

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

TESIS

**“Modelamiento del retroceso glaciar del
nevado Salkantay aplicando técnicas de
teledetección y una propuesta de
sensibilización ambiental en la población de
Mollepata - Cusco, 2013-2023”**

Autor

Sergio Fabri Martinez Castro

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Ambiental

Cusco - Perú
2025

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional"

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

A : Decano de la Facultad de Ingeniería
DE : Yamil Zevallos Luque
Asesor de trabajo de investigación
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación
FECHA : 18 de agosto de 2025

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

Título:

MODELAMIENTO DEL RETROCESO GLACIAR DEL NEVADO SALKANTAY APLICANDO TÉCNICAS DE TELEDETECCIÓN Y UNA PROPUESTA DE SENSIBILIZACION AMBIENTAL EN LA POBLACIÓN DE MOLLEPATA - CUSCO, 2013-2023

Autores:

1. Sergio Fabri Martinez Castro – EAP. Ingeniería Ambiental

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 16 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- | | | |
|---|--|-----------------------------|
| • Filtro de exclusión de bibliografía | SI ☒ | NO ☐ |
| • Filtro de exclusión de grupos de palabras menores
Nº de palabras excluidas (en caso de elegir "SI"): 10 | SI ☒ | NO ☐ |
| • Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante | SI ☒ | NO ☐ |

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,

La firma del asesor obra en el archivo original
(No se muestra en este documento por estar expuesto a publicación)

AGRADECIMIENTOS

Valoro a mi familia y seres queridos por su respaldo y apoyo durante mi educación académica, por brindarme el apoyo en los momentos más complicados, han sido de gran utilidad para mí, para poder continuar y superar cualquier adversidad.

Valoro a la Universidad Continental por brindarme la oportunidad de desarrollarme como profesional y por brindarme las facilidades y la ayuda necesaria para poder finalizar mi etapa universitaria.

DEDICATORIA

Este trabajo y todo el esfuerzo que conlleva va dedicado a mi familia, madre, tío y abuela por haber sido la mayor motivación para continuar en este largo camino.

A todas las personas que con sus consejos y soporte me han incentivado a no darme por vencido.

ÍNDICE

PORTADA.....	i
AGRADECIMIENTOS	ii
DEDICATORIA	iii
ÍNDICE	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	x
ABSTRACT.....	xi
INTRODUCCIÓN	xii
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	14
1.1. Planteamiento y formulación del problema	14
1.1.1. Problema General.....	16
1.1.2. Problemas Específicos	16
1.2. Objetivos.....	16
1.2.1. Objetivo general.....	16
1.2.2. Objetivos específicos	17
1.3. Justificación e importancia	17
1.3.1. Justificación	17
1.3.2. Importancia	18
1.4. Delimitación del proyecto.....	19
1.4.1. Delimitación Geográfica	19
1.4.2. Delimitación temporal:	19
1.4.3. Delimitación conceptual	19
1.5. Hipótesis y variables.....	19
1.5.1. Hipótesis general.....	19

1.5.2. Operacionalización de variables	20
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	21
2.1. Antecedentes de la investigación.....	21
2.1.1. Antecedentes Internacionales.....	21
2.1.2. Antecedentes Nacionales	23
2.1.3. Antecedentes locales	25
2.2. Bases teóricas.....	27
2.2.1. Técnicas de teledetección	27
2.2.2. Infrarrojo cercano y visible óptico	28
2.2.3. Retroceso glaciar.....	29
2.2.4. Cobertura glaciar anual	30
2.2.5. Sensibilización ambiental	30
2.2.6. Metas en la sensibilización ambiental.....	31
2.3. Definición de términos básicos:.....	32
2.3.1. Geomática	32
2.3.3. Glaciar.....	32
2.3.4. ArcGis	32
2.3.5. Análisis multitemporal.....	32
2.3.6. Variabilidad Climática	33
2.3.7. Imágenes Satelitales Landsat	33
2.3.8. Landsat 8.....	33
2.3.9. NDSI	34
2.3.10. NDWI.....	34
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	35
3.1. Métodos, tipo o alcance de la investigación	35
3.1.1. Tipo y método	35

3.1.2. Alcance	35
3.2. Materiales y métodos.....	36
3.2.1. Diseño de la investigación	36
3.2.3. Población y muestra.....	36
3.2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	37
3.2.5. Métodos.....	37
3.2.6. Identificación del área de estudio	38
3.2.7. Descarga y obtención de Imágenes satelitales Landsat 8	39
3.2.8. Cobertura glaciar multitemporal a través de NDSI.....	42
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	60
4.1. Presentación de resultados	60
4.1.1. Descripción de la cobertura glaciar del nevado Salkantay al año 2023, a partir del análisis de imágenes satelitales.	60
4.1.2. Cuantificación de la cobertura glaciar multitemporal en el nevado Salkantay a través del Índice Diferencial Normalizado de Nieve (NDSI)	62
4.1.3. Propuesta de estrategias de sensibilización ambiental accesibles para la población de Mollepata.....	63
4.1.4. Cambios en la cobertura glaciar anual del nevado Salkantay durante el periodo 2013-2023	65
4.2. Discusión de resultados	68
CONCLUSIONES	71
RECOMENDACIONES.....	72
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73
ANEXOS	79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Matriz de operacionalización de variables.....	20
Tabla 2	Región espectral en diferentes bandas ópticas.....	28
Tabla 3	Lista de imágenes satelitales obtenidas para la presente investigación	42
Tabla 4	Comparativa de superficie glaciar entre los años 2013 y 2023	62
Tabla 5	Resultados de la cobertura glaciar multitemporal en el nevado Salkantay..	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Geomorfología de los glaciares	29
Figura 2	Metas en la Sensibilización Ambiental.....	31
Figura 3	Diagrama del proceso de análisis multitemporal del retroceso glaciar del nevado Salkantay	38
Figura 4	Delimitación geográfica del Nevado Salkantay	39
Figura 5	Delimitación del área de estudio.....	40
Figura 6	Filtrado de búsqueda para la obtención de imágenes satelitales.....	40
Figura 7	Selección de satélite proveedor de imágenes satelitales	41
Figura 8	Selección y descarga de imágenes	41
Figura 9	Importación de imágenes	42
Figura 10	Imágenes satelitales importadas (bandas 3 y 6).....	43
Figura 11	Imágenes satelitales importadas (bandas 3 y 6).....	43
Figura 12	Raster calculator.....	44
Figura 13	Cálculo de NDSI.....	45
Figura 14	Clasificación de NDSI	45
Figura 15	Clasificación en 4 clases	46
Figura 16	Variación de porcentajes de clasificación.....	46
Figura 17	Resultado de la reclasificación.....	47
Figura 18	Tabla de atributos.....	47
Figura 19	Conversión de raster a vector.....	48
Figura 20	Resultados en formato vector (Shape)	49
Figura 21	Imagen satelital 2014	49
Figura 22	Imagen satelital 2015	50
Figura 23	Imagen satelital 2016	50
Figura 24	Imagen satelital 2017	51
Figura 25	Imagen satelital 2018	51
Figura 26	Imagen satelital 2019	52
Figura 27	Imagen satelital 2020	52
Figura 28	Imagen satelital 2021	53
Figura 29	Imagen satelital 2022	53
Figura 30	Imagen satelital 2023	54

