará para el año 2030 (Figura 57). Su área de cobertura glaciar general para el año 2030 de la submuestra 4 será de 3.80 km^2 , donde se visualiza que su área estimada sufrirá una pérdida de 12.83 km^2 (Figura 58).

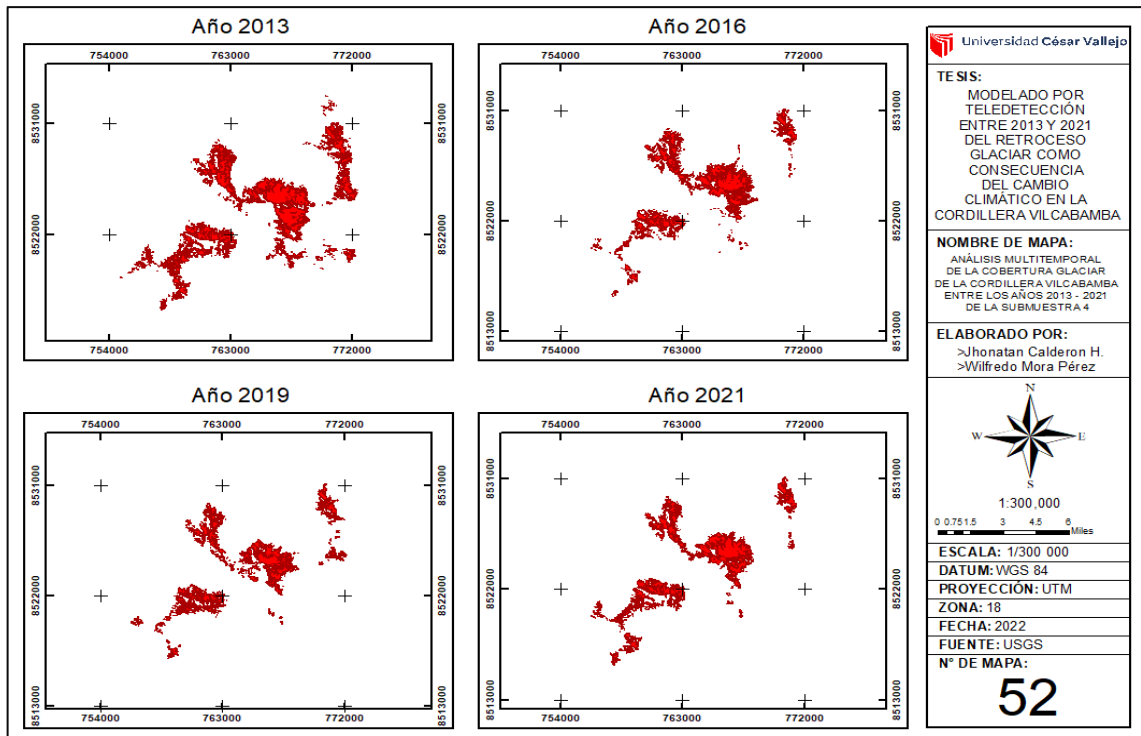


Figura 54: Análisis multitemporal de la submuestra 4 entre los años 2013, 2016, 2019 y 2021

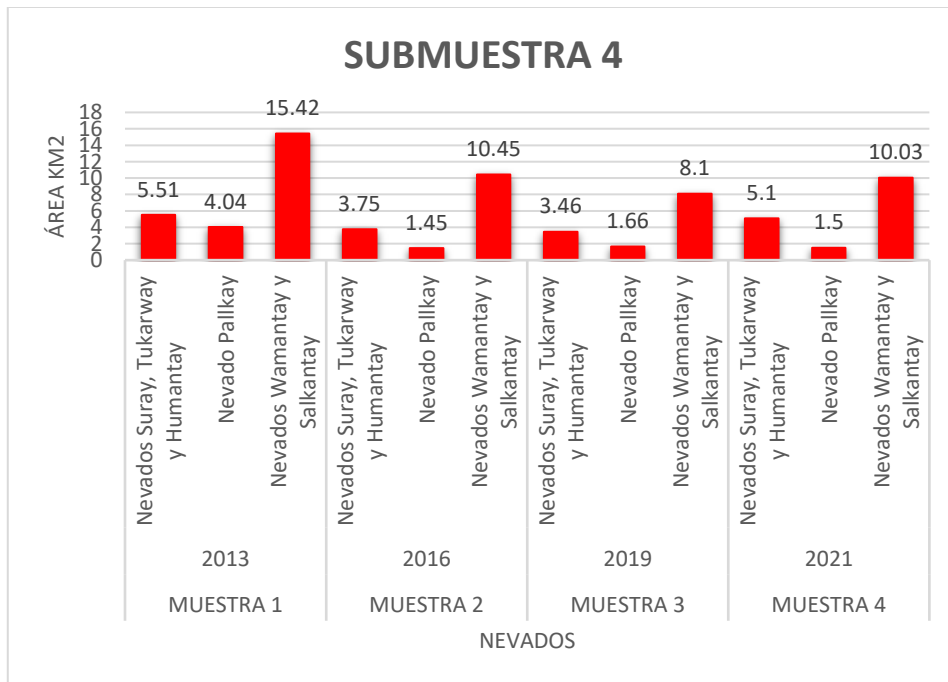


Figura 55: Área de la cobertura glaciar - Submuestra 4

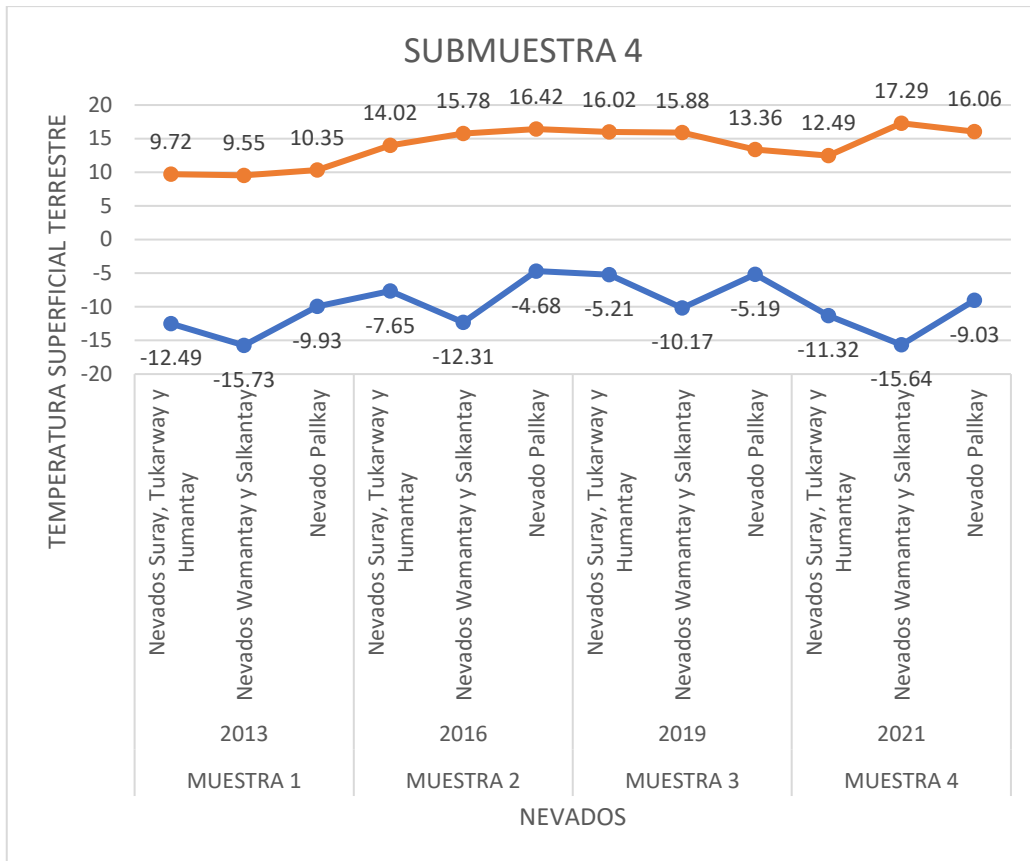


Figura 56: Temperatura superficial terrestre - Submuestra 4

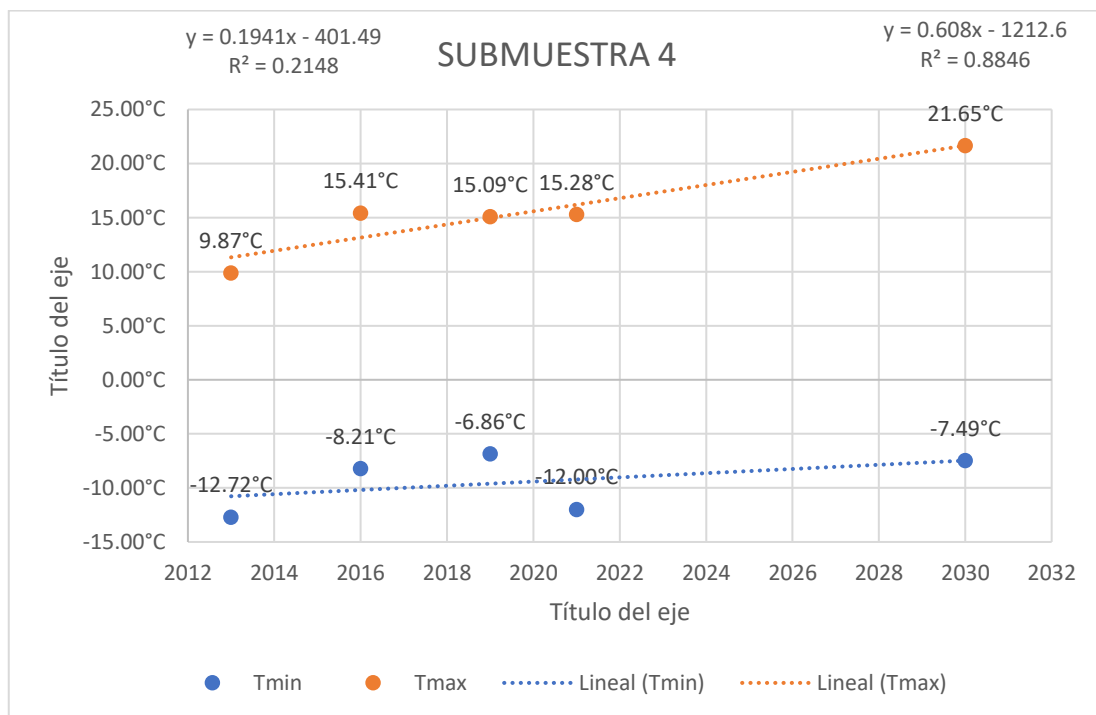


Figura 57: Estimación de la temperatura superficial terrestre máxima y mínima - Submuestra 4

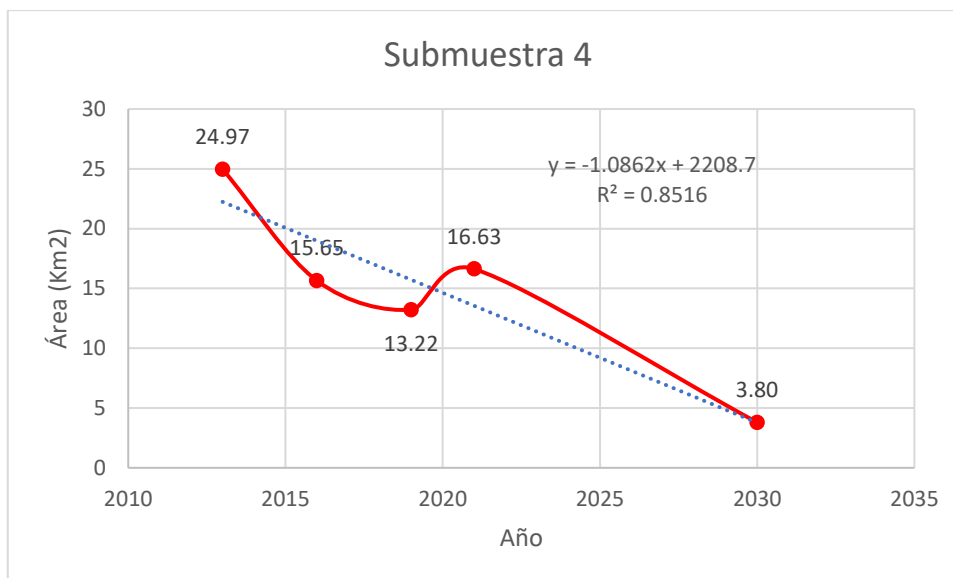


Figura 58: Estimación del área de la cobertura glaciar - Submuestra 4

Análisis multitemporal de la submuestra 5 entre los años 2013,2016,2019 y 2021

En el análisis se visualizó los nevados ubicados en la submuestra 5 entre los años 2013, 2016, 2019 y 2021 (Figura 59). Los datos fueron comparados con el área de la cobertura glaciar (Figura 60) y las temperaturas superficiales terrestres máximas y mínimas (Figura 61) de la submuestra 5 cada año de estudio, en el año 2013 el nevado Ocobamba presentó un rango de temperatura de entre -7.81°C y 11.17°C con un área de 3.37 km^2 . En el año 2016 presentó un aumento de 7.31°C en su temperatura mínima y una leve disminución de -0.16°C en su temperatura máxima, asimismo tuvo una reducción de área de 0.56 km^2 respecto al 2013, mientras que para el 2019 las temperaturas mínima y máxima aumentaron 0.84°C y 4.12°C respectivamente y presentó una ganancia de 0.38 km^2 respecto al 2016. Finalmente, para el 2021 se dio un descenso en la temperatura mínima de -5.74°C y un incremento en la temperatura máxima de 10.74°C presentando un área de pérdida de 1.16 km^2 respecto al 2019. Este nevado presentó una reducción de 6.78°C en su temperatura máxima y el área sufrió una reducción de 0.34 km^2 entre los años 2013 y 2021, siendo su periodo de ganancia entre los años 2019 al 2021 y su periodo de mayor pérdida de área entre los años 2013 y 2016.

En el año 2013 los nevados Huayanay y Esquina presentó un rango de temperatura de entre -9.79°C y 11.57°C con un área de 0.45 km^2 . En el año 2016 presentó un

aumento de 5.93° C en su temperatura mínima y una leve disminución de 3.54°C en su temperatura máxima, asimismo tuvo una reducción de área de 0.13 km² respecto al 2013, mientras que para el 2019 las temperaturas mínima y máxima aumentaron 0.1°C y 1.39°C respectivamente y presentó una ganancia de 0.25 km² respecto al 2016. Finalmente, para el 2021 se dio un descenso en la temperatura mínima de -0.7°C y un incremento en la temperatura máxima de -0.4°C presentando un área de pérdida de 0.02 km² respecto al 2019. Este nevado presentó una reducción de -4.23°C en su temperatura máxima y el área sufrió una reducción de 0.01 km² entre los años 2013 y 2021, siendo su periodo de ganancia entre los años 2019 al 2021 y su periodo de mayor pérdida de área entre los años 2013 y 2016.

Los nevados sin nombre para el año 2013 presentaron un rango de temperatura de entre -4.88 °C y 9.46 °C con un área de 0.53 km². En el año de 2016 se notó un aumento de 2.87°C en su temperatura mínima y 3.25°C en su temperatura máxima y contaba con un área de pérdida de 0.48 km² respecto al 2013, mientras que para el 2019 la temperatura mínima se incrementó 3.66°C y su temperatura máxima 6.44°C con un área de ganancia de 0.03 km² respecto al 2016. Finalmente, para el año 2021 presento un descenso de temperatura mínima de -8.02°C y de igual manera se dio una reducción de 5.63°C en su temperatura máxima contando con un área de pérdida de 0.05 km² respecto al 2019. Estos nevados presentaron una reducción de -4.06°C en su temperatura máxima, y una pérdida de área de 0.5 km² entre los años 2013 y 2021, siendo su periodo de ganancia entre los años 2016 al 2019 y su periodo de mayor pérdida entre los años 2013 y 2016.

Para el año 2030 su temperatura superficial terrestre máxima general de la submuestra será de 16.39°C, mostrando un incremento comparado a la temperatura superficial máxima del 2021 que fue de 11.24°C y su temperatura superficial mínima general de la submuestra 5 para el año 2030 será de -1.07°C, mostrando un incremento comparado a la temperatura superficial mínima del 2021 que fue de -6.51°C. Dando a entender que su temperatura máxima aumentará y su temperatura mínima aumentará para el año 2030 (Figura 62). Su área de cobertura glaciaria general para el año 2030 de la submuestra 5 será de 0.803km², donde se visualiza que su área estimada sufrirá una pérdida de 1.61km² (Figura 63).