Figura 31	Selección de áreas de interés.....	54
Figura 32	Cálculo de áreas	55
Figura 33	Unidad de cálculo de área	55
Figura 34	Cálculo de la geometría	56
Figura 35	Unidad de medida	56
Figura 36	Resultado cálculo de áreas	57
Figura 37	Selección de áreas de interés.....	57
Figura 38	Exportación de data a Excel.....	58
Figura 39	Data en Excel	58
Figura 40	Sumatoria de áreas	59
Figura 41	Mapa de cobertura glaciar del nevado Salkantay en el año 2013	60
Figura 42	Mapa de cobertura glaciar del nevado Salkantay en el año 2023	61
Figura 43	Disminución de cobertura glaciar del nevado Salkantay	61
Figura 44	Resultados del retroceso glaciar en porcentajes (2013-2023).....	63
Figura 45	Resultados cobertura glaciar multitemporal	66
Figura 46	Mapa temático de la pérdida de cobertura glaciar en el nevado Salkantay en el periodo 2013 – 2023	66
Figura 47	Mapa temático de la pérdida de cobertura glaciar en el nevado Salkantay en intervalos.....	67

RESUMEN

La presente investigación tuvo por objetivo conocer el retroceso glaciar del nevado Salkantay durante el periodo 2013 – 2023, a través de un análisis multitemporal de imágenes satelitales, las cuales fueron obtenidas del satélite Landsat 8 y procesadas en el software ArcGis, donde se pudo conocer el nivel de pérdida de cobertura glaciar en el nevado Salkantay en el periodo requerido, la data fue exportada al software Excel donde a través de una estadística inferencial se procesó los datos obtenidos; los resultados arrojan una pérdida de cobertura glaciar en el nevado Salkantay, en el 2013 se tenía una cobertura glaciar de 1108.85 ha y para 2023 se tiene una cobertura de 486.26 ha, lo cual significa que la pérdida de cobertura glaciar es significativa, se perdió el 56.15% respecto al 100% del año 2013. Estos resultados indican que se ha perdido una cantidad importante de cobertura glaciar en el nevado Salkantay, lo cual hace que sea oportuna la toma acciones para que esta problemática se evidencie en la población, por ende se recomienda estrategias para una propuesta de un plan de sensibilización en la comunidad de Mollepata para que la información obtenida sea difundida en las localidades más cercanas al nevado Salkantay con la finalidad de concientizar a los pobladores acerca del cambio climático y como este contribuye al retroceso glaciar, a su vez se busca generar educación ambiental con la finalidad de motivar a los pobladores a realizar acciones sostenibles para preservar los recursos ambientales para generaciones futuras.

Palabras clave: Análisis multitemporal, teledetección, landsat 8, NDSI, NDWI, retroceso glaciar, sensibilización ambiental.

ABSTRACT

The objective of this research was to determine the glacial retreat of Salkantay snow-capped mountain during the period 2013 - 2023, through a multitemporal analysis of satellite images, which were obtained from the Landsat 8 satellite and processed in the ArcGis software, The data was exported to Excel software where, through inferential statistics, the data obtained was processed. The results show a loss of glacier coverage in Salkantay, in 2013 there was a glacier coverage of 1108.85 ha and by 2023 there will be a loss of glacier coverage in Salkantay. 85 ha and by 2023 there was a coverage of 486.26 ha, which means that the loss of glacier coverage is significant, 56.15% was lost compared to 100% in 2013. These results indicate that a significant amount of glacier cover has been lost in Salkantay, which makes it timely to take action to make this problem evident to the population, Therefore, we recommend a proposal for an awareness plan in the community of Mollepata so that the information obtained is disseminated in the towns closest to the Salkantay snow-capped mountain in order to raise awareness among the inhabitants about climate change and how it contributes to glacial retreat, as well as to generate environmental education in order to motivate the inhabitants to carry out sustainable actions to preserve the glaciers.

Keywords: Multitemporal analysis, remote sensing, landsat 8, NDSI, NDWI, glacial retreat, environmental awareness.

INTRODUCCIÓN

La geomática es esencial en múltiples investigaciones, ya que proporciona herramientas innovadoras y eficaces para el análisis espacial y el monitoreo de diferentes fenómenos. Además de su destacada utilidad en la evaluación de la desglaciación de nevados, donde permite determinar el área de deshielo utilizando imágenes satelitales, esta disciplina también se utiliza en investigaciones sobre cambio climático, administración de recursos naturales, organización de ciudades y arqueología. En estas áreas, la geomática, mediante tecnologías como la teledetección y los sistemas de información geográfica (SIG), facilita el análisis de grandes extensiones, la identificación de patrones y la toma de decisiones estratégicas.

En este escenario, la Teledetección se ha transformado en un instrumento esencial, ya que facilita la valoración de la disminución de la masa glacial de manera más eficiente en comparación con los métodos tradicionales. A diferencia de los monitoreos en campo, que generalmente se topan con varios retos en la recopilación de datos, el uso de imágenes de satélite facilita el seguimiento de las fluctuaciones en la superficie de los glaciares.

Por otro lado, a medida que crece el conjunto disponible de sensores de teledetección en el espacio, también crece el campo de posibles aplicaciones. Dentro de estos, se concentra especialmente en las consecuencias del cambio climático en la desglaciación de los glaciares a nivel mundial. En este sentido los cambios espaciotemporales contemporáneos y significativos en los glaciares son el resultado de la rápida evolución del clima regional y mundial, y la vigilancia continua es imprescindible para comprender las complejidades de las interacciones glacio-climáticas.

Aunque la importancia de los glaciares como representantes del clima se reconoció por primera vez en la segunda mitad del siglo XIX, desde 1990, la conciencia y los esfuerzos relacionados con la supervisión de los glaciares para la valoración del cambio climático han experimentado un mejoramiento constante, tras la creación del Grupo Intergubernamental de Expertos en Cambio Climático (IPCC) comenzará a incorporar información acerca de las variaciones de los glaciares en sus análisis. Los cambios a gran escala en los regímenes areal, altitudinal y de flujo de los glaciares están destinados a provocar desastres glaciales e irregularidades hidrológicas, lo que requiere su vigilancia mundial.

Sin embargo, durante todo el año, la vigilancia de los glaciares sobre el terreno se ve limitada por varios factores, como un clima hostil, mala accesibilidad, mano de obra calificada inadecuada y financiación insuficiente. En esta hipótesis, la teledetección se emplea ampliamente como opción práctica o técnica de respaldo a los estudios en terreno, con el objetivo de cubrir las demandas crecientes de la investigación en glaciología.

El nevado Salkantay es de gran relevancia no solo en términos ambientales, sino también en términos culturales, dado que es un nevado que continúa siendo respetado en la cultura andina, tiene también una importancia económica por el movimiento que genera el turismo para los pobladores que se encuentran en comunidades aledañas al nevado, en la más reciente investigación llevada a cabo en el nevado Salkantay en 2013, se estableció que la cobertura glaciar ha experimentado una reducción del 60%, lo que resulta alarmante, la presente investigación pretende evaluar en que porcentaje más se ha ido perdiendo cobertura glaciar en el nevado Salkantay hasta la fecha, por este motivo, el modelado del retroceso glaciar del nevado se realizaría a través de imágenes satelitales, las cuales harán más fácil la tarea de obtener datos precisos, datos que muy difícilmente se obtienen en campo por la dificultad que conlleva estudiar un nevado in situ.