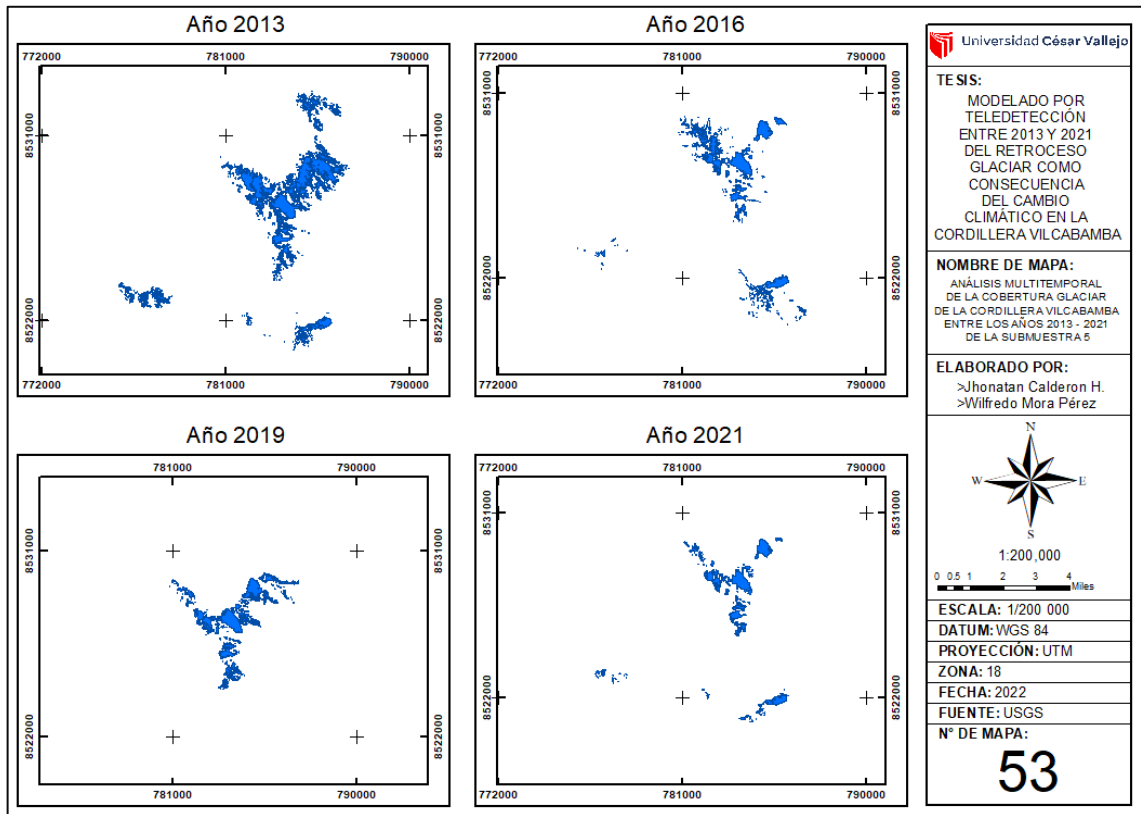


Figura 59: Análisis multitemporal de la submuestra 5 entre los años 2013, 2016, 2019 y 2021

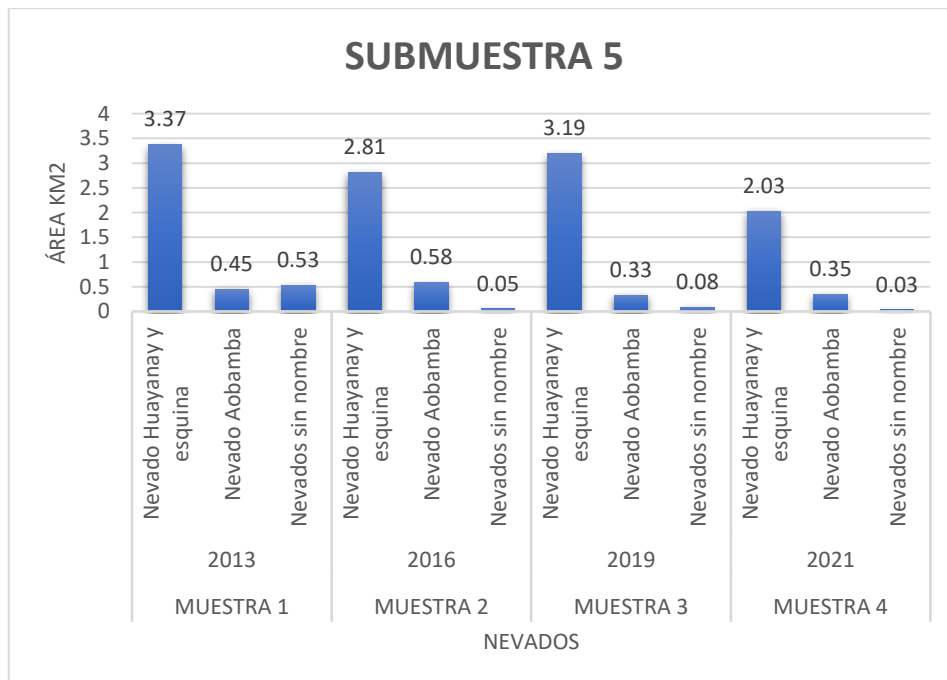


Figura 60: Área de la cobertura glaciaria - Submuestra 5

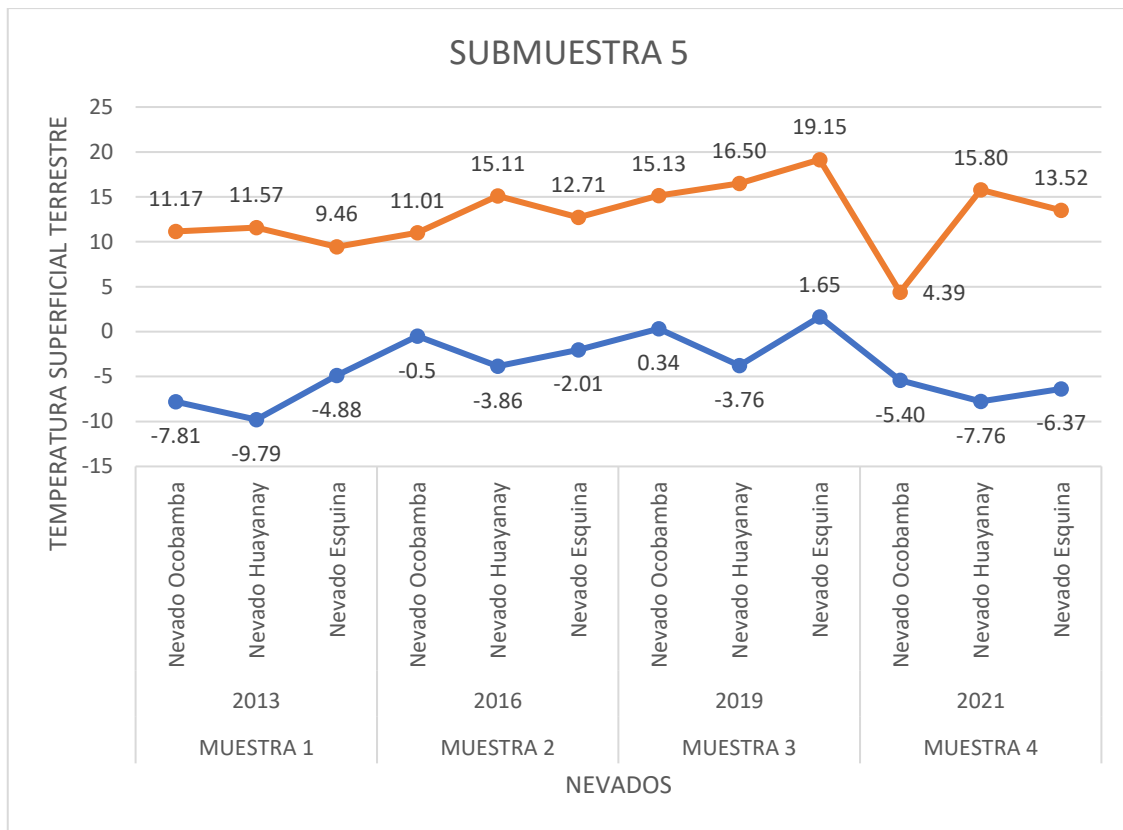


Figura 61: Temperatura superficial terrestre - Submuestra 5

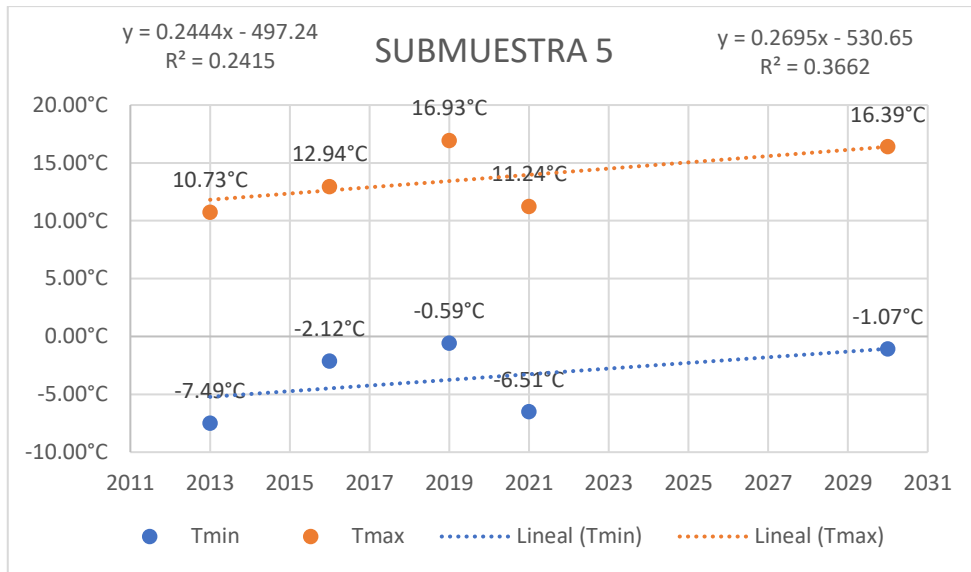


Figura 62: Estimación de la temperatura superficial terrestre máxima y mínima - Submuestra 5

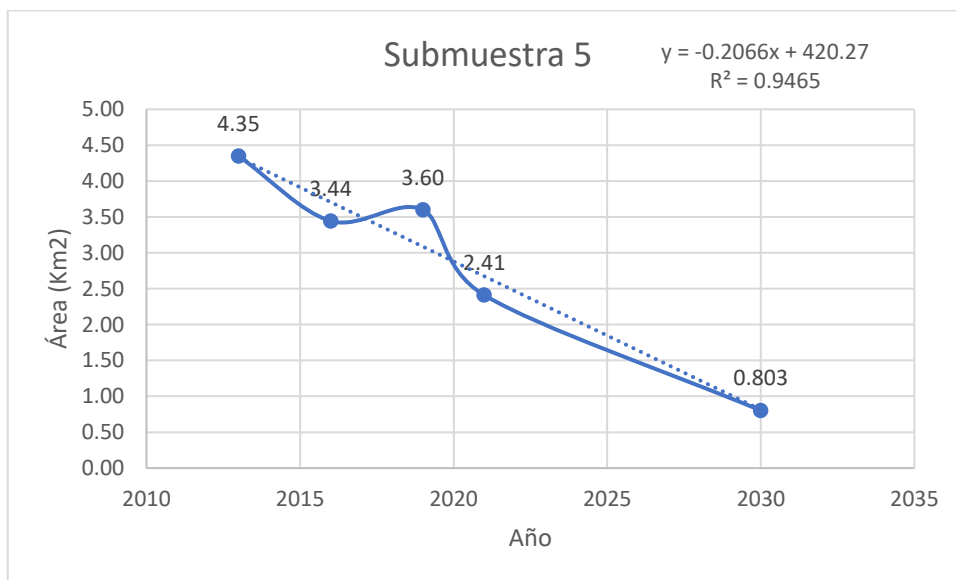


Figura 63: Estimación del área de la cobertura glaciar - Submuestra 5

V DISCUSIONES

Los resultados que se obtuvieron del procesamiento para la determinación de la temperatura superficial terrestre poseen un procedimiento similar al estudio realizado por Dioses Cardenas, (2017) que tiene trata sobre la determinación de la teledetección para cuantificar la dinámica de la cobertura glaciaria del nevado Huascarán entre los años 1990 al 2017. En dicho estudio, Dioses usó imágenes Landsat 5,7 y 8, mientras que la presente investigación se usaron imágenes satelitales Landsat 8 debido a que cuenta con bandas termales lo que posibilitó el cálculo de la temperatura superficial terrestre. Además, en su investigación utilizó el software ERDAS versión 14 mientras que en este estudio se utilizó el software ArcGis 10.8.

El procedimiento realizado por Dioses Cardenas (2017) se diferencia al realizado en la presente investigación en el tema de realizar una clasificación supervisada al nevado como también la aplicación del NDVI, ya que en este estudio se realizó la recopilación de las imágenes satelitales aplicando las correcciones geométricas y de reflectancia como también la aplicación de la ecuación del NDSI. Además, en el estudio realizado por Dioses Cardenas (2017) se realizó el estudio del nevado Huascarán, mientras que en este estudio se realizó la estimación de la temperatura superficial de la cordillera de Vilcabamba.

Los resultados obtenidos se clasificaron de manera similar en comparación al estudio realizado por Dioses Cardenas (2017) en el cual dieron como resultados que en su período de estudio hubo un descenso de -8°C de sus temperaturas superficiales terrestres máximas y mínimas respectivamente; mientras que en el presente estudio se obtuvo como resultado que la temperatura superficial terrestre máxima tuvo un incremento de 2.8°C y que su temperatura superficial terrestre mínima tuvo un descenso de -0.26°C durante su período de estudio.

De acuerdo a los resultados obtenidos de la presente investigación coincide con lo obtenido en el estudio realizado por Díaz Aguilar et al. (2017) en el que realiza un análisis multitemporal de los nevados Allin Capac y Chichi Capac, entre los años 1975 y 2015, este análisis comparó el retroceso en los diferentes siglos que representa este estudio, se concluyó que el siglo actual presenta mayor incidencia

en el retroceso de los glaciares de montaña, este estudio se sustenta en la reducción del área glaciar en estos últimos ocho años pertenecientes al siglo XXI, hacen uso de imágenes Landsat 8, con la diferencia que adicionalmente utilizaron imágenes de los sensores Landsat 2,5 y 7 para el análisis de los años anteriores al 2013, a su vez utilizaron el Índice Diferencial Normalizado de Nieve (NDSI) para la delimitación de nieve el cual es aplicado también en este estudio para la obtención de la temperatura y el área, pero con la diferencia en el procesamiento adicional combinando la banda pancromática con corrección de reflectancia que brindó un pixelado con resolución de (15x15) y corregido atmosféricamente, mejorando la calidad visual del área de estudio, Como resultado Díaz Aguilar et al. (2017) presentaron una reducción del área glaciar de 35.6 km² desde su línea base en 1975, en este trabajo de investigación se obtuvo un retroceso de 28.93 km² desde el 2013 al 2021 dando como evidencia un aceleramiento considerable en la pérdida de cobertura glaciar en la última década. Este método que se empleó, ha demostrado una confiabilidad perdurable a través del tiempo ya que diversos estudios aplicaron el análisis multitemporal para conocer el área de pérdida existente entre sus años de estudio.

Este procesamiento tuvo como debilidad la muestra 2 correspondiente al 2016 la cual de acuerdo al último inventario hecho en el 2018 presentó una extensión de 101 km² para el año 2016 (INAIGEM, 2018), donde después de haber realizado el poligonizado final se obtuvo una extensión de 88.46km² dando una diferencia considerable entre ambas muestras; esta diferencia se justificó con el trabajo de campo realizado por esta entidad, al tener visitas de campo en toda la extensión de la cordillera se interpretó de mejor manera la cobertura glaciar en zonas con presencia de sombras.

Las imágenes del satélite Landsat 8 fueron utilizadas en el estudio del retroceso glaciar debido a que cuentan con las bandas termales 10 (TIRS 1) y 11 (TIRS2) que sirvió para determinar la temperatura superficial terrestre. (Ruiz Pereira y Veettil, 2019) compararon sus resultados del procesamiento mediante el índice diferencial normalizado de nieve (NDSI) haciendo uso de imágenes Landsat 5,7 y 8 con imágenes del satélite Sentinel 2A, demostrando que, para calcular el área de pérdida, las imágenes Sentinel 2A tienen mejor proyección debido al tamaño del

pixel (10;10) reclasificando el espectro visible en valores más admisibles y reduciendo el tiempo de post procesamiento en la etapa de gabinete. Al no contar con bandas termales se imposibilita el estudio de temperatura en la superficie, la cual denota la importancia de utilizar ambos satélites diferenciando su enfoque tanto para la temperatura y el área.

De acuerdo a los resultados para estimar mediante el modelo de regresión lineal para conocer el área glaciar de los nevados ubicados en la cuenca de la cordillera Vilcabamba para el año 2030, fue similar al estudio realizado por Alva Huayaney y Ramos Alonzo (2018) que tuvo como objetivo determinar la dinámica del área glaciar de los nevados Collquepucre, Llongote, Pariacaca y Ticcla usando imágenes satelitales del periodo 1990 al 2015, en el cual en su procedimiento demostró la correlación entre los datos de la cobertura glaciar y el tiempo en años dando un valor de correlación de 0.93 mientras que para esta investigación se obtuvo una correlación de 0.88 para luego aplicar la ecuación de regresión lineal simple para poder estimar el área glaciar con proyección al 2030.

Los resultados de la estimación del área glaciar de los nevados ubicados en la cordillera de Vilcabamba fueron satisfactorios; estos cálculos a comparación de lo realizado Alva Huayaney y Ramos Alonzo (2018) es similar debido a que se debió conocer su R^2 para saber la buena correlación entre las variables de área y tiempo. Otro estudio fue el realizado por Calizaya Llatasi (2018) que trata sobre el modelado de la desglaciación de los nevados de la cuenca del río Santa; no obstante, en su procedimiento para determinar el análisis estadístico de correlación se usaron cuatro métodos (DCCA, Pearson, Kendall y Spearman) para modelar la escorrentía de fusión de nieve bajo escenarios de cambio climático para los años 2030, 2050 y 2080 en la cuenca del Río Santa, en el que tuvo como conclusión que al aplicar los cuatro métodos de correlación para su análisis entre los años 2000 al 2017 se pudo ver el comportamiento entre los datos de temperatura, precipitación y el área de cobertura para así poder realizar las estimaciones para los años futuros.

En este estudio, al aplicar el modelo de ecuación de regresión lineal simple uno de los errores fue la falta de más datos para realizar el análisis porque la correlación de las variables no fue cercano al número 1. Esto ocurre tanto con las estimaciones

de la cobertura glaciar, las temperaturas superficiales terrestres máximas y mínimos.

El análisis multitemporal mostró la relación que existe entre la temperatura superficial terrestre mínima y máxima, el área de cobertura glaciar en el período de 2013 a 2021 y una estimación de cobertura glaciar aproximada proyectada al 2030 de la cordillera Vilcabamba aplicado a las 5 submuestras obteniendo como resultados globales un aumento de 3.02°C en su temperatura máxima y un descenso de -0.26°C en su temperatura mínima contando con una reducción de 28.93km^2 en su extensión total en los últimos 8 años. Como resultado Alva Huayaney y Ramos Alonzo (2018) en su análisis multitemporal aplicando un intervalo de 5 años en el periodo de 1990 al 2015 registraron un aumento en la temperatura anual de 0.9°C presentando una reducción del área de 21.5km^2 en los nevados Collquepucre Llongote, Pariacaca y Ticcla, estos nevados presentaron un retroceso uniforme, a diferencia de esta investigación donde el nevado Coisopacana presentó un comportamiento de ganancia de 0.26km^2 , pero cabe resaltar a los nevados Choquezafra, Chuqitakarpu, Saksarayoq, Wamantay y Salkantay con áreas de pérdida mayores a 4km^2 siendo estos los de mayor significancia en el cálculo del área glaciar total, es decir que estas superficies glaciares están condicionadas a condiciones térmicas del suelo que pueden provocar un incremento en su periodo de formación o retroceso en su zona de ablación (Ruiz Pereira y Veettil, 2019).

Para la estimación de pérdida de cobertura glaciar se obtuvo como resultado una cobertura de 48.92 km^2 proyectado al 2030 mientras que Alva Huayaney y Ramos Alonzo, (2018) estimaron en su investigación que los nevados convergentes en la cuenca del río cañete desaparecerían para el 2076, se hizo uso de la ecuación de regresión lineal en ambas investigaciones para la estimación a futuro denotando la validez y confiabilidad de ese proceso.

En el estudio realizado por Calizaya Llatasi (2018) estimó mediante 3 parámetros (temperatura, precipitación y área) la influencia que tiene el retroceso glaciar en la sub cuenca Alto Santa, cabe resaltar que en este estudio se despreció este parámetro debido a las dificultades en la obtención de dichos datos.

VI CONCLUSIONES

La cordillera Vilcabamba sufrió distorsiones en su temperatura superficial terrestre ocasionadas por el cambio climático, presentando variaciones en la temperatura máxima y mínima donde se obtuvo una relación con el área de pérdida glaciaria entre el periodo de 2013 al 2021, fue validado con la ecuación de regresión lineal simple, además de estimar el retroceso glaciario con proyección al 2030.

En el 2013 la cordillera presentó una temperatura mínima media de -0.09°C y una temperatura máxima media de 10.82°C , en tanto que para el año 2016 fueron de -6.43°C y 13.10°C , en el 2016 fueron de -4.95°C y 15.98°C y en el 2021 fueron de -9.35°C y 13.62°C ; en este periodo (2013 – 2021) los nevados en la cordillera tuvieron un incremento de 0.26°C y 2.81°C en sus temperaturas mínimas y máximas respectivamente

Se evaluó el retroceso glaciario en el periodo de 2013 al 2021 para toda la cordillera de Vilcabamba. Los resultados muestran que el área glaciaria disminuyó en 28.93 km^2 . De toda la muestra solo el nevado Coisopacana presentó una ganancia de 0.26 km^2 de área glaciaria respecto a su línea base, mientras que el resto de nevados presentaron reducciones considerables destacando a los nevados Choquezafra, Chuqitakarpu, Saksarayoc, Wamantay y Salkantay con áreas de pérdida mayores a 4 km^2 .

De acuerdo a los datos que se obtuvieron de la regresión lineal se estimó que para el año 2030 la temperatura superficial máxima y mínima media será de 18.91°C y -6.42°C respectivamente, contando con un área de cobertura glaciaria aproximada de 48.92 km^2 .

VII RECOMENDACIONES

Recopilar datos de estaciones meteorológicas en cada zona para conocer su línea de equilibrio en los diferentes cuerpos glaciares que componen la cordillera Vilcabamba.

Realizar trabajo de campo para conocer de manera más detallada la cobertura de nieve en cada glaciar, debido al alcance y tamaño de nuestra área de estudio se hizo inviable la visita de campo a todos los glaciares por lo que se recomienda realizar estudios enfocados a un solo glaciar o glaciares que converjan en una sola cuenca y/o que tengan comportamientos similares frente al cambio climático.

Utilizar imágenes con un porcentaje menor a 10% de nubosidad, para evitar falsos resultados.

Aplicar otros programas de georreferenciación que son de libre acceso enfocados al estudio del medio ambiente, como Qgis, Google Earth Engine y Rstudio.

Hacer uso de diferentes imágenes satelitales obtenidas de otro satélite como el Sentinel 2A

REFERENCIAS

- ALVA HUAYANEY, Miguel y RAMOS ALONZO, Robert, Evolución de los glaciares de los nevados Collquepucre, Llongote, Pariacaca y Ticla en la cuenca del río Cañete. *Investigaciones Sociales* [en línea], 2018. vol. 21, no. 38, pp. 97-106. ISSN 1818-4758. DOI 10.15381/is.v21i38.14219. Disponible en:
<http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/sociales/article/view/14219>.
- ARIZA, Alexander, Descripción y Corrección de Productos Landsat 8 LDCM (Landsat Data Continuity Mission). *INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI* [en línea], 2013. no. February. DOI 10.13140/RG.2.2.21308.44167. Disponible en: <https://landsat.gsfc.nasa.gov>.
- ARTUNDUAGA LÓPEZ, Juan Pablo, JARAMILLO-JUSTINICO, Alexis, SALAZAR-URIBE, Juan Carlos, MAZO-LOPERA, Mauricio Alejandro y RODRÍGUEZ-CORTÉS, Francisco Javier, Una metodología para análisis de impactos ambientales en regiones de offshore. Ejemplo de caso territorios marinos profundos frente a la costa del departamento de Córdoba Colombia. *DYNA* [en línea], 2020. vol. 87, no. 213, pp. 222-231. ISSN 2346-2183. DOI 10.15446/dyna.v87n213.83380. Disponible en:
<https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/83380>.
- AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA - ANA, Retroceso glaciar en la Cordillera Blanca 1948 - 2018. *Autoridad Nacional del Agua (ANA)* [en línea], 2019. pp. 52. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12543/3770>.
- AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA - ANA y GONZÁLES LIZARME, Gilber, Retroceso glaciar en el Perú 1948-2019, impactos en el recurso hídrico. *Autoridad Nacional del Agua (ANA)* [en línea], 2020. pp. 29. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12543/4551>.
- AUTORIDAD NACIONAL DEL ANA - ANA, Inventario de Glaciares en el Perú. II Actualización. *MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA DIRECCION DE CONSERVACION Y PLANEAMIENTO DE RECURSOS HIDRICOS* [en línea], 2014. pp. 56. Disponible en: http://ponce.sdsu.edu/INVENTARIO_GLACIARES_ANA.pdf.
- BÁRCENA, Alicia, SAMANIEGO, Joseluis, PERES, Wilson y ALATORRE, José

- E., 2020. *La emergencia del cambio climático en América Latina y el Caribe ¿Seguimos esperando la catástrofe o pasamos a la acción?* S.l.: s.n. ISBN 9789210586078.
- CALIZAYA LLATASI, Elmer Elio, *MODELAMIENTO DE LA DESGLACIACIÓN DE LOS NEVADOS DE LA CUENCA DEL RIO SANTA Y SU IMPACTO EN LOS RECURSOS HÍDRICOS* [en línea]. S.l.: UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA. 2018. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12996/3793>.
- CUADROS DÍAZ, Sandra Flor, *Estimación de la pérdida del área glaciar en la cuenca de la laguna Parón – Parque Nacional Huascarán (Cordillera Blanca)* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional Agraria La Molina. 2018. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12996/3835>.
- DÍAZ AGUILAR, Renny Daniel, SANCHEZ LARICO, Samanta Vanesa, LUJANO LAURA, Efrain y LUJANO LAURA, Apolinario, Análisis multi-temporal entre 1975 y 2015 sobre cambios de la cobertura glaciar en los nevados Allin Capac y Chichi Capac, Perú. *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research* [en línea], 2017. vol. 19, no. 3, pp. 265-274. ISSN 23068582. DOI 10.18271/ria.2017.291. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/ria/v19n3/a04v19n3.pdf>.
- DÍAZ CORDERO, Gerarda, El Cambio Climático. *Ciencia y Sociedad* [en línea], 2012. vol. 37, no. 2, pp. 227-240. Disponible en: <https://unhabitat.org/topic/climate-change>.
- DIOSES CARDENAS, Alexander, *Dinámica de la cobertura glaciar del nevado Huascarán y de las lagunas glaciares adyacentes entre 1990 y el 2017 mediante la teledetección* [en línea]. S.l.: Universidad César Vallejo. 2017. Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/27098>.
- DURÁN ALARCÓN, Claudio, GEVAERT, Caroline M., MATTAR, Cristian, JIMÉNEZ MUÑOZ, Juan C., PASAPERA GONZALES, José J., SOBRINO, José A., SILVIA VIDAL, Yamina, FASHÉ RAYMUNDO, Octavio, CHAVEZ ESPIRITU, Tulio W. y SANTILLAN PORTILLA, Nelson, Recent trends on glacier area retreat over the group of Nevados Caullaraju-Pastoruri (Cordillera Blanca, Peru) using Landsat imagery. *Journal of South American Earth Sciences* [en línea], 2015. vol. 59, pp. 19-26. ISSN 08959811. DOI

- 10.1016/j.jsames.2015.01.006. Disponible en:
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0895981115000140>.
- FOLLANOS MOLERO, Alexandra. y SARMIENTOS FUENTES, Joaquín Alejandro, *Evaluación de la regresión glaciar de los nevados Salkantay y Veronica mediante el análisis multi-temporal entre los años 1990- 2020*, Cusco [en línea]. S.l.: Universidad César Vallejo. 2020. Disponible en:
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/60800>.
- GALLEGOS CASTRO, Elvia, BRITO CHASILUISA, Cornelia, SERRANO GINÉ, David y GALÁRRAGA SÁNCHEZ, Remigio, Análisis de la variación temporal y espacial de la cobertura glaciar del nevado cayambe, ecuador, mediante fotografías aéreas e imágenes landsat. *GeoFocus. Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica* [en línea], 2018. vol. 22, no. 1578-5157, pp. 97-113. Disponible en:
<http://www.geofocus.org/index.php/geofocus/article/view/577/469>.
- GANCEDO ALONSO, Unai, Evolución del Balance de Masas y Retroceso Glaciar en el Nevado Artesonraju (Cordillera Blanca , Perú). *Universidad del País Vasco* [en línea], 2018. Disponible en:
<https://addi.ehu.eus/handle/10810/30075>.
- GONZÁLEZ PÁEZ, Lucila Blanca y ANDRÉS GARCÍA, Carlos, *Análisis Multitemporal del retroceso glaciar* [en línea]. S.l.: UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS. 2016. Disponible en:
<http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/3508/1/1.%2520AN%25C3%2581LISIS%2520MULTITEMPORAL%2520DEL%2520RETROCESO%25200GLACIAR%2520EN%2520LA%2520SIERRA%2520NEVADA%2520DE%2520SANTA%2520MARTA%2520%25E2%2580%2593%2520COLOMBIA-%2520PARA%2520LOS%2520P>.
- HERNANDEZ SAMPIERI, Roberto, FÉRNANDEZ COLLADO, Carlos y BAPTISTA LUCIO, Pilar, 2014. *Metodología de la investigación*. 6ta. México: s.n. ISBN 9788578110796.
- INAIGEM, Informe de la Situación de los Glaciares y Ecosistemas de Montaña 2017. *Repositorio Institucional - ANA* [en línea], 2017. pp. 124. Disponible en:
<https://hdl.handle.net/20.500.12543/4601>.
- INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN EN GLACIARES Y ECOSISTEMAS

- DE MONTAÑA - INAIGEM, Informe Técnico N° 06 Glaciar Sullcón. *Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña* [en línea], 2016. pp. 34. Disponible en:
<https://repositorio.inaigem.gob.pe/handle/16072021/202>.
- INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN EN GLACIARES Y ECOSISTEMAS DE MONTAÑA - INAIGEM, Informe de la Situación de los Glaciares y Ecosistemas de Montaña 2018. *INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN EN GLACIARES Y ECOSISTEMAS DE MONTAÑA*, 2018. pp. 1-145.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC), Impacts of 1.5°C Global Warming on Natural and Human Systems. *Global Warming of 1.5°C*, 2022. pp. 175-312. DOI 10.1017/9781009157940.005.
- KOZHICKODAN VEETIL, Bijesh, PEREIRA, Sebastián Felipe Ruiz, WANG, Shanshan, VALENTE, Pedro Teixeira, GRONDONA, Atilio Efrain Bica, RONDÓN, Adriana Coromoto Becerra, REKOWSKY, Isabel Cristiane, DE SOUZA, Sergio Florêncio, BIANCHINI, Nilceia, BREMER, Ulisses Franz y SIMÕES, Jefferson Cardia, Un análisis comparativo del comportamiento diferencial de los glaciares en los Andes Tropicales usando teledetección. *Investigaciones Geográficas*, 2016. vol. 36, no. 51, pp. 3. ISSN 0718-9575. DOI 10.5354/0719-5370.2016.41215.
- MARTÍN MORENO, Raúl y ALLENDE ÁLVAREZ, Fernando, Little Ice Age glacier extension and retreat in Spitsbergen Island (High Arctic, Svalbard Archipelago). *Cuadernos de Investigación Geográfica* [en línea], 2016. vol. 42, no. 2, pp. 383-398. ISSN 1697-9540. DOI 10.18172/cig.2919. Disponible en: <https://publicaciones.unirioja.es/ojs/index.php/cig/article/view/2919>.
- MINISTERIO DEL AMBIENTE - MINAM, [sin fecha]. ¿Qué es el Cambio Climático? 10 claves para entenderlo. [en línea]. Disponible en: <https://www.minam.gob.pe/somoscop20/que-es-el-cambio-climatico-10-claves-para-entenderlo/>.
- MONJARÁS ÁVILA, Ana J., BAZÁN SUÁREZ, Ana K., PACHECO MARTÍNEZ, Zaida K., RIVERA GONZAGA, José A., ZAMARRIPA CALDERÓN, Juan E. y CUEVAS SUÁREZ, Carlos E., Diseños de investigación - Research designs. *Educación y Salud Boletín Científico Instituto de Ciencias de la Salud*

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo [en línea], 2019. vol. 8, no. 15, pp. 119-122. Disponible en:
<https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/ICSA/article/view/4908/6895>.

MONTERROSO TOBAR, Mario Fernando, LONDOÑON BONILLA, Jhon Makario y SANSONOV, Sergey, Estimación del retroceso glaciar en los volcanes Nevado del Ruiz, Tolima y Santa Isabel, Colombia a través de imágenes ópticas y Din-SAR. *DYNA* [en línea], 2018. vol. 85, no. 206, pp. 329-337. ISSN 2346-2183. DOI 10.15446/dyna.v85n206.66570. Disponible en:
<https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/66570>.

MORA, Juan Eduardo Gil, Retroceso Glaciar y Cambio Climático en los Andes Peruanos: Principales Impactos. , 2010. pp. 1-9.

MYLES R., Allen, DUBE, O.P., SOLECKI, W., ARAGÓN-DURAND, F., CRAMER, W., HUMPHREYS, S., KAINUMA, M., KALA, J., MAHOWALD, N., MULUGETTA, Y., PEREZ, R. y M. WAIRIU, A., 2018. *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change*,. S.l.: s.n. ISBN 9789291693511.

PANDO, Marco Ugarte y GARCIA, Hoberayan Cana, Analisis Multitemporal del Retroceso Glaciar en el Nevado Salkantay de la cuenca del Río Ahobamba, Cusco - Perú. , 2014. pp. 1-8.

PRATIBHA, S. y KULKARNI, Anil V, Monitoring of Supraglacial Debris Cover in Baspa Basin, Western Himalaya. *Divecha Centre for Climate change, Indian Institute of Science* [en línea], 2017. pp. 26-27. Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/312919576_Monitoring_Evolution_of_Supraglacial_Debris_Cover_in_Baspa_Basin_Western_Himalaya?channel=doi&linkId=5889dbeea6fdcc9a35c3b9a6&showFulltext=true.

RÁEZ LUNA, Ernesto F., Cambio climático en el Perú: Contribuciones nacionales, su definición y estado de avance. *Movimiento Ciudadano frente al Cambio Climático (Mocicc)* [en línea], 2019. Disponible en:
<https://hdl.handle.net/20.500.12543/4776>.

ROJAS ACUÑA, Joel y TORDOCILLO PUCHUC, Juvenal, Estimación del Área de

- la Superficie y el Cambio de Volumen del Glaciar del Nevado Champará (Cordillera Blanca, Perú) a partir de las Imágenes y los Modelos de Elevación Digital del Sensor ASTER / Terra (2000-2010). *Revista de Glaciares y Ecosistemas de Montaña* [en línea], 2018. vol. 4, no. 4, pp. 23-42. DOI 10.36580/rgem.i4.23-42. Disponible en:
<http://revista.inaigem.gob.pe/index.php/RGEM/article/view/32>.
- ROY GARCÍA, Ivonne, RIVAS RUIZ, Rodolfo, PÉREZ RODRÍGUEZ, Marcela y PALACIOS CRUZ, Lino, Correlation: not all correlation entails causality. *Revista alergía Mexico (Tecamachalco, Puebla, Mexico : 1993)* [en línea], 2019. vol. 66, no. 3, pp. 354-360. ISSN 0002-5151. DOI 10.29262/ram.v66i3.651. Disponible en:
<http://revistaalergia.mx/ojs/index.php/ram/article/view/651>.
- RUIZ PEREIRA, Sebastian Felipe y VEETIL, Bijeeesh Kozhikkodan, Glacier decline in the Central Andes (33°S): Context and magnitude from satellite and historical data. *Journal of South American Earth Sciences* [en línea], 2019. vol. 94, pp. 102249. ISSN 08959811. DOI 10.1016/j.jsames.2019.102249. Disponible en:
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0895981119301026>.
- SANDEEP, K., PANICKER, A.S., GAUTAM, Alok Sagar, BEIG, G., GANDHI, Naveen, S, Sanjeev, SHANKAR, R. y NAINWAL, H.C., Black carbon over a high altitude Central Himalayan Glacier: Variability, transport, and radiative impacts. *Environmental Research*, 2022. vol. 204. ISSN 10960953. DOI 10.1016/j.envres.2021.112017.
- SCHAUWECKER, S., ROHRER, M., ACUÑA, D., COCHACHIN, A., DÁVILA, L., FREY, H., GIRÁLDEZ, C., GÓMEZ, J., HUGGEL, C., JACQUES-COPER, M., LOARTE, E., SALZMANN, N. y VUILLE, M., Climate trends and glacier retreat in the Cordillera Blanca, Peru, revisited. *Global and Planetary Change* [en línea], 2014. vol. 119, pp. 85-97. ISSN 09218181. DOI 10.1016/j.gloplacha.2014.05.005. Disponible en:
<http://dx.doi.org/10.1016/j.gloplacha.2014.05.005>.
- SILVERIO, Walter, Impacto del cambio climático en la Cordillera Blanca - Perú. [en línea], 2016. pp. 135-138. Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/320196748_Climate_change_impact

_in_Cordillera_Blanca_-_Peru/references.

VEETTIL, Bijeesh Kozhikkodan y KAMP, Ulrich, Global disappearance of tropical mountain glaciers: Observations, Causes, and Challenges. *Geosciences (Switzerland)*, 2019. vol. 9, no. 5, pp. 1-25. ISSN 20763263. DOI 10.3390/geosciences9050196.

ZHANG, Jing, JIA, Li, MENENTI, Massimo, ZHOU, Jie y REN, Shaoting, Glacier Area and Snow Cover Changes in the Range System Surrounding Tarim from 2000 to 2020 Using Google Earth Engine. En: s2021,13, 5117.

<https://www.mdpi.com/journal/remotesensing>, *Remote Sensing* [en línea], 2021. vol. 13, no. 24, pp. 24. ISSN 2072-4292. DOI 10.3390/rs13245117.

Disponible en: <https://www.mdpi.com/2072-4292/13/24/5117>.