En el Perú el desinterés y el desconocimiento por temas que abordan problemáticas ambientales son muy comunes en la población en general, es por eso que basándose en los resultados obtenidos del modelamiento del retroceso glaciar del nevado Salkantay es importante que dichos datos sean de conocimiento de pobladores afines al nevado, esto con la finalidad de generar consciencia, la cual se hará efectivo con una propuesta de un plan de sensibilización ambiental dirigido a los pobladores del distrito de Mollepata.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

Por su sensibilidad al cambio climático, los glaciares son vistos como una de las variables climáticas esenciales y críticas que, debido al incremento de la temperatura, se ven afectados y las tendencias decrecientes de las precipitaciones está afectando los regímenes hidrológicos y ecológicos con importantes implicaciones regionales y mundiales. Los casquetes polares y los glaciares cubren el 10 % del área geográfica del planeta y proporcionan el 3 % del agua total del planeta, lo que representa casi el 80 % del agua dulce del mundo (1).

No obstante, el 71% de los glaciares globales, con 3 044 glaciares netos distribuidos en una superficie calculada de 1 958 km², están situados en las cimas de la cordillera andina. Su descongelación genera aproximadamente el 98% de los recursos acuáticos que se canalizan hacia el océano Atlántico y menos del 2% hacia el océano Pacífico (2). Mientras que, en las zonas alpinas han perdido aproximadamente el 50 % de su superficie y dos tercios de su volumen desde mediados del siglo XIX, Lo que se denomina como el término de la Pequeña Edad de Hielo (3).

Para Perú, el Inventario Nacional de Glaciares del Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (4) menciona una baja del 48% en la superficie glaciar entre 1962 y 2017, además, los cálculos del equilibrio de masa en glaciares individuales señalan que la topografía juega un papel vital en la regulación de la merma de hielo. Según esto, se estima que los glaciares con una altura superior a 5400 metros sobre el nivel del mar, experimentan una pérdida de masa a un ritmo de (-1,2 m w.e/año), que es el doble de la proporción de los que tienen una altura superior a 5400 metros sobre el nivel del mar (-1,2 m w.e/año) (5).

Por otro lado, los glaciares son vistos como extensas reservas de agua dulce en Perú que, después del proceso de desglaciación, se utilizan para el consumo humano y para diversas actividades de producción, de acuerdo con el Inventario Nacional de Lagunas de Origen Glaciar, los glaciares andinos en Perú son cruciales para suministrar agua al 62% de la población. Según el Inventario Nacional de Lagunas de Origen Glaciar. El país alberga el 68% de los glaciares tropicales a escala mundial, no obstante, ha

experimentado una alarmante reducción del 56% en su superficie glacial en las últimas seis décadas.

Los análisis recientes revelan la existencia de 2,084 glaciares y 8,466 lagunas en todo el territorio nacional, con una disminución total de 1,348.75 km² de superficie en casi seis décadas. Asimismo, se identificaron 2,147 glaciares rocosos, cuya presencia no se había registrado antes. A nivel regional, Áncash y Cusco destacan por la mayor cantidad de glaciares, Arequipa lidera en glaciares rocosos, mientras que Puno y Junín poseen la mayor cantidad de lagunas.

En la localidad de Cusco se sitúa el imponente nevado Salkantay que fue venerado por los incas y aún conserva gran importancia para los pobladores andinos, quienes mantienen vivas las creencias y tradiciones de sus antepasados. Sin embargo, un último estudio realizado en 2013 determinó una pérdida del 60% de su superficie glacial en los últimos 40 años (6).

En una investigación denominada Efectos de las actividades humanas en el nevado Huaytapallana (7), se ha hallado que las actividades humanas relacionadas con el turismo vivencial son una de las acciones más relevantes que afectan al glaciar, con un efecto del 60%. Las tareas de reforestación constituyen el 20% del impacto, mientras que el 10% se refiere a la actividad de pasto.

Pese a la relevancia de los glaciares, es conocido que las actividades humanas favorecen la aceleración de la desaparición de glaciares en el planeta, debido a ello, se asume que existe un gran desconocimiento por parte de la población en general incluyendo a los pobladores que habitan en las comunidades aledañas al nevado Salkantay; por lo tanto, se evidencia la necesidad de aumentar el entendimiento y la consciencia acerca de este valioso recurso.

Así pues, este estudio se centró en llevar a cabo un modelado del retroceso glacial del nevado Salkantay utilizando métodos de teledetección en Cusco durante un lapso de 2013 a 2023 con la finalidad de actualizar la información referente a la desglaciación en la zona. La teledetección ha sido una herramienta clave en esta investigación, permite un estudio exacto y eficaz de la disminución de la cobertura glacial a través de la utilización de imágenes satelitales. Comparada con otras técnicas convencionales, como los estudios de campo, la teledetección destaca por su practicidad y mayor eficacia, ya que facilita la

evaluación de grandes áreas en menor tiempo y con menos recursos, proporcionando datos detallados y actualizados que son esenciales para comprender la magnitud del retroceso glaciar en la región.

Frente a la problemática de los glaciares en el Perú y el mundo, se hace imprescindible implementar estrategias de concienciación ambiental, se consideran un recurso valioso para las personas, evidenciando la expresión de sus actitudes y principios. Por lo tanto, a través de la concienciación, la educación se ha transformado en un vehículo de avance constante que ha perseguido la inclusión de la población y la conservación del entorno natural (8).

Por lo tanto, la conciencia ambiental se enfoca en entender el balance equilibrado entre el entorno y el ser humano, por lo tanto, es imprescindible colaborar desde todos los lugares disponibles, con acciones que promuevan la conservación del medio ambiente con comportamientos acordes al entorno que restauren y conserven el paisaje, al crecimiento de la fauna, a las áreas verdes, a la purificación del aire, contribuye a la producción de oxígeno y a mejorar la calidad de vida, mejorando las condiciones de vida de los habitantes de la zona (9).

1.1.1. Problema General

¿Qué cambios en la cobertura glaciar del nevado Salkantay se han presentado durante el periodo 2013-2023?

1.1.2. Problemas Específicos

- ¿Cuál es el estado actual de la cobertura glaciar del nevado Salkantay al año 2023?
- ¿Cuánto es la cobertura glaciar multitemporal en el nevado Salkantay a través del Índice Diferencial Normalizado de Nieve?
- ¿Qué estrategias de sensibilización pueden implementarse para la población de Molllepatá?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Evaluar los cambios en la cobertura glaciar del nevado Salkantay durante el período 2013-2023 mediante técnicas de teledetección.

1.2.2. *Objetivos específicos*

- Describir el estado actual de la cobertura glaciar del nevado Salkantay al año 2023, a partir del análisis de imágenes satelitales.
- Cuantificar la cobertura glaciar multitemporal en el nevado Salkantay a través del Índice Diferencial Normalizado de Nieve.
- Proponer estrategias de sensibilización ambiental viables para la población de Mollepata.