ANEXOS

ANEXO 1: Cuadro de operacionalización de variables

Modelado por teledetección entre 2013 y 2021 del retroceso glaciar como consecuencia del cambio climático en la Cordillera Vilcabamba					
Variable de Estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Escala de medición	Indicadores
Cambio Climático	<p>(Díaz, 2012) define el “cambio climático” como un cambio de clima atribuido directa o indirectamente de la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observado durante períodos de tiempos comparables.</p>	<p>La variable del cambio climático se medirá mediante sus dimensiones mencionadas.</p>	Variabilidad térmica	Razón	Temperatura máxima
					Temperatura mínima
Retroceso glaciar	<p>Por efectos del incremento de las temperaturas producido por los cambios climáticos globales y otros factores antrópicos, los glaciares en todo el mundo están en un franco proceso de recesión, expresado nítidamente por el retroceso de los frentes glaciares (Morales B., 2013).</p>	<p>La variable del retroceso glaciar se medirá mediante su área de retroceso glaciar y su modelo de ecuación que nos permitirá predecir el futuro retroceso.</p>	Área de retroceso glaciar	Razón	Tasa perdida
				Razón	Área
			Modelado determinístico (Regresión lineal)	Razón	Ecuación: $Y = a + bx$
				Razón	Estimación del área de la cobertura glaciar (2030)
				Razón	Estimación de la Temperatura mínima (2030)
Razón	Estimación de la Temperatura máxima (2030)				

ANEXO 2: Instrumentos de recolección de datos



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dra. Aylas Humareda, Maria Del Carmen
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad Cesar Vallejo
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Gestión de Riesgos y Adaptación al Cambio Climático
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Recolección de Datos de Imágenes Satelitales
- 1.5. Autores de Instrumento: Calderon Hernandez Jhonatan Junior, Mora Perez Wilfredo

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 15 de julio del 2022


 AYLAS HUMAREDA MARIA DEL CARMEN
 CIP. N° 85149

DNI No: 07733045 Telf: 990127799

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Pillpa Aliaga, Freddy
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad Cesar Vallejo
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Gestión de Riesgos y Adaptación al Cambio Climático
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Recolección de Datos de Imágenes Satelitales
- 1.5. Autores de Instrumento: Calderon Hernandez Jhonatan Junior, Mora Perez Wilfredo

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 15 de julio del 2022

Firmado digitalmente por
 Freddy Pillpa Aliaga
 Nombre de reconocimiento
 (DN): cn=Freddy Pillpa Aliaga,
 o=Colegio de Ingenieros del
 CIP 196890=Universidad Cesar Vallejo,
 email=f.pillpa@ucvvirtual.edu.pe, c=PE
 Fecha: 2021.07.19 15:39:03 -05'00'

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Castro Tena, Lucero Katherine
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad Cesar Vallejo
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Gestión de Riesgos y Adaptación al Cambio Climático
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Recolección de Datos de Imágenes Satelitales
- 1.5. Autores de Instrumento: Calderon Hernandez Jhonatan Junior, Mora Perez Wilfredo

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

95%

Lima, 03 de julio del 2022


 LUCERO KATHERINE CASTRO TENA
 DNI: 70837735
 CI P: 162994
FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 CIP 162994
 DNI No 70837735 Telf.: 979705110



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

REGISTRO DE IMÁGENES SATELITALES

Fecha:

Lugar de trabajo

Cordillera Vilcabamba

Plataforma de descarga/Sensor

Imagen
satelital

Fecha de adquisición

Nubosidad Terrestre

Proyección

USGS / OLI-TIRS

Landsat 8

27/06/2013 – 21/08/2013

2.68% - 23.61%

UTM

USGS / OLI-TIRS

Landsat 8

03/06/2016 – 12/07/2016

20% - 10.49%

UTM

USGS / OLI-TIRS

Landsat 8

15/08/2019 – 06/08/2019

12.18% - 0.72%

UTM

USGS / OLI-TIRS

Landsat 8

03/07/2021 – 10/07/2021

2.23% - 16.61%

UTM

AYLAS HUMAREDA MARIA DEL CARMEN
CIP. N° 55149

Firmado digitalmente por
Freddy Pillpa Aliaga
Nombre de reconocimiento
(DN): cn=Freddy Pillpa Aliaga,
o=Colegio de Ingenieros del
Perú, ou=CIP: 196897,
email=fpillpaa@gmail.com,
c=PE
Fecha: 2021.12.14 15:46:53
-05'00'

LUCERO KATHERINE CASTRO TENA
DNI: 70837735
CIP: 162994

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO
I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dra. Aylas Humareda, Maria Del Carmen
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad Cesar Vallejo
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Gestión de Riesgos y Adaptación al Cambio Climático
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Recolección de Datos del Área de Cobertura Glaciar
- 1.5. Autores de Instrumento: Calderon Hernandez Jhonatan Junior, Mora Perez Wilfredo

V. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

VI. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

VII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 15 de julio del 2022



AYLAS HUMAREDA MARIA DEL CARMEN
 CIP. N° 85149

DNI No: 07733045 Telf.: 990127799

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO
I. DATOS GENERALES

- 1.6. Apellidos y Nombres: Pillpa Aliaga, Freddy
- 1.7. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad Cesar Vallejo
- 1.8. Especialidad o línea de investigación: Gestión de Riesgos y Adaptación al Cambio Climático
- 1.9. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Recolección de Datos del Área de Cobertura Glaciar.
- 1.10. Autores de Instrumento: Calderon Hernandez Jhonatan Junior, Mora Perez Wilfredo

VIII. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

IX. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

X. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 15 de julio del 2022

Firmado digitalmente por
 Freddy Pillpa Aliaga
 Nombre de reconocimiento
 (DN): cn=Freddy Pillpa Aliaga,
 o=Colegio de Ingenieros del
 INFORMANTE
 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 CIP 196890=Universidad Cesar Vallejo,
 email=f.pillpa@ucvvirtual.edu.pe,
 c=PE
 DNI No: 70298990 Teléfono: 042968686
 Fecha: 2021.07.19 15:39:03
 -05'00"

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.6. Apellidos y Nombres: Castro Tena, Lucero Katherine
 1.7. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad Cesar Vallejo
 1.8. Especialidad o línea de investigación: Gestión de Riesgos y Adaptación al Cambio Climático
 1.9. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Recolección de Datos del Área de Cobertura Glaciar
 1.10. Autores de Instrumento: Calderon Hernandez Jhonatan Junior, Mora Perez Wilfredo

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

95%

Lima, 3 de julio del 2022


 LUCERO KATHERINE CASTRO TENA
 DNI: 70837735
 CI P: 162994

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 CIP 162994
 DNI No 70837735 Telf.: 979705110



			SUB MUESTRA 1	ÁREA km ²	SUB MUESTRA 2	ÁREA km ²	SUB MUESTRA 3	ÁREA km ²	SUB MUESTRA 4	ÁREA km ²	SUB MUESTRA 5	ÁREA km ²	AREA TOTAL DE LA MUESTRA 1
MUESTRAS	MUESTRA 1	2013	Nevado Choquezafra	12.81	Nevado Chawpimayu	5.11	Nevado Quriwayrachina	13.34	Nevados Suray, Tukarway y Humantay	5.51	Nevado Ocobamba	3.37	
			Nevado Coisopacana	0.88	Nevados Chuqitakarpu y Saksarayoc	39.26	Nevado Kiswar	1.73	Nevado Pallkay	4.04	Nevado Huayanay y Esquina	0.45	
			Nevados sin nombre	2.12			Nevado Amparay	2.2	Nevados Wamantay y Salkantay	15.42	Nevado sin nombre	0.53	
			ÁREA TOTAL	15.81	ÁREA TOTAL	44.37	ÁREA TOTAL	17.27	ÁREA TOTAL	24.97	ÁREA TOTAL	4.35	
	MUESTRA 2	2016	Nevado Choquezafra	12.07	Nevado Chawpimayu	4.25	Nevado Quriwayrachina	10.23	Nevados Suray, Tukarway y Humantay	3.75	Nevado Ocobamba	2.81	AREA TOTAL DE LA MUESTRA 2
			Nevado Coisopacana	2.3	Nevados Chuqitakarpu y Saksarayoc	36.12	Nevado Kiswar	1.4	Nevado Pallkay	1.45	Nevado Huayanay y Esquina	0.58	
			Nevados sin nombre	1.5			Nevado Amparay	1.5	Nevados Wamantay y Salkantay	10.45	Nevado sin nombre	0.05	
			ÁREA TOTAL	15.87	ÁREA TOTAL	40.37	ÁREA TOTAL	13.13	ÁREA TOTAL	15.65	ÁREA TOTAL	3.44	
	MUESTRA	2019	Nevado Choquezafra	11.85	Nevado Chawpimayu	4.38	Nevado Quriwayrachina	10.84	Nevados Suray, Tukarway y Humantay	3.46	Nevado Ocobamba	3.19	AREA TOTAL DE LA MUESTRA 3

			Nevado Coisopacana	2.05	Nevados Chuqitakarpu y Saksarayoc	35.72	Nevado Kiswar	1.81	Nevado Pallkay	1.66	Nevado Huayanay y Esquina	0.33	
			Nevados sin nombre	1.7			Nevado Amparay	2.42	Nevados Wamantay y Salkantay	8.1	Nevado sin nombre	0.08	
			ÁREA TOTAL	15.6	ÁREA TOTAL	40.1	ÁREA TOTAL	15.07	ÁREA TOTAL	13.22	ÁREA TOTAL	3.6	87.59
MUESTRA 4	2021		Nevado Choquezafra	7.04	Nevado Chawpimayu	3.57	Nevado Quriwayrachina	10.62	Nevados Suray, Tukarway y Humantay	5.1	Nevado Ocobamba	2.03	AREA TOTAL DE LA MUESTRA 4
			Nevado Coisopacana	0.44	Nevados Chuqitakarpu y Saksarayoc	32.67	Nevado Kiswar	1.46	Nevado Pallkay	1.5	Nevado Huayanay y Esquina	0.35	
			Nevados sin nombre	1.14			Nevado Amparay	1.86	Nevados Wamantay y Salkantay	10.03	Nevado sin nombre	0.03	
			ÁREA TOTAL	8.62	ÁREA TOTAL	36.24	ÁREA TOTAL	13.94	ÁREA TOTAL	16.63	ÁREA TOTAL	2.41	77.84



AYLAS HUMAREDA MARIA DEL CARMEN
CIP. N° 55149



Firmado digitalmente por
Freddy Pillpa Aliaga
Nombre de reconocimiento
(DN): cn=Freddy Pillpa Aliaga,
o=Colegio de Ingenieros del
Perú, ou=CIP: 196897,
email=fpillpaa@gmail.com,
c=PE
Fecha: 2021.12.14 15:46:53
-05'00'



LUCERO KATHERINE CASTRO TENA
DNI: 70837735
CIP: 162994

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO
VIII. DATOS GENERALES

- 1.6. Apellidos y Nombres: Dra. Aylas Humareda, Maria Del Camen
 1.7. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad Cesar Vallejo
 1.8. Especialidad o línea de investigación: Gestión de Riesgos y Adaptación al Cambio Climático
 1.9. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Recolección de Datos de la Temperatura Superficial Terrestre
 1.10. Autores de Instrumento: Calderon Hernandez Jhonatan Junior, Mora Perez Wilfredo

IX. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

X. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

XI. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 15 de julio del 2022


AYLAS HUMAREDA MARIA DEL CARMEN
 CIP. N° 55149

DNI No: 07733045 Telf.: 990127799

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Pillpa Aliaga, Freddy
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad Cesar Vallejo
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Gestión de Riesgos y Adaptación al Cambio Climático
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Recolección de Datos de la Temperatura Superficial Terrestre.
- 1.5. Autores de Instrumento: Calderon Hernandez Jhonatan Junior, Mora Perez Wilfredo

V. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

VI. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

VII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 15 de julio del 2022

Firmado digitalmente por
 Freddy Pillpa Aliaga
 Nombre de reconocimiento
 (DN): cn=Freddy Pillpa Aliaga,
 o=Colegio de Ingenieros del
 Perú, c=PE

FIRMA DEL EXPERTO EN INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN

CIP 196309=Universidad Cesar Vallejo,
 DNI No: 70298990 - TEL: 011-99886880
 Fecha: 2021.07.19 15:39:03
 -05'00"

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Castro Tena, Lucero Katherine
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad Cesar Vallejo
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Gestión de Riesgos y Adaptación al Cambio Climático
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Recolección de Datos de la Temperatura Superficial Terrestre.
- 1.5. Autores de Instrumento: Calderon Hernandez Jhonatan Junior, Mora Perez Wilfredo

V. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

VI. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

VII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

95%

Lima, 3 de julio del 2022


 LUCERO KATHERINE CASTRO TENA
 DNI: 70837735
 CI P: 162994

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 CIP 162994
 DNI No 70837735 Telf.: 979705110



		SUB MUESTRA 1	TEMPERATURA SUPERFICIAL MIN. (°C)	TEMPERATURA SUPERFICIAL MAX. (°C)	SUB MUESTRA 2	TEMPERATURA SUPERFICIAL MIN. (°C)	TEMPERATURA SUPERFICIAL MAX. (°C)	SUB MUESTRA 3	TEMPERATURA SUPERFICIAL MIN. (°C)	TEMPERATURA SUPERFICIAL MAX. (°C)	SUB MUESTRA 4	TEMPERATURA SUPERFICIAL MIN. (°C)	TEMPERATURA SUPERFICIAL MAX. (°C)	SUB MUESTRA 5	TEMPERATURA SUPERFICIAL MIN. (°C)	TEMPERATURA SUPERFICIAL MAX. (°C)	
MUESTRAS	MUESTRA 1	2013	Nevado Choquezafra	-6.33	12.17	Nevados Chuqitakarpuy Saksarayoq	-13.84	10.68	Nevado Quriwaryachina	-10.42	10.38	Nevados Suray, Tukarway y Huamantay	-12.49	9.72	Nevado Ocobamba	-7.81	11.17
			Nevado Coisopacana	-0.29	12.34	Nevados Chawpi mayu	-10.02	8.08	Nevado Kiswar	-12.19	9.89	Nevados Wamantay y Salkantay	-15.73	9.55	Nevado Huayana y Esquina	-9.79	11.57
			Nevados sin nombre	-0.72	17.08				Nevado Amparay	-9.98	10.44	Nevado Pallkay	-9.93	10.35	Nevado sin nombre	-4.88	9.46
			Temperatura Superficial Promedio	-2.45°C	13.86°C	Temperatura Superficial Promedio	-11.93°C	9.38°C	Temperatura Superficial Promedio	-10.86°C	10.24°C	Temperatura Superficial Promedio	-12.72°C	9.87°C	Temperatura Superficial Promedio	-7.49°C	10.73°C
	MUESTRA 2	2016	Nevado Choquezafra	-7.77	13.06	Nevados Chuqitakarpuy Saksarayoq	-11.61	10.36	Nevado Quriwaryachina	-6.04	6.74	Nevados Suray, Tukarway y Huamantay	-7.65	14.02	Nevado Ocobamba	-0.5	11.01
			Nevado Coisopacana	-5.23	13.05	Nevados Chawpi mayu	-8.43	13.74	Nevado Kiswar	-8.59	14.61	Nevados Wamantay y Salkantay	-12.31	15.78	Nevado Huayana y Esquina	-3.86	15.11

MUESTRA 3	2019	Nevados sin nombre	-3.19	13.23				Nevado Amparaya	-4.58	14.54	Nevado Pallkay	-4.68	16.42	Nevado sin nombre	-2.01	12.71
		Temperatura Superficial Promedio	-5.40°C	13.11°C	Temperatura Superficial Promedio	-10.02°C	12.05°C	Temperatura Superficial Promedio	-6.40°C	11.96°C	Temperatura Superficial Promedio	-8.21°C	15.41°C	Temperatura Superficial Promedio	-2.12°C	12.94°C
		Nevado Choquezafra	-8.44	15.16	Nevados Chuqitakarpu y Saksarayoq	-10.00	18.15	Nevado Quriwarachina	-2.78	12.33	Nevados Suray, Tukarway y Huamantay	-5.21	16.02	Nevado Ocobamba	0.34	15.13
		Nevado Coisopacana	-5.65	15.26	Nevados Chawpi mayu	-4.72	13.24	Nevado Kiswar	-7.51	14.38	Nevados Wamantay y Salkantay	-10.17	15.88	Nevado Huayana y Esquina	-3.76	16.50
		Nevados sin nombre	-1.91	18.17				Nevado Amparaya	-3.61	15.22	Nevado Pallkay	-5.19	13.36	Nevado sin nombre	1.65	19.15
Temperatura Superficial Promedio	-5.33°C	16.20°C	Temperatura Superficial Promedio	-7.36°C	15.70°C	Temperatura Superficial Promedio	-4.63°C	13.98°C	Temperatura Superficial Promedio	-6.86°C	15.09°C	Temperatura Superficial Promedio	-0.59°C	16.93°C		
MUESTRA 4	2021	Nevado Choquezafra	-6.28	11.55	Nevados Chuqitakarpu y Saksarayoq	-15.98	10.37	Nevado Quriwarachina	-8.33	17.51	Nevados Suray, Tukarway y Huamantay	-11.32	12.49	Nevado Ocobamba	-5.40	4.39
		Nevado Coisopacana	-6.01	15.41	Nevados Chawpi mayu	-11.75	12.61	Nevado Kiswar	-11.97	17.02	Nevados Wamantay y	-15.64	17.29	Nevado Huayana y Esquina	-7.76	15.80

									Salkantay						
	Nevados sin nombre	-2.23	11.39				Nevado Amparaya	-8.31	17.45	Nevado Pallkay	-9.03	16.06	Nevado sin nombre	-6.37	13.52
	Temperatura Superficial Promedio	-4.84°C	12.78°C	Temperatura Superficial Promedio	-13.87°C	11.49°C	Temperatura Superficial Promedio	-9.54°C	17.33°C	Temperatura Superficial Promedio	-12.00°C	15.28°C	Temperatura Superficial Promedio	-6.51°C	11.24°C



AYLAS HUMAREDA MARIA DEL CARMEN
CIP. N° 55149

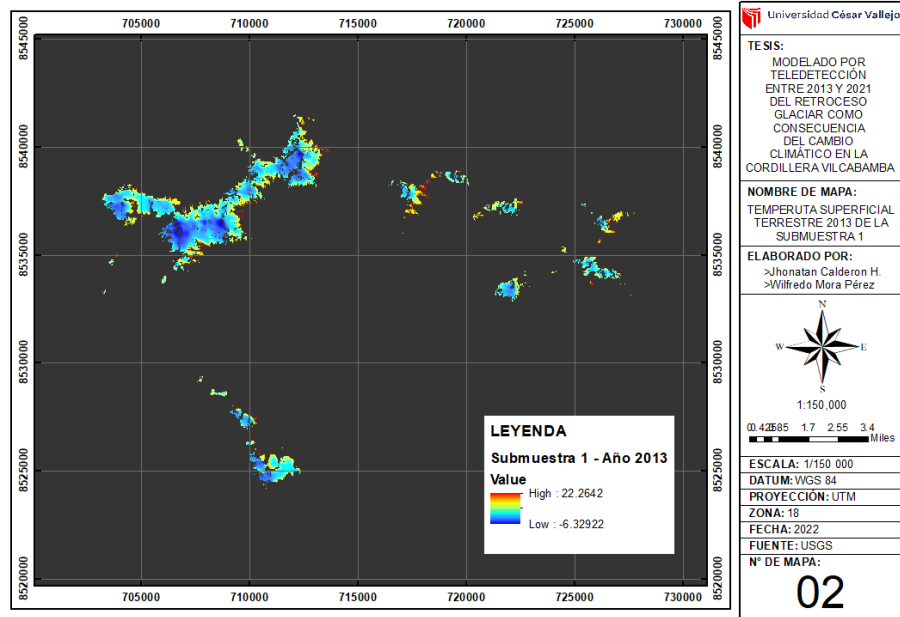


Firmado digitalmente por
Freddy Pillpa Aliaga
Nombre de reconocimiento
(DN): cn=Freddy Pillpa Aliaga,
o=Colegio de Ingenieros del
Perú, ou=CIP: 196897,
email=fpillpaa@gmail.com,
c=PE
Fecha: 2021.12.14 15:46:53
-05'00'