1.3. Justificación e importancia

1.3.1. *Justificación*

El propósito de llevar a cabo esta investigación radica en entender el grado de retroceso del glaciar durante el periodo 2013-2023, para lo cual se aplicó técnicas de teledetección, El propósito de llevar a cabo esta investigación radica en entender el grado de retroceso del glaciar durante el periodo 2013-2023, por otro lado, se planteó una iniciativa de concienciación ambiental basada en los hallazgos de este estudio, destinada a los residentes de la localidad de Mollepata con el objetivo de fomentar la consciencia ambiental, ya que por medio de esta estrategia se establecerán objetivos que permitan un mejor cumplimiento del cuidado de los nevados y se generarán medidas de educación ambiental en cada uno de los pobladores del distrito de Mollepata-Cusco.

De igual manera los datos obtenidos del retroceso glaciar serán difundidos a la población con el objetivo que esta tome conciencia de la gran magnitud y los desastres climatológicos que traería consigo si no se toman medidas preventivas, esto amenaza la vida de los residentes locales, además de las especies de flora y fauna que habitan en el área que se encuentra bajo estudio.

1.3.1.1. Teórica.

La finalidad de este estudio es comprender el retroceso glaciar del nevado Salkantay en los últimos diez años, es decir, desde 2013 hasta 2023, los datos más recientes del retroceso glaciar del nevado Salkantay se remontan al año 2013, cuando se estableció que el nevado había disminuido el 60% de su cobertura glaciar, por esta razón, resulta crucial determinar en qué medida ha aumentado la disminución de la cobertura glaciar en la nevada Salkantay hasta el presente.

1.3.1.2. Metodológica.

El propósito es entender el retroceso glaciar del nevado Salkantay mediante métodos de teledetección, las cuales permitirán obtener datos que no se pueden obtener en campo por la dificultad que conlleva a realizar un análisis del retroceso glaciar en un nevado. El modelado del nevado Salkantay mediante métodos de teledetección permite un análisis más profundo del nevado mediante el uso de imágenes satelitales para determinar la zona de deshielo del mismo, cuyo resultado justifica la elaboración de un plan de sensibilización ambiental.

1.3.1.3. Ambiental.

De acuerdo con los logros alcanzados a través del modelado del nevado Salkantay, se propondrá un plan de sensibilización ambiental el cual tendrá por objetivo contribuir con el conocimiento del retroceso glaciar en los pobladores del distrito de Mollepata y generará consciencia en ellos.

1.3.2. Importancia

Es de suma importancia la realización de esta investigación ya que facilitó la obtención de un diagnóstico del nevado Salkantay mediante métodos de teledetección, en dichos resultados se evidenció el retroceso glaciar durante el periodo 2013 al 2023, Por lo tanto, basándose en los resultados logrados, se implementará una iniciativa de sensibilización ecológica con la finalidad de que la población sea consciente del perjuicio causado por el cambio climático y a raíz de este tipo de situaciones se aseguren se adopten medidas que permita contrarrestar este tipo de problemática.

Por lo tanto, el cambio climático y los gases de efecto invernadero han provocado el retroceso del glaciar y siguen siendo los elementos cruciales en la derretimiento del nevado Salkantay, frente a esta problemática trabajar con la población de Mollepata de manera coordinada resulta ser la mejor estrategia para reducir los altos índices de desglaciación en el nevado, ya que ellos son los principales actores involucrados en su preservación y cuidado, así, el objetivo de la propuesta de concienciación ambiental es que se propague y así se potenciarán las condiciones de vida de los residentes de la zona para mejorar las condiciones de vida de los residentes de la localidad.

1.4. Delimitación del proyecto

1.4.1. Delimitación Geográfica

Respecto al modelamiento del retroceso glaciar, la investigación se realizó en las coordenadas geográficas UTM (13°20'01"S 72°32'40"O), siendo la ubicación geográfica del nevado Salkantay en la región Cusco, Perú; mientras que la propuesta del plan de sensibilización se llevará a cabo en las coordenadas geográficas UTM (13°30'33"S 72°31'40"O) perteneciente a el distrito de Mollepata en la región Cusco Perú.

1.4.2. Delimitación temporal:

En lo que respecta a la delimitación temporal, el análisis se realizó desde el 2013 hasta el 2023, ya que en ese periodo se realizó el modelamiento del retroceso glaciar a través de técnicas de teledetección, haciendo uso del software ArcGIS; mientras que la propuesta de sensibilización ambiental se desarrolló en el periodo 2023 y está direccionada a la población del distrito Mollepata en la región Cusco, Perú.

1.4.3. Delimitación conceptual

En cuanto a la definición conceptual, esta investigación actual, se enmarca en todos aquellos términos que permiten otorgarle mayor sustento teórico al presente estudio; en consecuencia, los términos: Área glaciar, Cobertura de nieve, Volumen glaciar, Tasa de pérdida de área, Temperatura, Precipitación, Retroceso glaciar, Sensibilización ambiental.

1.5. Hipótesis y variables

1.5.1. Hipótesis general

Durante el periodo 2013-2023, la cobertura glaciar del nevado Salkantay ha experimentado un retroceso significativo debido al incremento de las temperaturas y la variabilidad climática en la región andina, lo cual se evidencia en la reducción del área glaciar identificada mediante el análisis multitemporal.

1.5.2. Operacionalización de variables

Tabla 1

Matriz de operacionalización de variables

Variables	Dimensiones	Indicadores	Unidad	Escala	Instrumentos
Variable 1:					Imágenes
Modelamiento del retroceso glaciar aplicando técnicas de teledetección	Superficie glaciar	Área glaciar	km ²	Razón	satelitales Landsat
		Cobertura de nieve	NDSI	Razón	Estimación de cálculos
		Volumen glaciar	m ³	Razón	
	Desglaciación	Tasa de pérdida de área	Tasa de pérdida de área	Razón	Imágenes satelitales Landsat
		Cobertura glaciar anual	Área glaciar por año	Área glaciar por año	Mapas y tablas procesadas en ArcGIS/Excel
				Razón	

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes Internacionales

En el estudio “El cambio de los glaciares y su respuesta al cambio climático en el oeste de China” (10), examinaron la transformación de los glaciares y su reacción ante el cambio climático, con el fin de, se utilizaron imágenes satelitales en 2000, 2005, 2010, 2015 y 2020 en China. Los resultados mostraron que desde 2000 a 2020, los glaciares indicaron una tendencia general de retroceso, con una disminución del área total de 15.575,94 km² a una tasa de cambio de 1,46%, mientras que de 2000 a 2010, los glaciares en el sureste de la Meseta Qinghai-Tíbet (QTP) y las Montañas Qilian experimentaron la pérdida de área más rápida (>4%/), seguidos por las Montañas Tianshan (3,31%/a), mientras que los del Pamir. En conclusión, el cambio en los glaciares se atribuyó en gran medida a la combinación de nevadas y tendencias de temperatura de verano, por lo que, los glaciares en el sureste de QTP mostraron una tendencia de retroceso acelerado, probablemente debido al aumento continuo de la temperatura. Este artículo se considera para el debate de los hallazgos de la investigación, contribuyendo a enriquecerlos y respaldarlos, ayudando a complementarlos y sustentarlo.