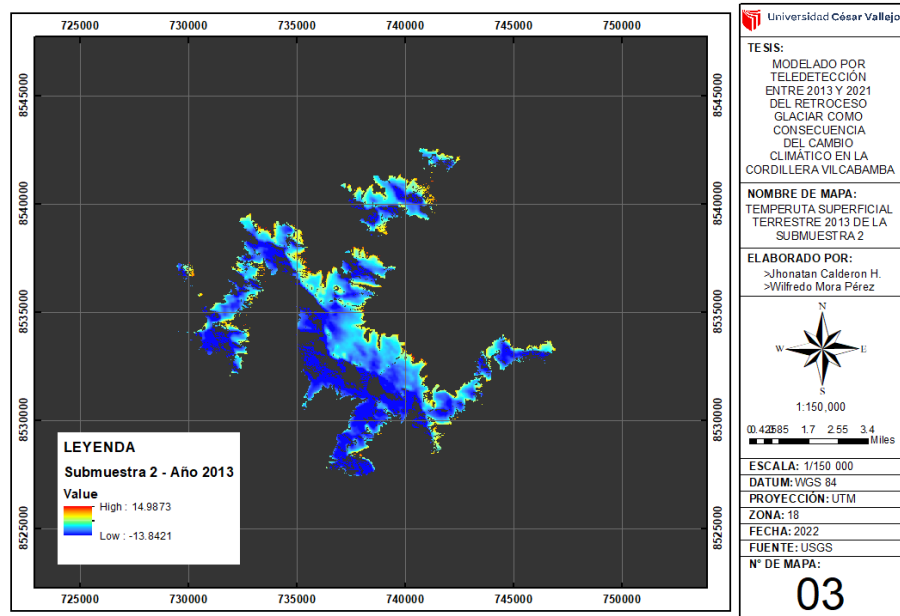


LUCERO KATHERINE CASTRO TENA
DNI: 70837735
CIP: 162994

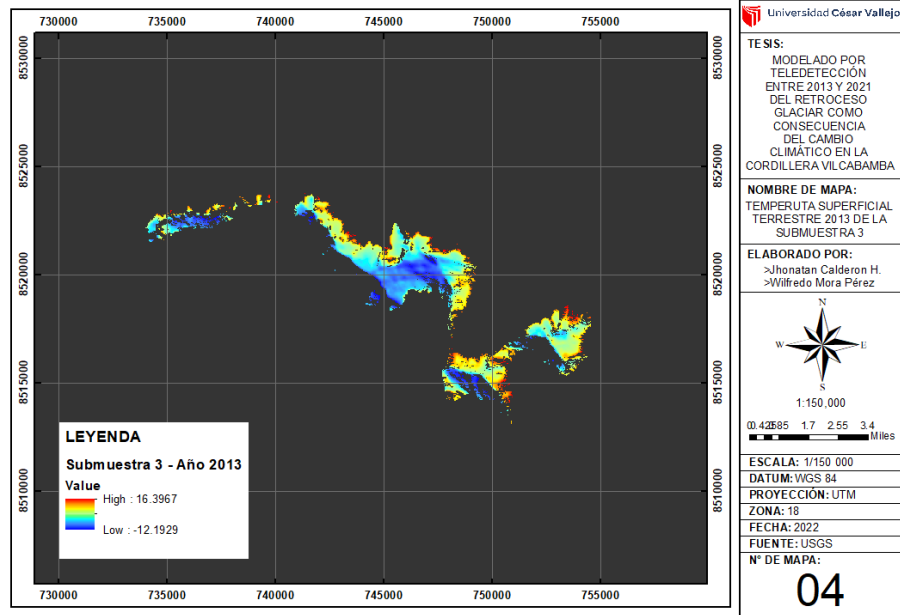
ANEXO 3: Temperatura Superficial Terrestre de la Submuestra 1 – año 2013



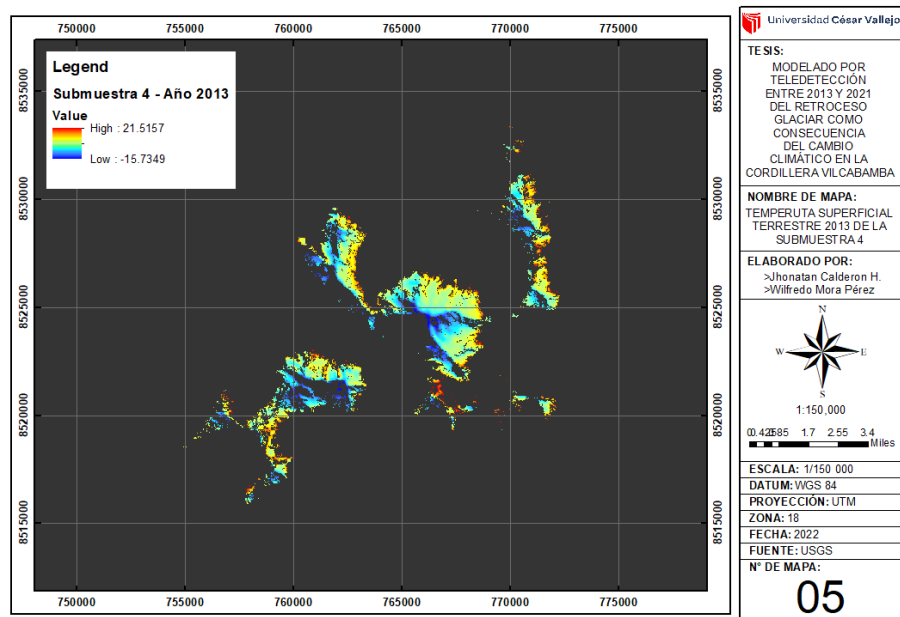
ANEXO 4: Temperatura Superficial Terrestre de la Submuestra 2 – año 2013



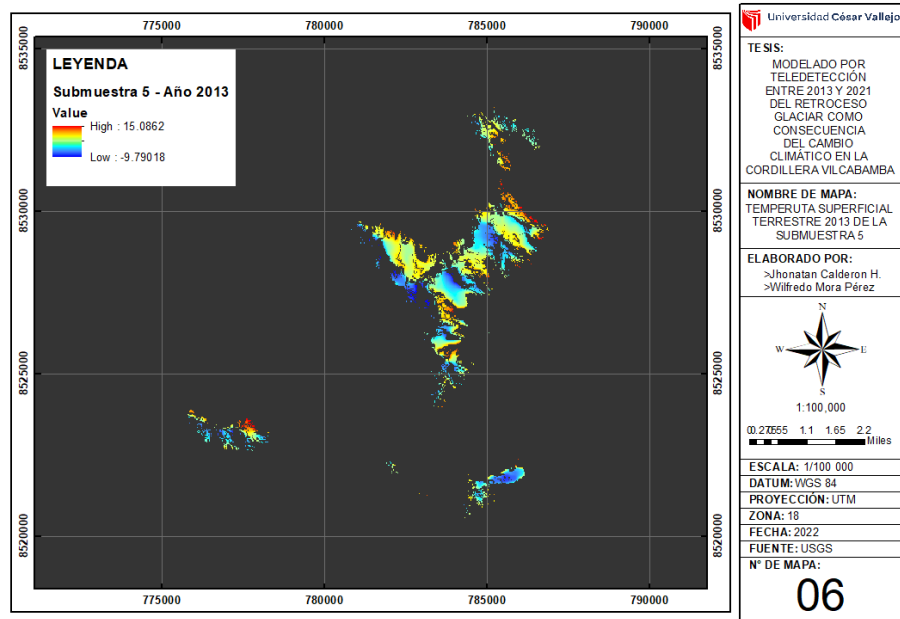
ANEXO 5: Temperatura Superficial Terrestre de la Submuestra 3 – año 2013



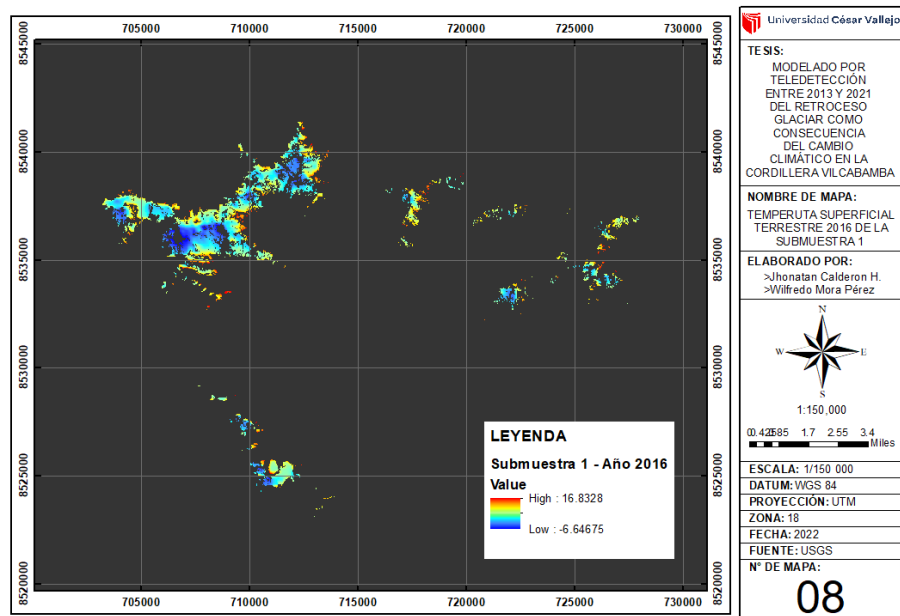
ANEXO 6: Temperatura Superficial Terrestre de la Submuestra 4 – año 2013



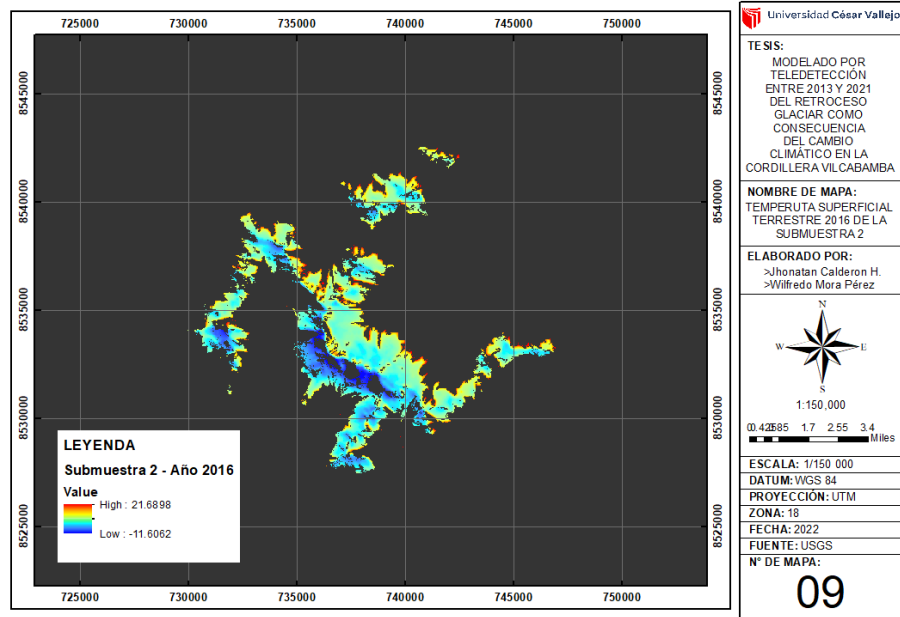
ANEXO 7: Temperatura Superficial Terrestre de la Submuestra 5 – año 2013



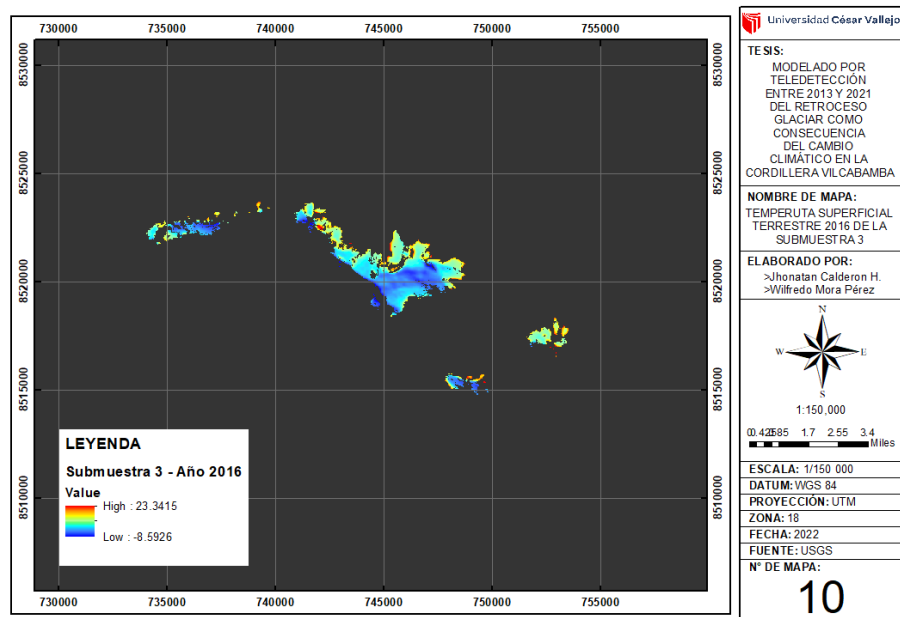
ANEXO 8: Temperatura Superficial Terrestre de la Submuestra 1 – año 2016



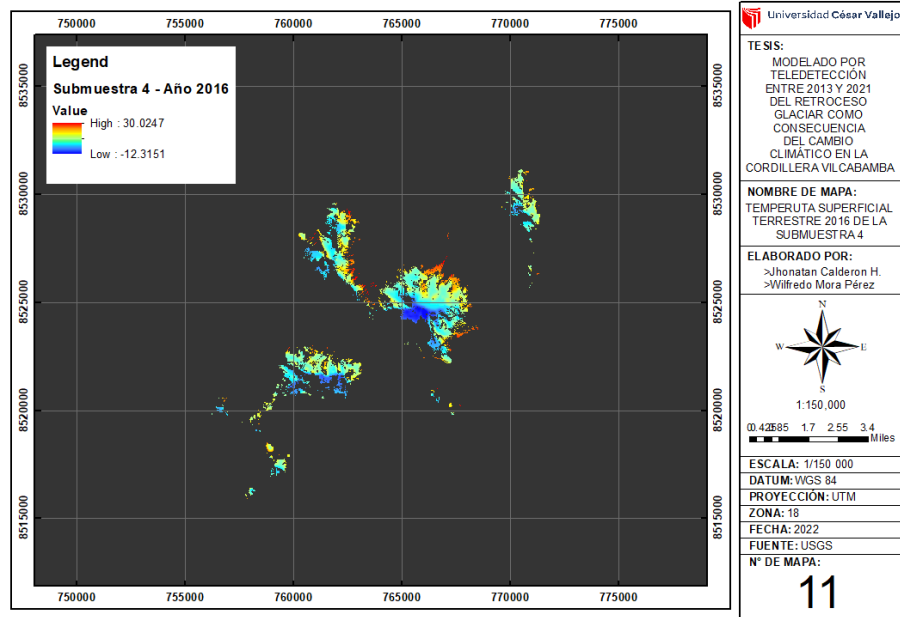
ANEXO 9: Temperatura Superficial Terrestre de la Submuestra 2 – año 2016



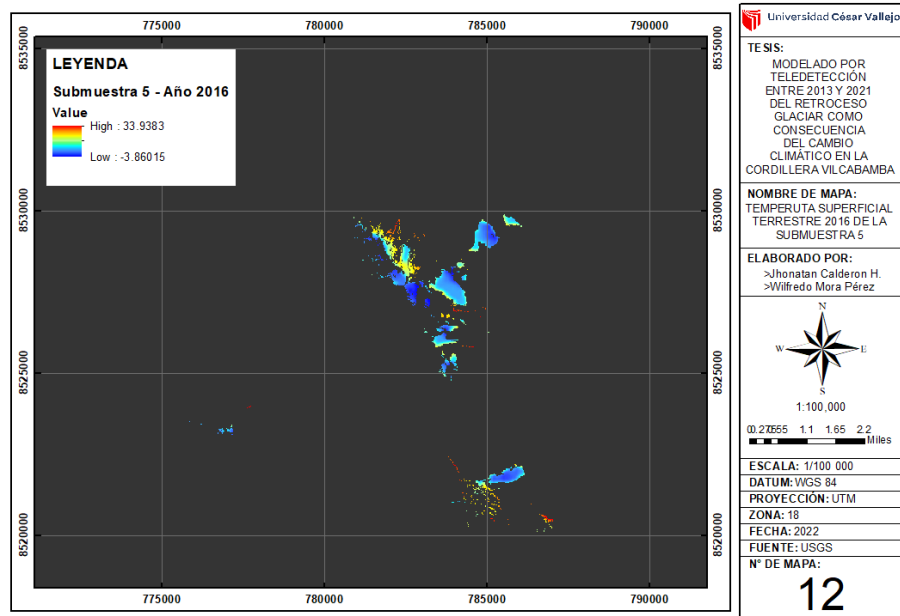
ANEXO 10: Temperatura Superficial Terrestre de la Submuestra 3 – año 2016



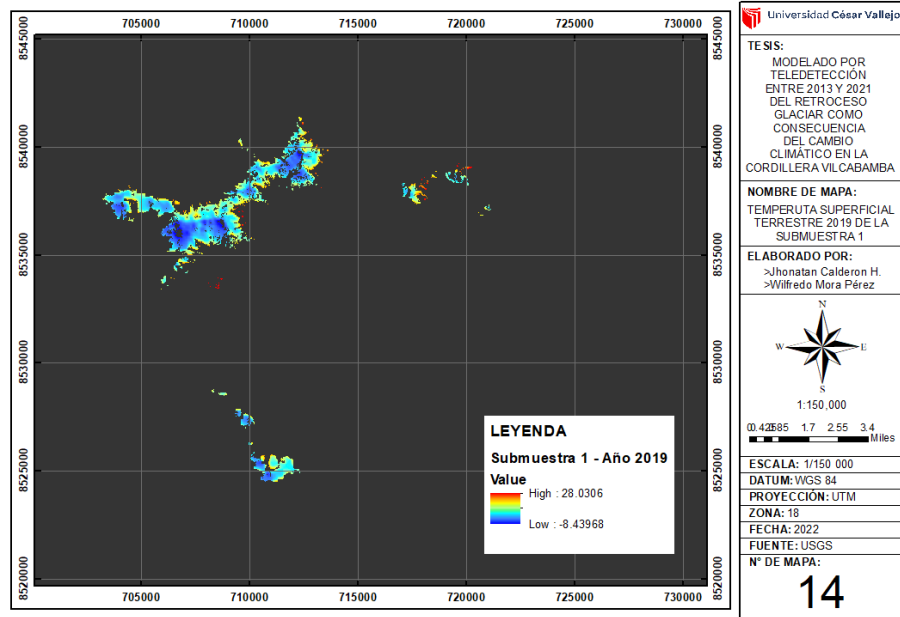
ANEXO 11: Temperatura Superficial Terrestre de la Submuestra 4 – año 2016