En el estudio “Análisis del retroceso glaciar en los Andes del Norte del Ecuador durante un período de 30 años empleando teledetección” (11), el objetivo era utilizar teledetección para estudiar el retroceso de un glaciar en las zonas nevadas de Ecuador durante un lapso de 30 años en Ecuador, respecto a la metodología empleada, se basó en un enfoque descriptivo y cuantitativo, además utilizó el software ArcGIS como herramienta para la descripción y el análisis espacial. La población se compuso de la información durante el periodo de 30 años longitudinal. Los descubrimientos indicaron que se ha producido un retroceso glacial a lo largo de los años. Según los datos de los resultados, se observó que en 1991 poseía una superficie de 19.31 Km², mientras que en 1999 se redujo a una superficie de 17.14 Km². Para concluir, gran parte de su cobertura glaciar se ha desvanecido, por lo que resulta crucial llevar a cabo mediciones regulares del volumen del glaciar para mantener un registro de su evolución a lo largo del tiempo. Este estudio se considera para el debate de los hallazgos de la investigación, contribuyendo a complementarlos y respaldarlos.

En el estudio “Análisis de susceptibilidad del flujo de escombros de los glaciares mediante la investigación de los cambios en los glaciares basado en la teledetección: un estudio de caso” (12), el propósito fue examinar el efecto de las modificaciones en el volumen de ablación del glaciar en China, para ello, se estimó el área de ablación entre 2000 y 2015 por los cambios en la elevación, asimismo se utilizó el volumen del glaciar deritiéndose en diferentes cuencas hidrográficas como principal factor para evaluar la susceptibilidad mediante teledetección y datos del Lysat para cartografiar los contornos de los glaciares. Entre los resultados, se demostró que el área de ablación más grande de aproximadamente 15,6 km² y el volumen de ablación más grande de aproximadamente 21,2 km³, además, el área de ablación más alta de aproximadamente 14,80 km² y el mayor volumen de aproximadamente 21,80 km³ se observaron en los glaciares situados entre 4000 y 4200 m de altitud. En conclusión, la altitud del glaciar tiene una influencia sustancial en el retroceso y el derretimiento del glaciar. Este artículo se toma en cuenta para la discusión de los descubrimientos de la investigación, contribuyendo a enriquecerlos y respaldarlos.

En el estudio “Pérdida acelerada de masa de glaciares en las regiones de origen de ríos y lagos más grandes de la meseta tibetana y sus vínculos con el equilibrio hídrico local durante 1976-2017” (13), el propósito era analizar las variaciones a largo plazo en el equilibrio de masa de los glaciares desde 1976 hasta 2017 mediante el uso de datos de teledetección en China, dando como resultado que la tasa media de reducción de la masa glacial ha aumentado de -0,21 ma entre 1976 y 2000, pasando a 0,14 m/a entre 2000 y 2011, y de 0,14 m/a entre 2000 y 2011, y de 0,14 m/a entre 2000 y 2011, y de 0,14 m/a entre 2000 y 2011, y posteriormente a -0,48 m/a durante 2011-17. Entre 1976 y 2017, la contribución del GML decenal a la esorrentía de la subcuenca Tuotuohe oscila entre el 4,3 y el 8,0 %, mientras que su contribución al aumento del cambio en el volumen del lago en Selin y Chibzhang oscila entre el 3,5 y el 16,3 % y entre el 19,2 y el 21,4 %, respectivamente. En conclusión, el GML de las regiones de origen hizo contribuciones relativamente pequeñas a la esorrentía de los ríos y al suministro de los lagos, pero juega un papel vital cuando disminuye la precipitación. Este artículo se considera para el debate de los hallazgos de la investigación, contribuyendo a enriquecerlos y respaldarlos.

En el estudio “Derretimiento de los glaciares y posibles impactos sobre los recursos hídricos en las Montañas Rocosas canadienses” (14), se tuvo como objetivo

cuantificar los flujos de entrada de agua de deshielo en las cuencas hidrográficas en el período 2002–2015 en Canadá, para ello se obtuvieron datos en el tiempo de los satélites, asimismo un conjunto de información sobre glaciares mediante observaciones in situ, mediciones geodésicas y un modelo de balance de masa. Los resultados revelaron un cambio de masa de hielo total de ~ 43 Gt, esto equivale a un promedio de -3056 millones de metros cúbicos anuales (MCM/año). El 78% del total de agua de deshielo fluye al oeste hacia el Océano Pacífico, mientras que el 22% fluye al este hacia el Océano Ártico y la Bahía de Hudson. En conclusión, la acumulación de agua subterránea contrarresta el derramamiento de los glaciares, lo cual se explica porque el agua de deshielo no fluye inmediatamente hacia abajo en los ríos, sino que se almacena localmente en los acuíferos. Este artículo se considera para el debate de los hallazgos de la investigación, contribuyendo a enriquecerlos y respaldarlos.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

En el estudio “Análisis Multi-Temporal del Retroceso de Glaciares Utilizando Imágenes de Satélite Landsat en el Nevado del Santuario Nacional de Ampay, Perú” (15), el propósito fue analizar el desplazamiento de la superficie glaciar en el Santuario Nacional de Ampay utilizando la serie histórica de imágenes Landsat desde 1991 hasta 2017 en Apurímac, igualmente, para un análisis de relación, se consideraron los datos climáticos de las estaciones de Tamburco y Abancay. Los hallazgos indican una significativa disminución de la superficie del glaciar a causa del incremento de la temperatura. En esta situación, en 1991, la superficie del glaciar llegó a $2,13$ km² y en 2017, llegó a $1,09$ km². Se registró una reducción de $1,04$ km², lo que equivale a una disminución del 48,92% en años recientes debido a las fluctuaciones climáticas como la temperatura y las lluvias. Se deduce que en los últimos 25 años, el retroceso glaciar del Santuario Nacional de Ampay ha mostrado una tendencia al deshielo constante, amenazando así el recurso de agua. Este artículo se considera para el debate de los hallazgos de la investigación, contribuyendo a enriquecerlos y respaldarlos.

En la investigación “Integración de modelos numéricos del rendimiento hídrico y análisis multitemporal del glaciar Huaytapallana en la subcuenca Shullcas” (16), el objetivo era examinar el efecto de las fluctuaciones multitemporales en el glaciar Huaytapallana durante junio. Se recurrió a información histórica para las variables

climáticas, hidrológicas y las imágenes Lysat multiespectrales del periodo 1985 a 2019. El resultado evidencio la pérdida de la zona de masa helada en un 54,28%, que es proporcional a una retirada de 0,438 km/año en el período 1985-2019, así se resguarda una zona actual de 18,23 km², en la que la capa de hielo aportó 0,50 m³/s normal durante los meses estivales a la corriente anual normal de la subcuenca Shullcas que es de 3,31 m³/s. El abastecimiento de agua con 75% de perseverancia corriente es 69,305 MMC/año, no obstante, la demanda es 37.149 MMC/año en el río Shullcas. En conclusión, predomina el estrés hídrico dentro de los meses de la estación seca asegurada por fuentes subterráneas cuantificadas. Este estudio se considera para el debate de los hallazgos de la investigación, contribuyendo a complementarlos y respaldarlos.