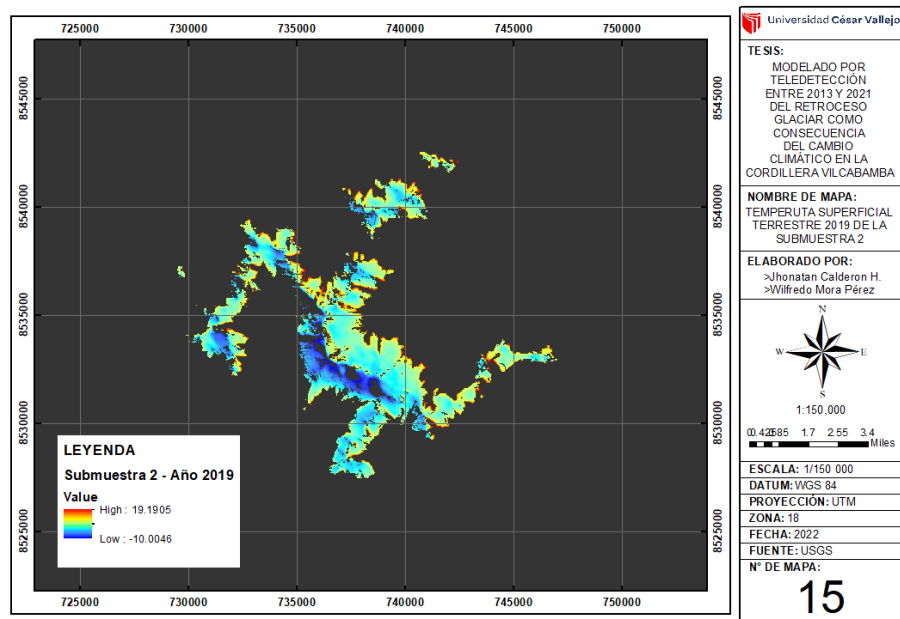
ANEXO 12: Temperatura Superficial Terrestre de la Submuestra 5 – año 2016



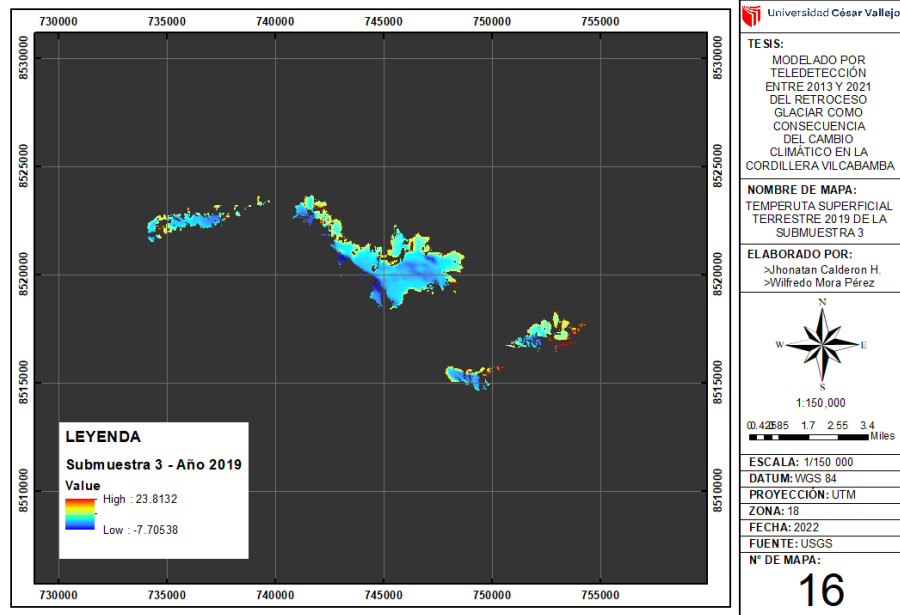
ANEXO 13: Temperatura Superficial Terrestre de la Submuestra 1 – año 2019



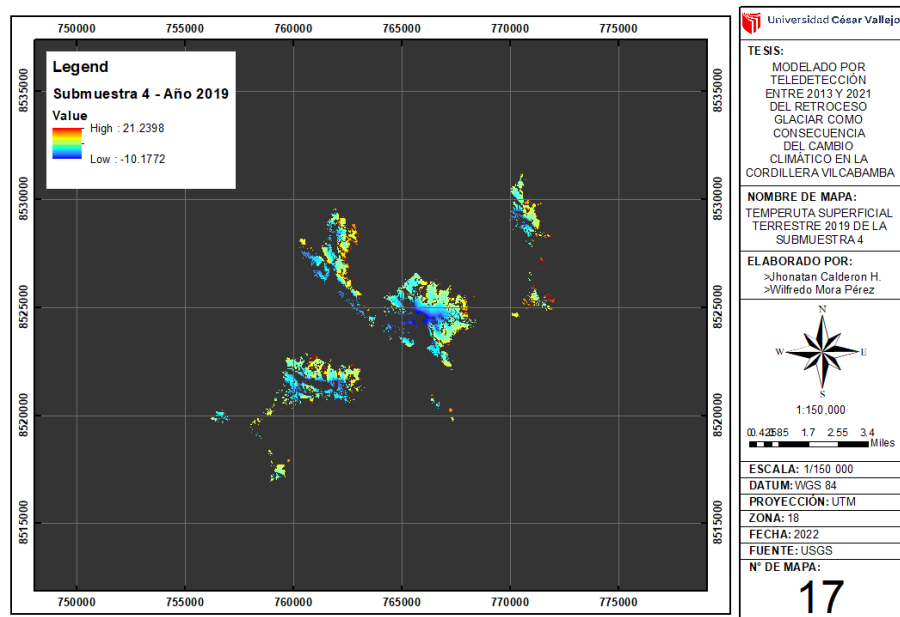
ANEXO 14: Temperatura Superficial Terrestre de la Submuestra 2 – año 2019



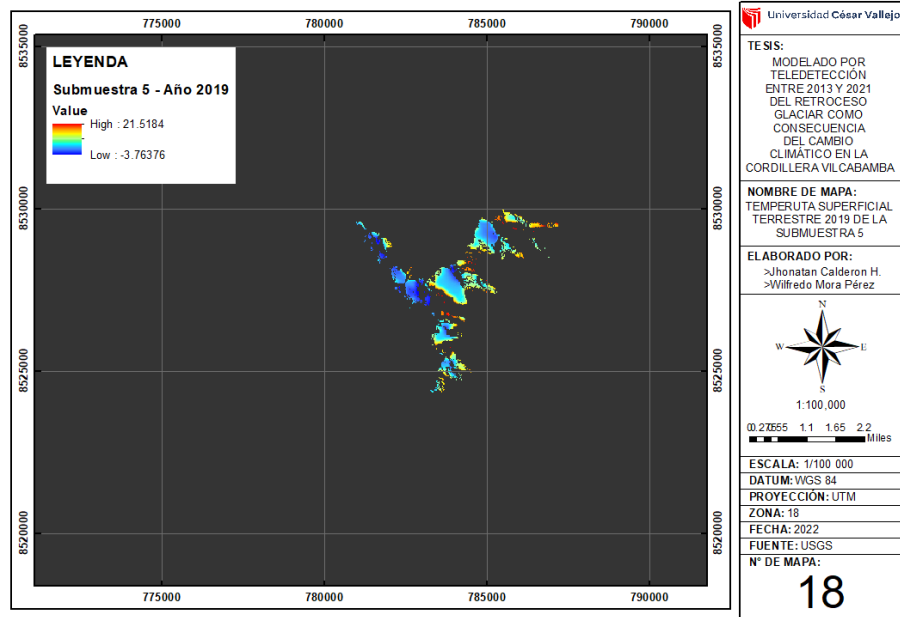
ANEXO 15: Temperatura Superficial Terrestre de la Submuestra 3 – año 2019



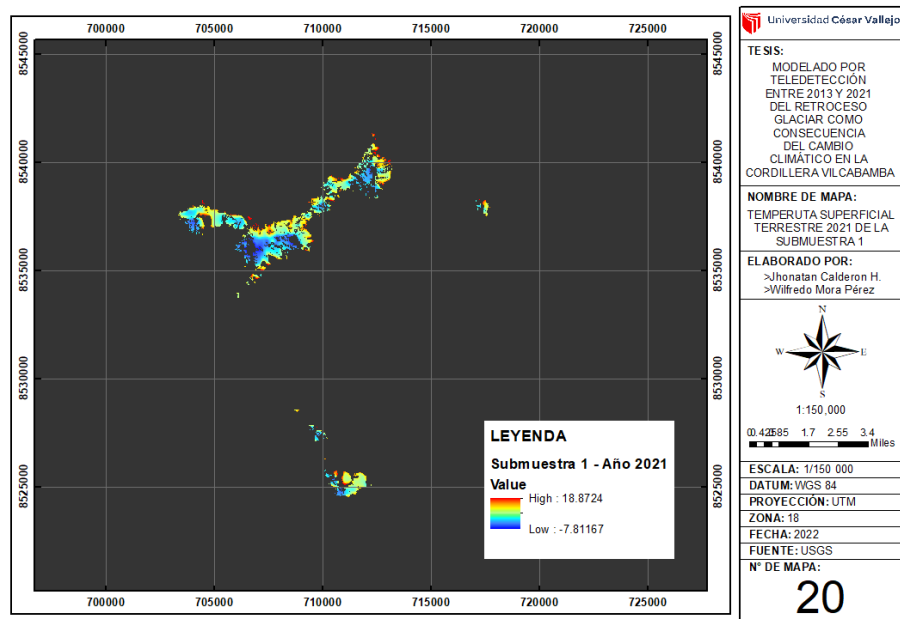
ANEXO 16: Temperatura Superficial Terrestre de la Submuestra 4 – año 2019



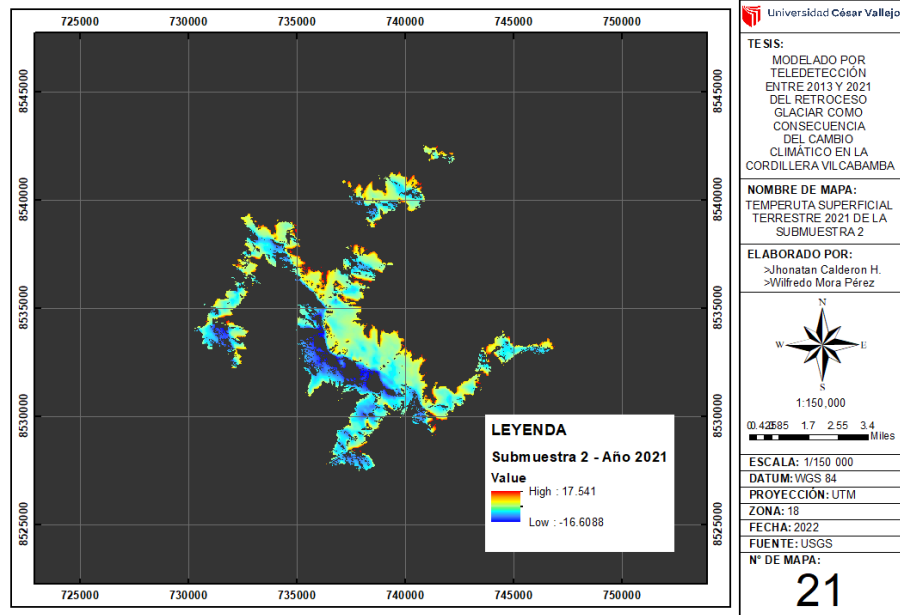
ANEXO 17: Temperatura Superficial Terrestre de la Submuestra 5 – año 2019



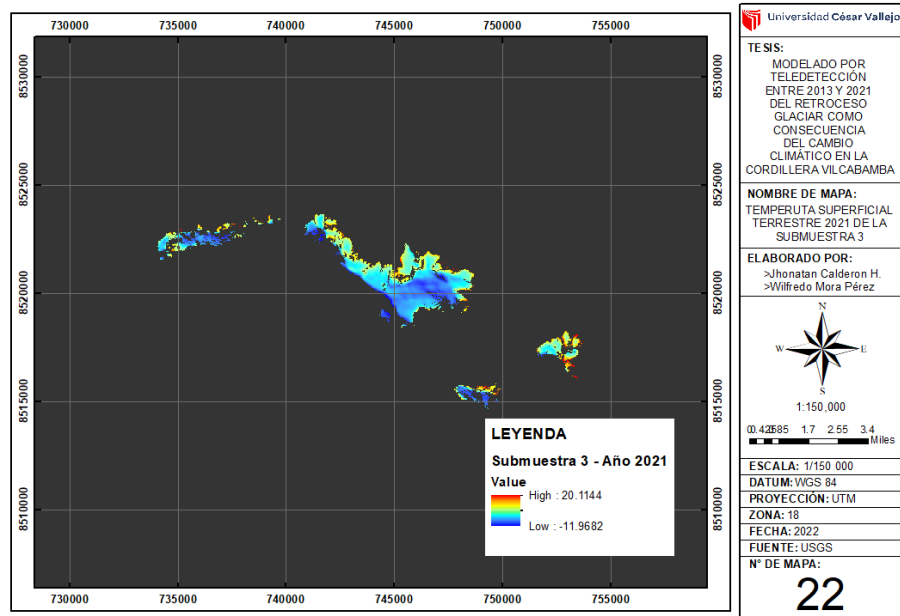
ANEXO 18: Temperatura Superficial Terrestre de la Submuestra 1 – año 2021



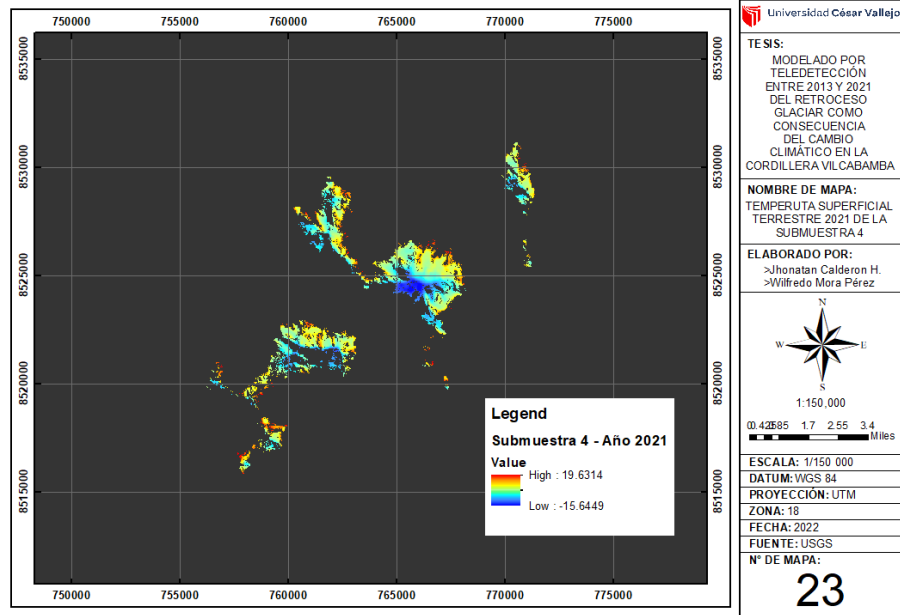
ANEXO 19: Temperatura Superficial Terrestre de la Submuestra 2 – año 2021



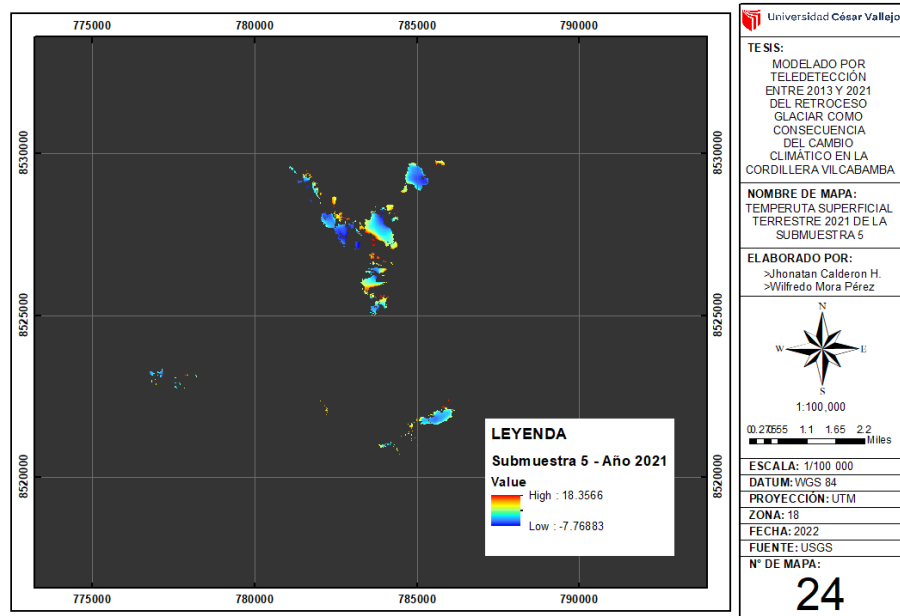
ANEXO 20: Temperatura Superficial Terrestre de la Submuestra 3 – año 2021



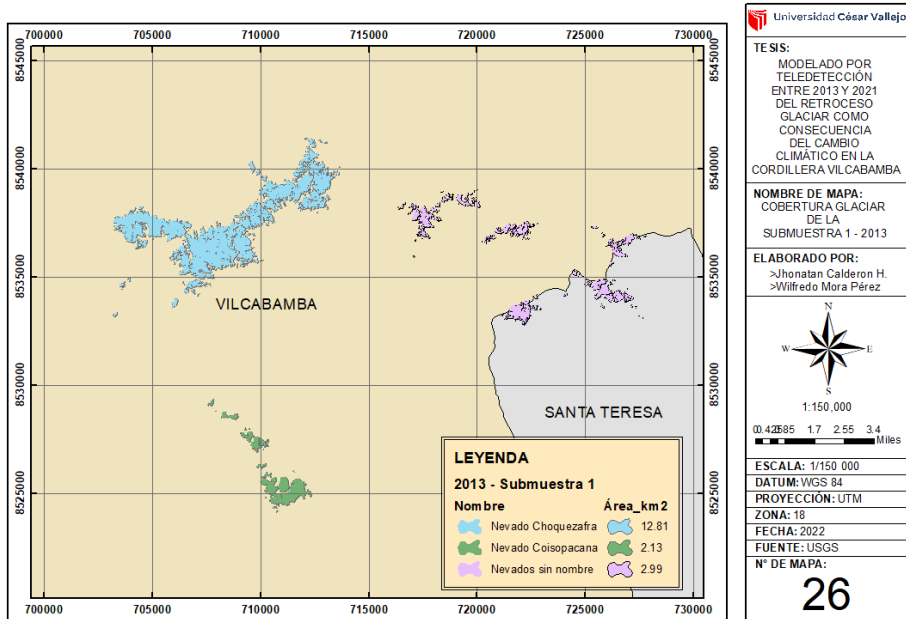
ANEXO 21: Temperatura Superficial Terrestre de la Submuestra 4 – año 2021



ANEXO 22: Temperatura Superficial Terrestre de la Submuestra 5 – año 2021



ANEXO 23: Cobertura Glaciar de la Submuestra 1 – año 2013



Universidad César Vallejo

TE SIS:
 MODELADO POR TELEDETECCIÓN ENTRE 2013 Y 2021 DEL RETROCESO GLACIAR COMO CONSECUENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA CORDILLERA VILCABAMBA

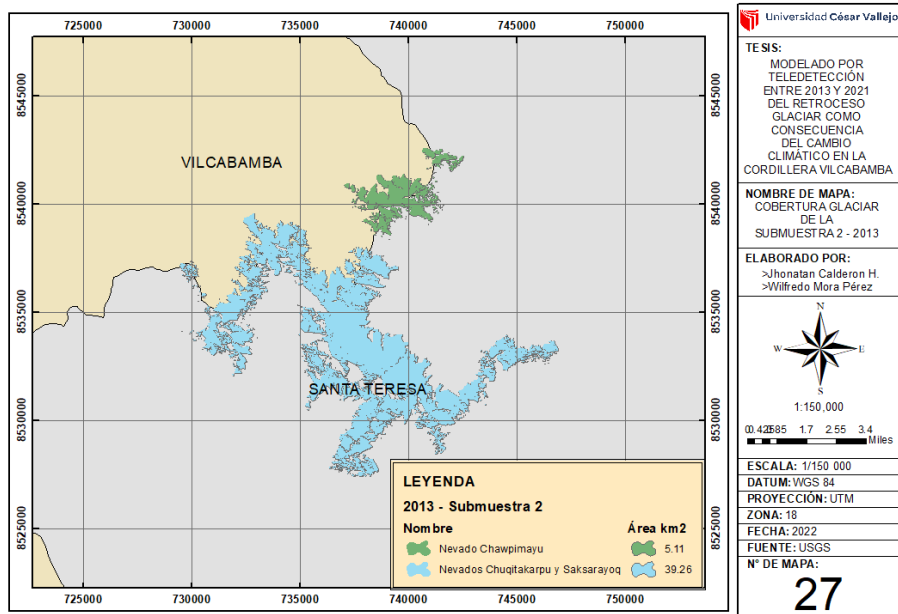
NOMBRE DE MAPA:
 COBERTURA GLACIAR DE LA SUBMUESTRA 1 - 2013

ELABORADO POR:
 >Jhonatan Calderon H.
 >Wilfredo Mora Pérez

0.4 2E85 1.7 2.55 3.4 Miles

ESCALA: 1/150 000
 DATUM: WGS 84
 PROYECCIÓN: UTM
 ZONA: 18
 FECHA: 2022
 FUENTE: USGS
 N° DE MAPA:
26

ANEXO 24: Cobertura Glaciar de la Submuestra 2 – año 2013



Universidad César Vallejo

TE SIS:
 MODELADO POR TELEDETECCIÓN ENTRE 2013 Y 2021 DEL RETROCESO GLACIAR COMO CONSECUENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA CORDILLERA VILCABAMBA

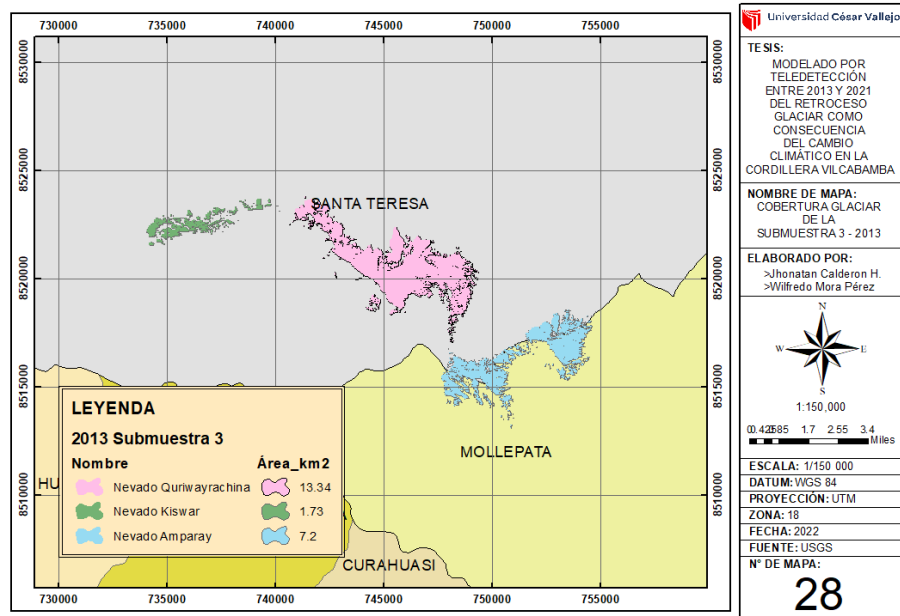
NOMBRE DE MAPA:
 COBERTURA GLACIAR DE LA SUBMUESTRA 2 - 2013

ELABORADO POR:
 >Jhonatan Calderon H.
 >Wilfredo Mora Pérez

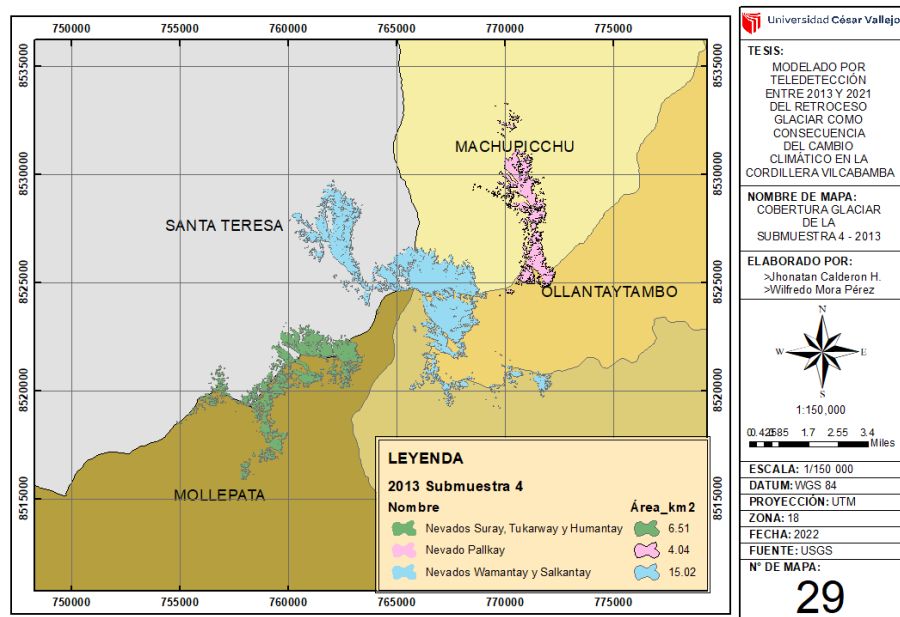
0.4 2E85 1.7 2.55 3.4 Miles

ESCALA: 1/150 000
 DATUM: WGS 84
 PROYECCIÓN: UTM
 ZONA: 18
 FECHA: 2022
 FUENTE: USGS
 N° DE MAPA:
27

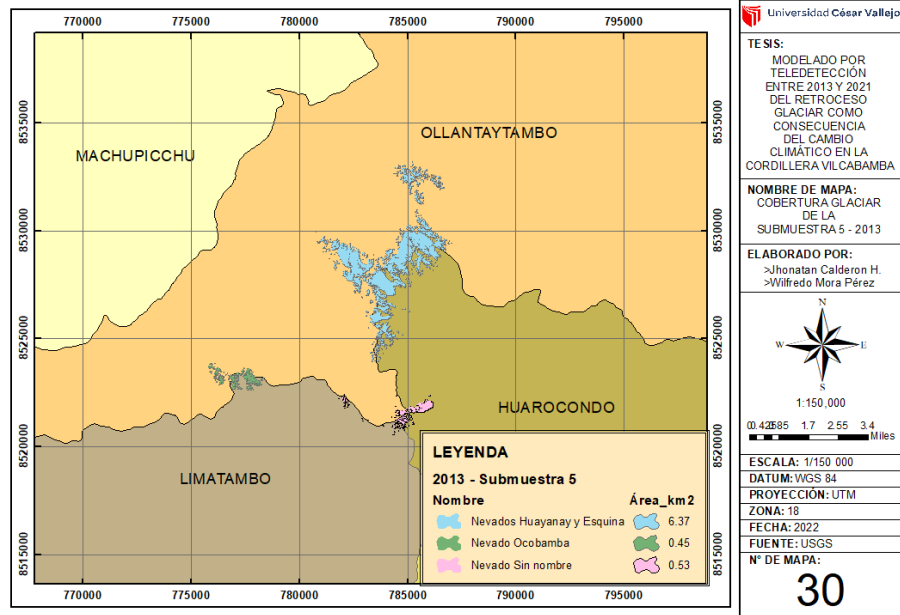
ANEXO 25: Cobertura Glaciar de la Submuestra 3 – año 2013



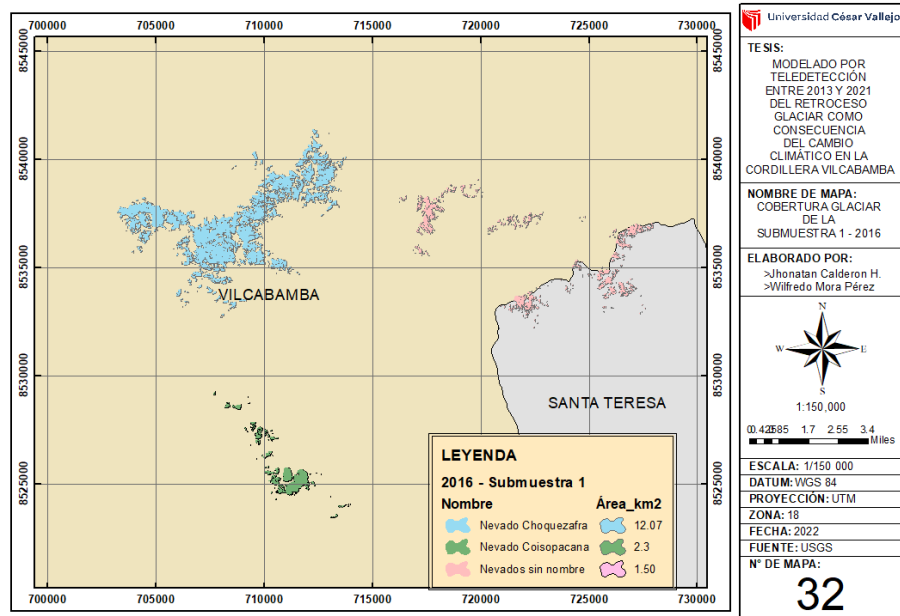
ANEXO 26: Cobertura Glaciar de la Submuestra 4 – año 2013



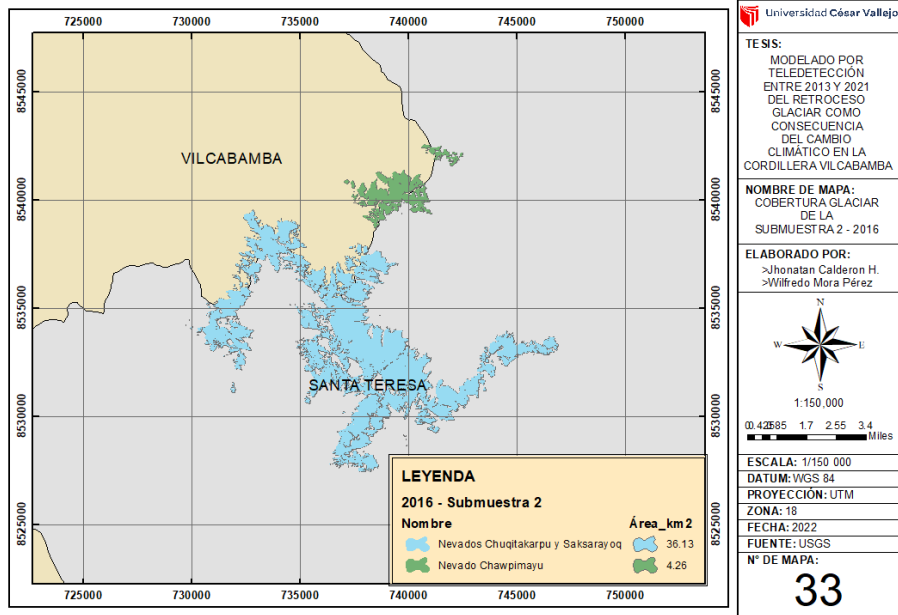
ANEXO 27: Cobertura Glaciar de la Submuestra 5 – año 2013



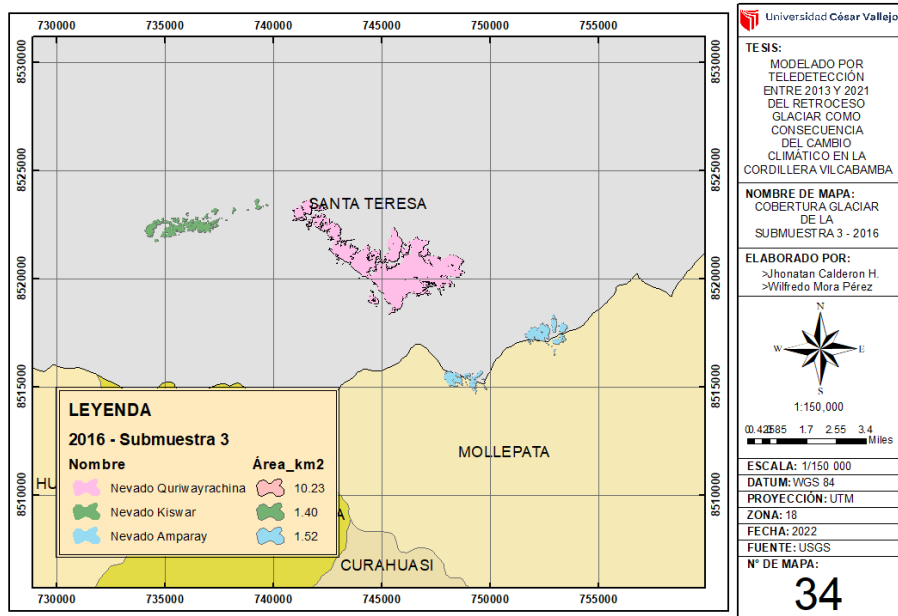
ANEXO 28: Cobertura Glaciar de la Submuestra 1 – año 2016



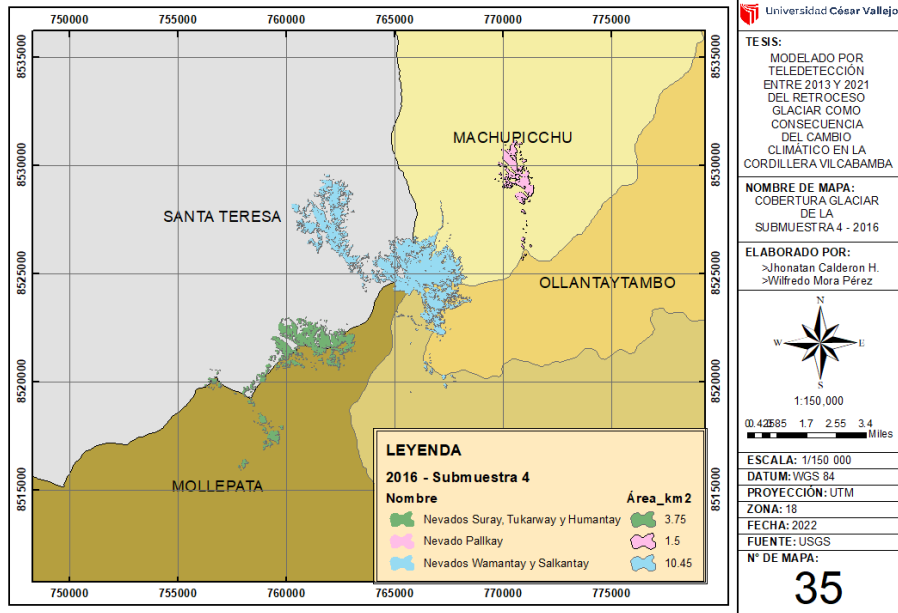
ANEXO 29: Cobertura Glaciar de la Submuestra 2 – año 2016



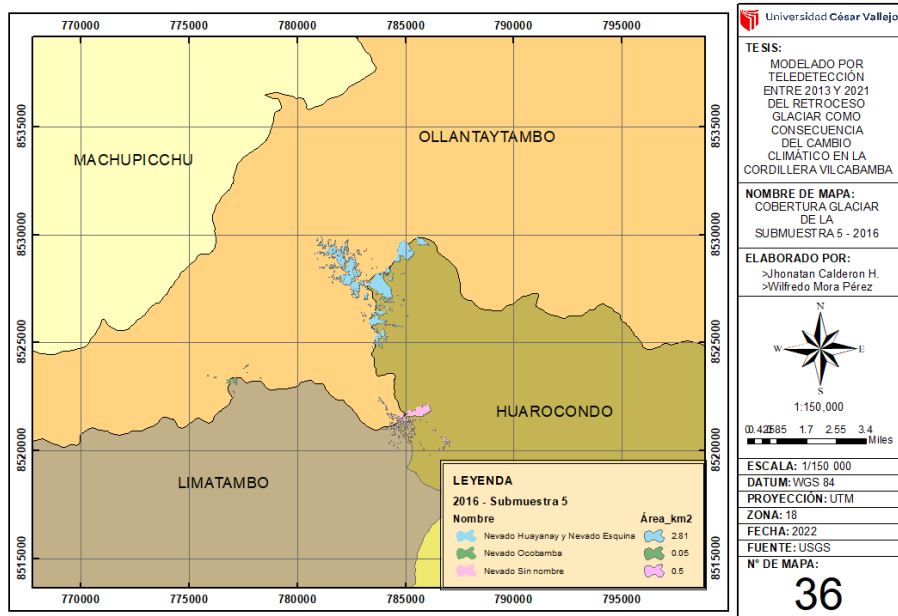
ANEXO 30: Cobertura Glaciar de la Submuestra 3 – año 2016



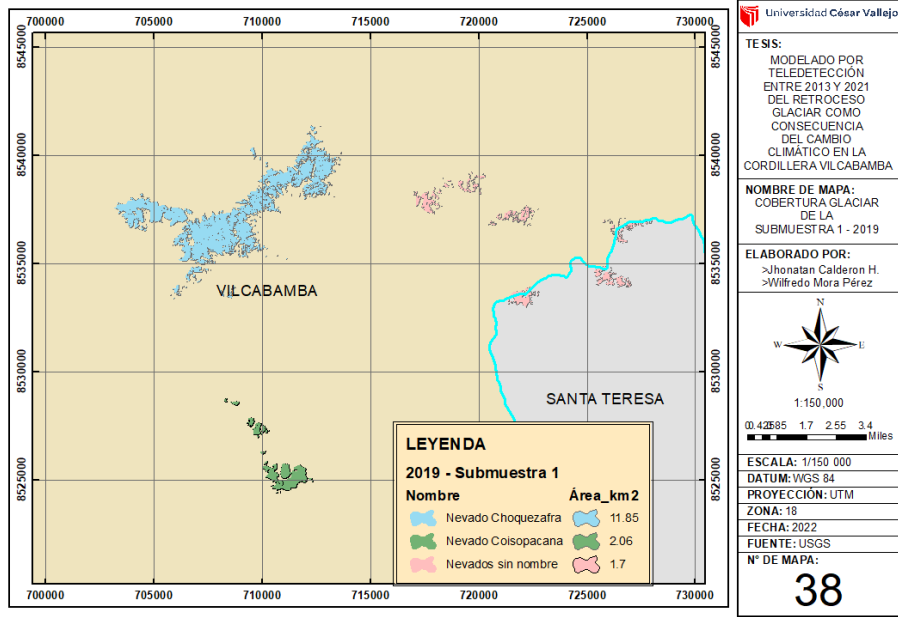
ANEXO 31: Cobertura Glaciar de la Submuestra 4 – año 2016