En el estudio “Modelización de la escorrentía del deshielo de los glaciares andinos tropicales bajo escenarios de cambio climático en la subcuenca del río Santa (Perú)” (17), tuvo como objetivo estimar el modelado de la disminución de la escorrentía de las capas de hielo tropical bajo el clima alteran los escenarios dentro de la subcuenca del río Santa en Ancash. La estrategia abarcó la calibración y modelación del SRM entre 2005 y 2009, haciendo uso del modelo digital de elevación (DEM), la temperatura registrada, las lluvias y la información SAC. Se estableció que la escorrentía baja en los meses estivales y acrecienta en el resto del año. De igual forma, Bajo las circunstancias de cambio climático, la escorrentía proyectada presenta un aumento considerable de enero a mayo, destacando los aumentos más notables en Walk y April, y los registros más bajos de junio a agosto. En conclusión, la muestra de escorrentía de descongelación ilustró proyecciones constantes para la recreación de corrientes crónicas en masas heladas tropicales y los registros más bajos de junio a agosto. Este artículo se considera para el debate de los hallazgos de la investigación, contribuyendo a enriquecerlos y respaldarlos.

En el estudio “Cambios de los glaciares tropicales en todo Perú entre 2000 y 2016 - balance de masa y fluctuaciones de área” (18), tuvo como objetivo analizar los cambios de los glaciares tropicales en las yes peruanas entre 2000 y 2016 en Huaraz, para ello, se obtuvieron imágenes de Lysat mediante la realización de una delineación automática basada en una combinación del método NDSI. Los resultados demostraron una pérdida total del área glaciar de 34.3 km² que equivale al 29 %, sin embargo, existen fuertes diferencias regionales y temporales en los presupuestos masivos que van desde 4 kg/m². Por otro lado, la pérdida de hielo aumentó hacia el final del período de observación, entre

2013 y 2016. Para concluir, los cambios glaciares revelados podrían estar relacionados con alteraciones en la configuración climática en la zona de estudio. Por lo tanto, es probable que las acciones de El Niño en 2015 sean el factor que impulsó el incremento de las tasas de cambio durante el periodo de 2013 a 2016. Este artículo se considera para el debate de los hallazgos de la investigación, contribuyendo a enriquecerlos y respaldarlos.

En la investigación “Impacto del cambio climático en el retroceso glaciar de la subcuenca del Río Sahuanay, provincia de Abancay en el 2017” (19), el objetivo fue analizar las repercusiones del cambio climático en el ámbito ecológico en la capa de hielo removida de la subcuenca de Sahuanay en Apurímac. Para ello, se empleó la táctica de nivel descriptivo y diseño no experimental, empleada en una población y muestra que se alinea con la superficie total del glaciar en estudio. Asimismo, se empleó la herramienta de investigación ficha de recolección de datos para realizar el procedimiento. Entre los descubrimientos se demostró que los elementos de temperatura, lluvia y humedad relativa tienen un efecto significativo en la conducta del glaciar Ampay. Esta evidencia una disminución de 0.48 km² de la masa del glaciar en los últimos diez años, con una tendencia a recuperarse en determinadas épocas. Para concluir, la tasa de desglaciación más significativa se produce en épocas de eliminación cuando las temperaturas son elevadas, con escasas lluvias y un porcentaje reducido de humedad relativa. Este estudio se considera para el debate de los hallazgos de la investigación, contribuyendo a complementarlos y respaldarlos.

2.1.3. Antecedentes locales

En la investigación “Evaluación del retroceso glaciar y sus implicancias en el recurso hídrico en la cuenca glaciar Alayripampa en los años 2013 – 2019” (20), el índice NDSI fue calculado utilizando imágenes de Lysat 8-OLI y TIRS desde 2013 hasta 2019 para establecer la masiva eliminación de hielo en Quisoquipina y Suyoparina en Cusco. Los resultados revelaron una zona de capa de hielo normal de 8,93 km², asimismo se ha demostrado que la capa de hielo se retira de 2014 a 2019 en comparación con 2013, mientras que de 1964 a 2019 se extienden caudales de 0,87 a 1,01 m³/s; y hay una relación directa entre la capa de hielo se retira y el flujo generado. En conclusión, el estado del bofedal en el campo presenta una tendencia de incremento dentro de la zona bofedal entre

el período de 2014 a 2019 en comparación con el año 2013. Este estudio se considera para el debate de los hallazgos de la investigación, contribuyendo a complementarlos y respaldarlos.

En la investigación “Evaluación de la deglaciación del nevado Ausangate y su influencia en la disponibilidad de recursos hídricos en la cuenca alta del río Pitumarca – Cusco” (21), el objetivo era medir el efecto del método de desglaciación del Nevado Ausangate en Cusco, dentro de la accesibilidad de los activos de agua de la cuenca superior de la vía fluvial de Pitumarca para el período 1986-2016 empleando imágenes satelitales Landsat, procesadas a través del uso de herramientas SIG. Los hallazgos revelaron pérdidas de 1010 ha de la cobertura nival en los 40 años, lo que equivale al 34% en relación a la superficie inicial, con una tasa de pérdida anual de 32 ha. De igual manera, el volumen del glaciar evidenció disminuciones del 43% en su habilidad para proporcionar agua. En cuencas de alta profundidad, las pérdidas de volumen por cuenca fueron de 0.07 km³ (31%) en la cuenca 499497869 y 0.42 km³ (47%) en la cuenca 499497892, a causa de su ubicación y inclinaciones. Para concluir, las cuencas que se alimentan del Nevado Ausangate experimentaron una reducción en la cobertura glaciar de su zona de influencia. Este estudio se considera para el debate de los hallazgos de la investigación, contribuyendo a complementarlos y respaldarlos.

En la investigación “Evaluación del retroceso de los glaciares Llamawasi, Yawarmaki, Q’elwaq’ocha y Ch’akilq’asa y su relación con la disponibilidad hídrica de las cuencas de los ríos Lechería y Colorado Limatambo-Cusco” (22), el objetivo era examinar el retroceso de cuatro glaciares y su relación con la disponibilidad de agua en los ríos de la Lechería y Colorado durante el periodo 2000-2015 en Cusco. Basándose en esto, simplificó el análisis multitemporal de imágenes satelitales Landsat utilizando el Índice de diferencia normalizada de nieve (NDSI) y el software ARCGIS 10.3. Los hallazgos indicaron que el retroceso del glaciar alcanzó los 24.75 km², lo que equivale al 98.21% de la superficie del glaciar. Asimismo, los caudales promedios anuales fueron 3.39 MMC, 1.86 MMC, 3.76 MMC y 1.18 MMC en Llamawasi, Yawarmaki, Q’elwaq’ocha y Ch’akilq’asa respectivamente. En conclusión, se determinó mediante análisis estadístico no hay relación crítica entre la retirada de masa glaciar y la accesibilidad del agua de los ríos Lechería y Colorado. Este estudio se considera para el

debate de los hallazgos de la investigación, contribuyendo a complementarlos y respaldarlos.