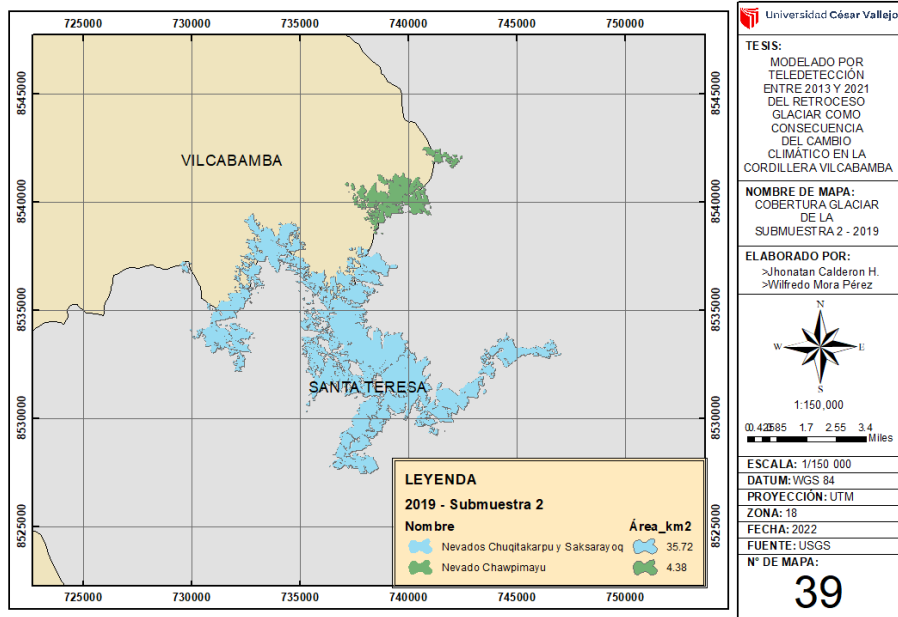
ANEXO 32: Cobertura Glaciar de la Submuestra 5 – año 2016



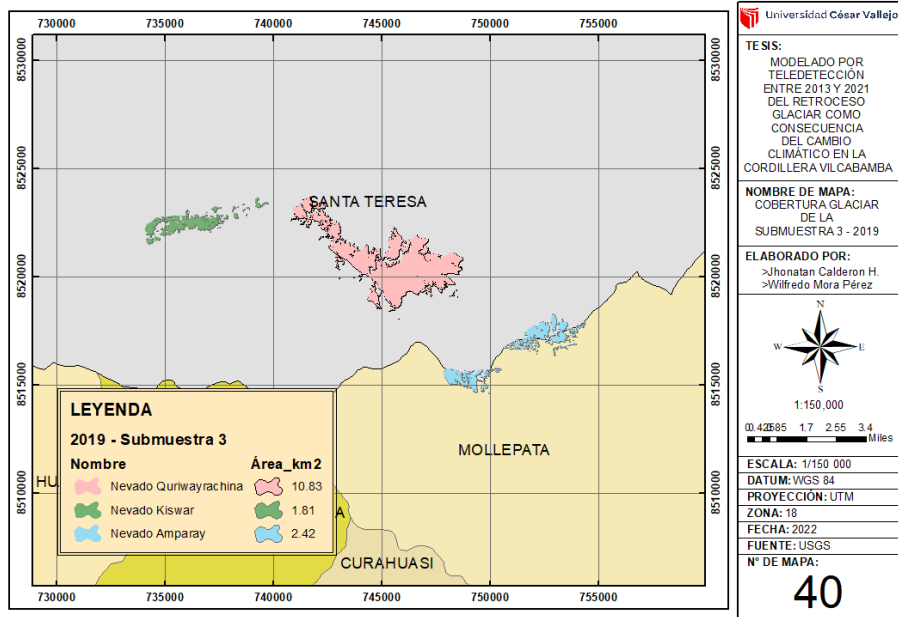
ANEXO 33: Cobertura Glaciar de la Submuestra 1 – año 2019



ANEXO 34: Cobertura Glaciar de la Submuestra 2 – año 2019



ANEXO 35: Cobertura Glaciar de la Submuestra 3 – año 2019



Universidad César Vallejo

TE SIS:
 MODELADO POR TELEDETECCIÓN ENTRE 2013 Y 2021 DEL RETROCESO GLACIAR COMO CONSECUENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA CORDILLERA VILCABAMBA

NOMBRE DE MAPA:
 COBERTURA GLACIAR DE LA SUBMUESTRA 3 - 2019

ELABORADO POR:
 >Jhonatan Calderon H.
 >Wilfredo Mora Pérez

ESCALA: 1:150 000

DATUM: WGS 84

PROYECCIÓN: UTM

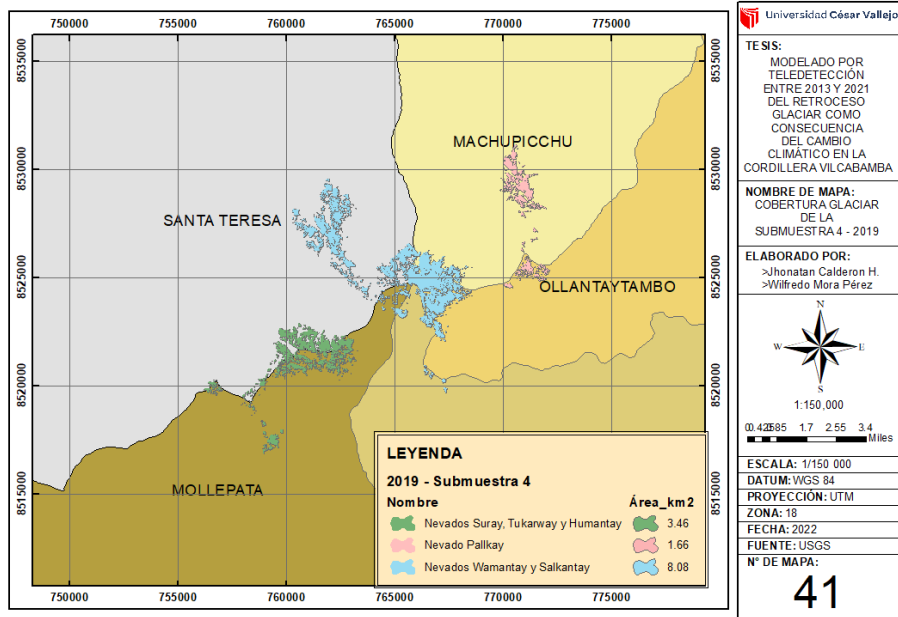
ZONA: 18

FECHA: 2022

FUENTE: USGS

N° DE MAPA:
40

ANEXO 36: Cobertura Glaciar de la Submuestra 1 – año 2019



Universidad César Vallejo

TE SIS:
 MODELADO POR TELEDETECCIÓN ENTRE 2013 Y 2021 DEL RETROCESO GLACIAR COMO CONSECUENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA CORDILLERA VILCABAMBA

NOMBRE DE MAPA:
 COBERTURA GLACIAR DE LA SUBMUESTRA 4 - 2019

ELABORADO POR:
 >Jhonatan Calderon H.
 >Wilfredo Mora Pérez

ESCALA: 1:150 000

DATUM: WGS 84

PROYECCIÓN: UTM

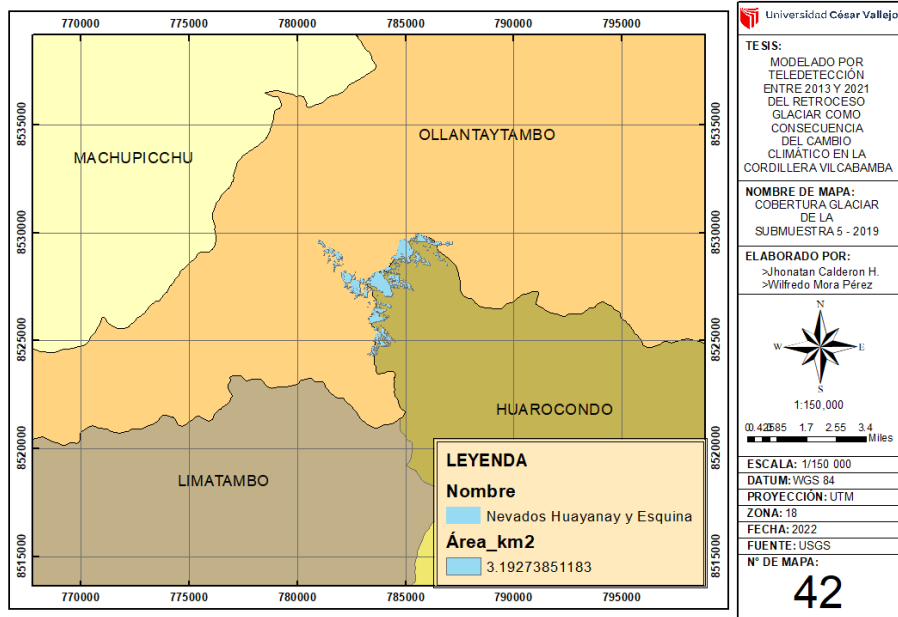
ZONA: 18

FECHA: 2022

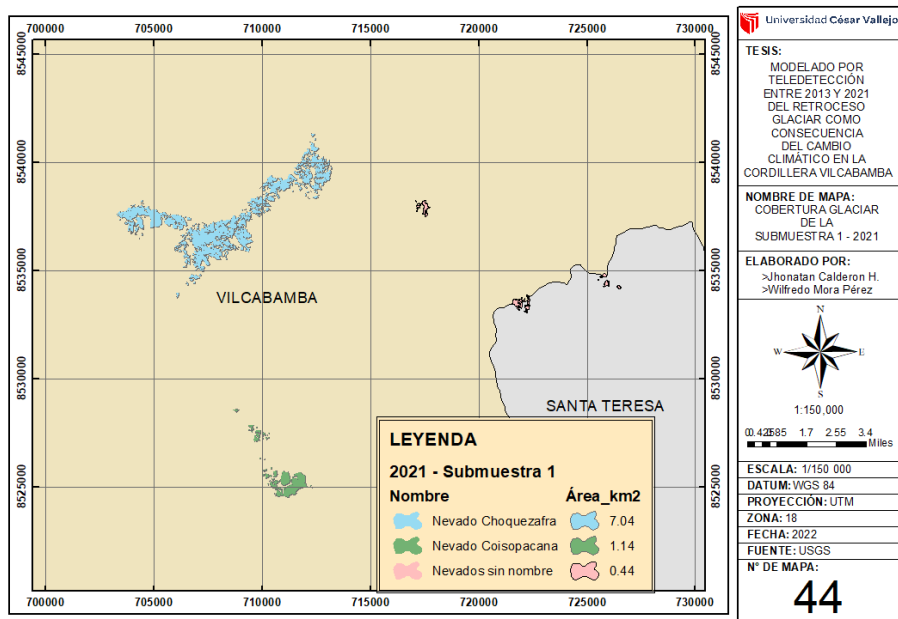
FUENTE: USGS

N° DE MAPA:
41

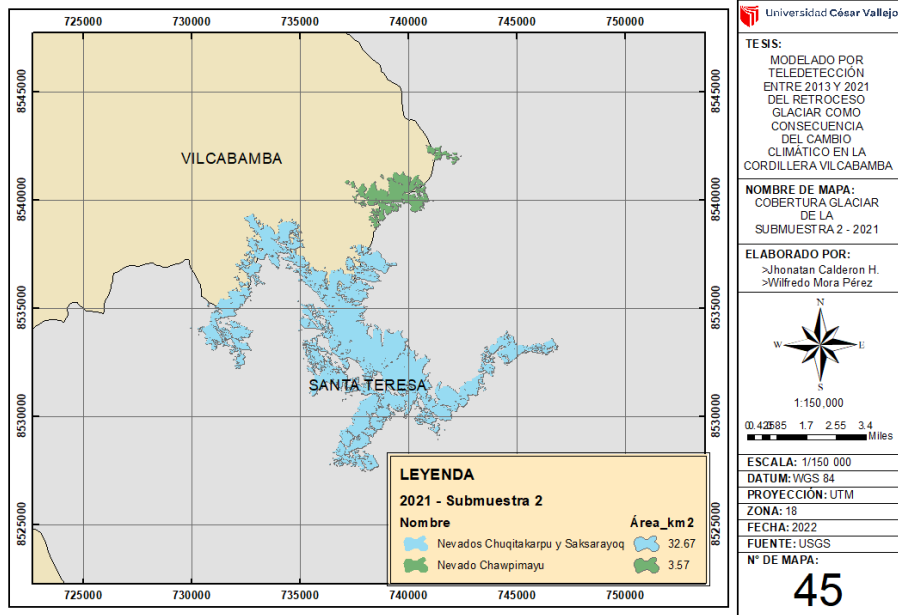
ANEXO 37: Cobertura Glaciar de la Submuestra 1 – año 2019



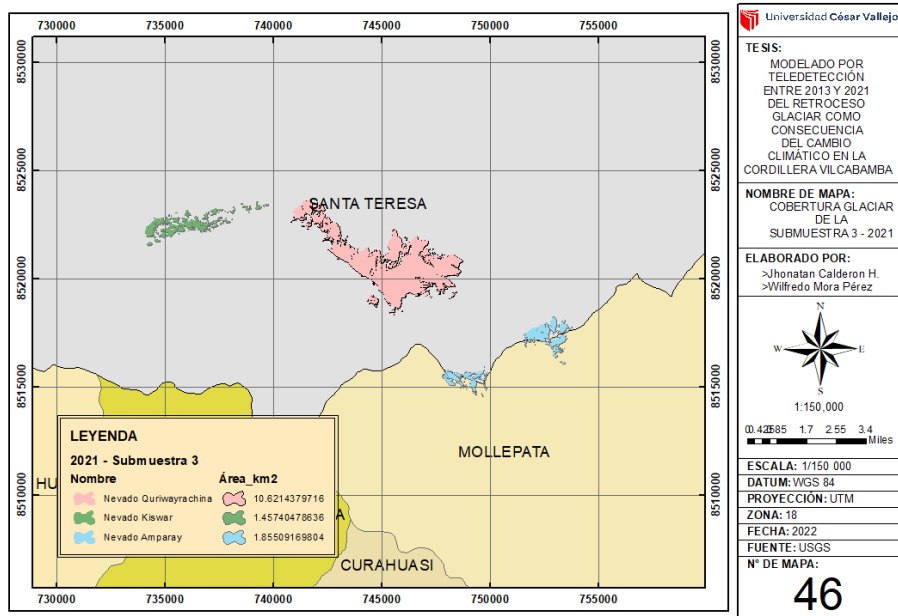
ANEXO 38: Cobertura Glaciar de la Submuestra 1 – año 2021



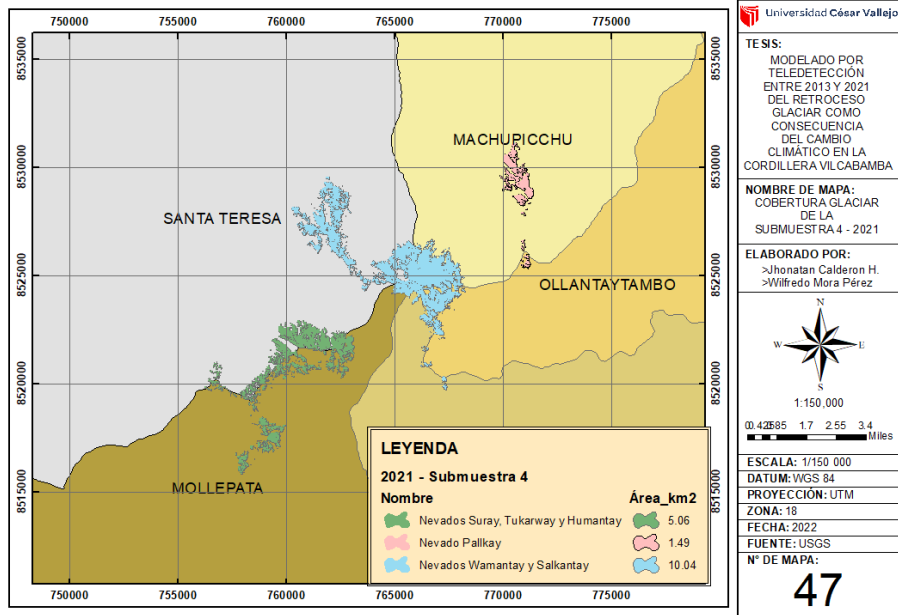
ANEXO 39: Cobertura Glaciar de la Submuestra 2 – año 2021



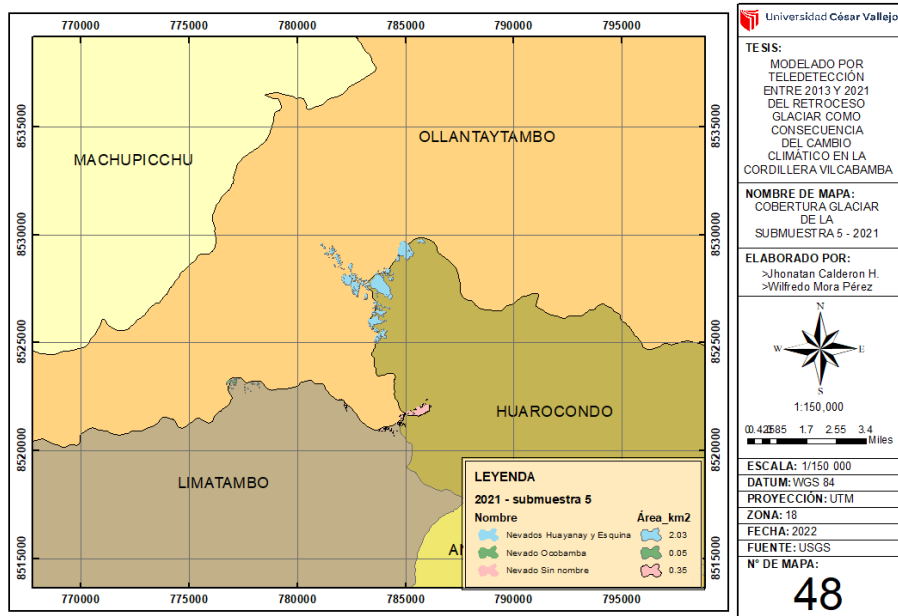
ANEXO 40: Cobertura Glaciar de la Submuestra 3 – año 2021



ANEXO 41: Cobertura Glaciar de la Submuestra 4 – año 2021



ANEXO 42: Cobertura Glaciar de la Submuestra 5 – año 2021





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, DANNY ALONSO LIZARZABURU AGUINAGA, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis Completa titulada: "Modelado por teledetección entre 2013 y 2021 del retroceso glaciar como consecuencia del cambio climático en la Cordillera Vilcabamba.", cuyos autores son CALDERON HERNANDEZ JHONATAN JUNIOR, MORA PEREZ WILFREDO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 10.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

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

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

LIMA, 25 de Julio del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
DANNY ALONSO LIZARZABURU AGUINAGA DNI: 17640671 ORCID: 0000-0002-1384-4603	Firmado electrónicamente por: DLIZARZABURUA el 25-07-2022 01:33:54

Código documento Trilce: TRI - 0367208