En la investigación “Estudio de retroceso glaciar en el santuario nacional de Ampay y determinación de su influencia en la agricultura de la comunidad de huayllabamba, distrito de Abancay, año 2016” (23), tuvo como objetivo analizar la retirada masiva de hielo dentro del Santuario Nacional de Ampay en Cusco, por lo que aplicó un análisis de avance multi-temporal se utilizó imágenes satelitales Lysat 5,7 y 8 grabadas por la NASA desde 1991 a 2017 que fueron procesadas mediante un dispositivo el programa de computadora ArcGIS 10.3. Entre los resultados, se estimó que el área derretida supera los 104.05 ha que representa el 48% de la superficie glaciar, mientras que en las zonas agrícolas se presentó una tendencia de disminución, pero a partir del 2001 hasta 2017 aumentó la productividad por motivo de la implementación de tecnologías de riego tecnificado. Para concluir, en la actualidad, la explotación masiva de los glaciares de Ampay repercute de manera tanto adversa como favorable en la agricultura local de Huayllabamba. Este estudio se considera para el debate de los hallazgos de la investigación, contribuyendo a complementarlos y respaldarlos.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Técnicas de teledetección

La teledetección es una disciplina y ciencia que tiene la capacidad de recolectar datos acerca de un objeto sin su interacción, ya sea de forma aerotransportada o espacial, y emplea radiación electromagnética para recolectar datos acerca del objeto. Cuando el sistema de teledetección utiliza radiación natural, se denomina teledetección pasiva y cuando el instrumento de teledetección genera su propia radiación, la teledetección activa se conoce como tal. el terreno de un glaciar está formado por nieve, hielo, piedras, desechos, agua y cada elemento presenta características distintas en los distintos espectros electromagnéticos (24).

Los estudios muestran el potencial de los datos de teledetección para proporcionar información útil para aplicaciones glaciológicas tales como: zona glacial, longitud, altura de la superficie, campos de flujo superficial, ritmos de acumulación/ablación, albedo, altura de la línea de equilibrio (ELA), relación de área de acumulación (AAR) y el gradiente de equilibrio de masa. Específicamente, los tres últimos indicadores son

cruciales para el monitoreo del equilibrio de masas, dado que responden a las variaciones anuales de los factores climáticos, como la precipitación, la temperatura y la humedad atmosférica. Si bien las tendencias recientes de retroceso de los glaciares pueden atribuirse a las fluctuaciones climáticas.

Por lo tanto, la teledetección se utiliza en zonas que son inaccesible a la observación directa para cartografiar los glaciares de montaña a gran altura, donde la tecnología de sensores remotos (RS) siempre es una mejor opción; debido a su capacidad para producir resultados significativos con una precisión aceptable a un bajo costo. La aplicación RS y el Sistema de Información Geográfica es principalmente útil para áreas remotas en concurrencia con la medición basada en el campo del modelado glaciológico (25).

2.2.2. *Infrarrojo cercano y visible óptico*

Las regiones ópticas visibles e infrarrojas cercanas (VNIR) del espectro electromagnético (0,4–3,0 μm) son los caballos de batalla de la teledetección. Los sensores en el VNIR miden la radiación radiada por el objeto, que está relacionada con la reflectancia y el albedo del objeto. La reflectancia del hielo del glaciar es elevada en las bandas de longitud de onda azul (0,4–0,5 μm) y verde (0,5–0,6 μm), pero se reduce drásticamente hasta llegar a cero en la banda roja (0,6–0,7 μm) (24).

Tabla 2

Región espectral en diferentes bandas ópticas

Bandas	Región espectral
Visible (VIS)	0.45 – 0.52 (azul)
	0.52 – 0.60 (verde)
	0.63 – 0.69 (rojo)
Infrarrojo cercano (NIR)	0.76 – 0.90
Infrarrojo de onda corta (SWIR)	1.55 – 2-35
Infrarrojos térmicos (TIR)	10.42 – 12.50

Nota. La presente tabla muestra las diferentes bandas y la región espectral que estas cubren.

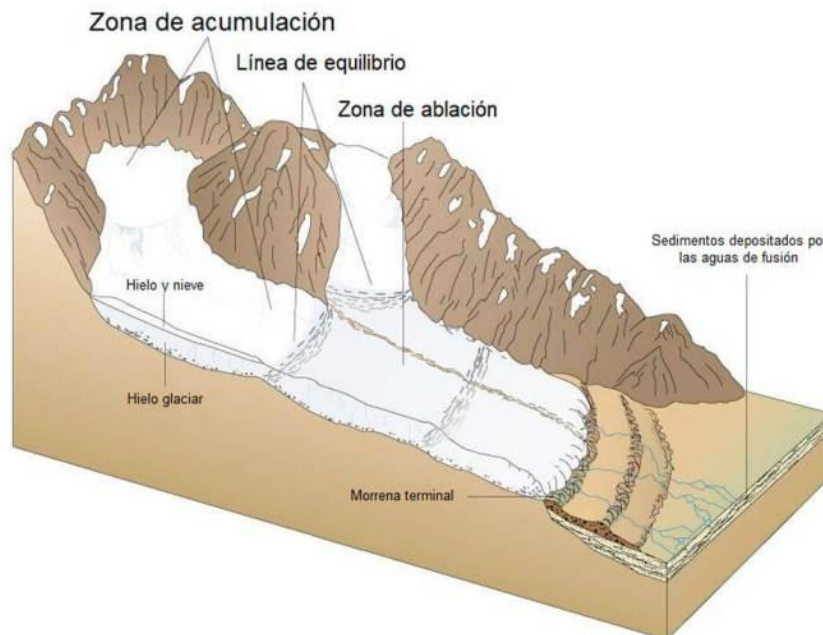
2.2.3. Retroceso glaciar

Los glaciares montañosos son muy vulnerables a las fluctuaciones de temperatura y lluvia y constituyen componentes geomórficos en constante actividad que moldean los rasgos geográficos de las zonas glaciares, que son huellas directas de glaciaciones pasadas, proporcionan pruebas fiables de la evolución de la criosfera pasada y contienen información importante sobre las variables climáticas. Los glaciares montañosos son muy vulnerables a los cambios de temperatura, lluvia y constituyen componentes geomórficos en constante actividad que moldean los rasgos geográficos de las zonas glaciares (25).

Tras el término de la Pequeña Edad de Hielo, la rápida reducción de los glaciares en áreas de alta montaña de latitud media impulsó la rápida adaptación de los procesos geomorfológicos, hidrológicos y de formación del suelo. A lo largo de los entornos recién desglaciados y los sistemas proglaciales, se formaron o aparecieron nuevos accidentes geográficos después del retroceso del frente del glaciar, lo que permitió la colonización biológica. Hoy en día, los sistemas preglaciares se encuentran entre los paisajes que cambian más rápidamente en la superficie de la Tierra (26).

Figura 1

Geomorfología de los glaciares



Nota. La figura muestra el relieve de los glaciares y las partes que lo componen.

2.2.3.1. Importancia de los glaciares

Los glaciares son lugares con grandes cantidades de hielo situados en áreas alto andinas cercanas a los 5000 msnm que abarcan el ~10% de la superficie terrestre del planeta. Sin embargo, en la mayoría del mundo están en rápida disminución, causando impactos cascadícticos en los sistemas de aguas bajas. Por ende, producen señales singulares en el flujo de los ríos en periodos en los que otras fuentes de agua están en declive (27).

El espesor medio de estas capas de hielo varía entre 14 y 22 m, y su relevancia reside en su habilidad para diseminar gradualmente el agua hacia los entornos de agua baja producir señales únicas en la corriente de los ríos en momentos donde otras fuentes de agua están en descenso como las montañas y la costa, de manera individual. Además, las grandes masas de agua helada tropical son magníficos señales del progreso climático y representan grandes reservas de agua dulce (28).

2.2.4. Cobertura glaciar anual

El estudio de la cobertura anual de los glaciares es un instrumento esencial en investigaciones de seguimiento multitemporal de las masas glaciares, permitiendo evaluar la superficie glaciar existente para cada año dentro de un periodo de observación.

En Perú, investigaciones aplicadas en glaciares andinos como el Ausangate, Huaytapallana o el Santuario Nacional de Ampay, han utilizado series anuales de imágenes Landsat procesadas con NDSI para identificar reducciones significativas en la cobertura glaciar en lapsos relativamente cortos, validando así el valor de este enfoque en zonas de difícil acceso y con escasa infraestructura de monitoreo terrestre (29).

2.2.5. Sensibilización ambiental

La consciencia ecológica surge de la asimilación de valores como: el bienestar colectivo, la bondad, la convivencia, la honestidad, la responsabilidad, la cooperación, entre otras. Se trata de desarrollar un individuo más sensible, solidario, amoroso y respetuoso hacia los demás y su ambiente. La declaración presentada ha propiciado un análisis de la realidad ambiental, considerando apropiado incorporar en el proceso educativo la concienciación como un componente Socioeducación fundamental para la supervivencia de los seres vivos. Por lo tanto, cualquier acción orientada a mejorar las

condiciones socioambientales debe ser asumida por los miembros de un grupo institucional (8).

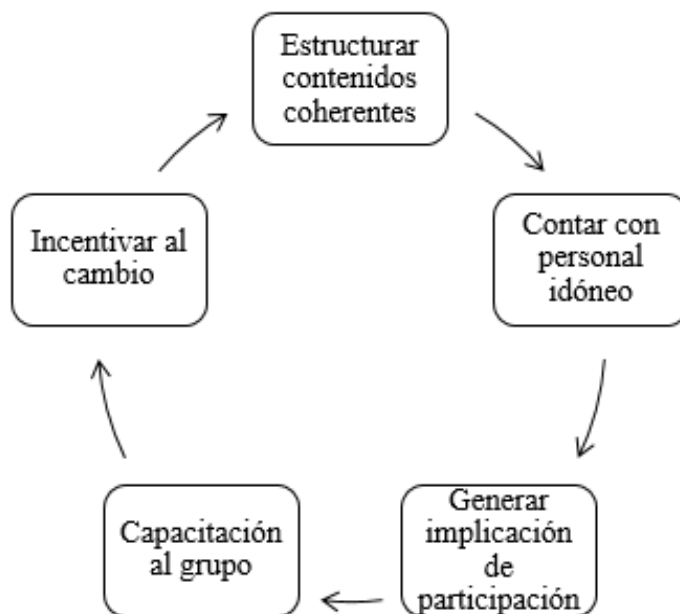
Es fundamental la conservación de los recursos, demanda sensibilizarse acerca de la muerte de la biodiversidad mediante estrategias de educación y concienciación ambiental para la sostenibilidad. Por esta razón, se ve como un instrumento imprescindible para guiar y meditar sobre la conexión entre el ser humano y el entorno natural y la relevancia de las acciones humanas, así pues, la conciencia ambiental posibilita modificar las actitudes y conductas de la sociedad, entender, razonar para interpretar, tomar decisiones y actuar, utilizando diversas estrategias pedagógicas (30).

2.2.6. Metas en la sensibilización ambiental

De acuerdo a Tapia (2021) las metas de la sensibilización ambiental se establecen de la siguiente manera.

Figura 2

Metas en la Sensibilización Ambiental



Nota. Obtenido a partir de “Programa de administración ambiental y su impacto en la sensibilización y concientización ambiental del nivel primario de la Institución Educativa Mártir Daniel Alcides Carrión N° 0142, S.J.L - Lima; 2019” (31).

2.3. Definición de términos básicos:

2.3.1. *Geomática*

2.3.2. Se trata de un término científico contemporáneo que se utiliza para describir la combinación sistémica de técnicas y metodologías de recolección, almacenaje, procesamiento, análisis, exposición y distribución de datos con referencia geográfica (32).

2.3.3. *Glaciar*

Un glaciar es un conjunto de hielo que transforma agua en agua sólida (como la nieve, el granizo o la escarcha) en hielo, retornándola en forma de vapor (a través de la evaporación o sublimación) o en forma líquida (agua que se precipita por el torrente emisario). El equilibrio de masa de un glaciar se refiere a la correlación entre estos aumentos y reducciones de masa (33).

2.3.4. *ArcGis*

Es actualmente la tecnología de referencia en los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Esta tecnología ha sido desarrollada y mejorada por la compañía propietaria ESRI (Environmental Systems Research Institute) desde hace más de 30 años.

Se compone de una gama de productos software escalables que emplean la misma arquitectura de componentes (ArcObjects) y que facilitan la creación, gestión, manipulación, edición, análisis y distribución de la información geográfica. Cada producto está diseñado y pensado para llevar a cabo cada una de las etapas de un proyecto SIG (34).

2.3.5. *Análisis multitemporal*

Los análisis multitemporales se enfocan en el análisis de la variación de coberturas en un área de estudio, para lo cual se han utilizado extensamente las imágenes aéreas y satelitales. En estos últimos, se utiliza la unidad mínima de los archivos de raster, conocida como pixel. En estos estudios, se asigna una clase a los pixeles que constituyen la matriz del raster, estos cuando se agrupan forman el clúster, los cuales, tras ser procesados, pueden convertirse o no en unidades de área; el contraste entre el número de pixeles o área de una categoría determinada en imágenes capturadas en distintos

intervalos de tiempo sobre la misma área, facilita la comparación de las variaciones en las coberturas (35).

2.3.6. Variabilidad Climática

El término variabilidad climática se refiere a las fluctuaciones del estado medio y a otras propiedades estadísticas (desviación habitual, eventos extremos, etc.) del clima en todas las dimensiones temporales y espaciales más extensas que las de los fenómenos climáticos. La variabilidad puede atribuirse a procesos internos naturales del sistema climático (variabilidad interna) o a variaciones provocadas por factores externos, ya sean naturales o humanos (36).

2.3.7. Imágenes Satelitales Landsat

Las imágenes Landsat se caracterizan por la variedad de bandas que las componen. Estas imágenes se clasifican en dos categorías: Landsat 7 (sensor ETM+) y Landsat 5 (sensor TM); ambas poseen 7 bandas de múltiples espectros que fluctúan entre el infrarrojo visible y el infrarrojo medio, con una resolución de 30 metros, en la mayoría de ellas. No obstante, la distinción entre ambas se encuentra en que las Landsat 7 cuentan con una banda pancromática de 15 metros, mientras que la banda termal incrementa su resolución de 120 a 60 metros. Cada escena abarca 180*175 km². Las principales aplicaciones de estas imágenes se centran en reconocer y clasificar las distintas capas existentes en la superficie de la Tierra, así como en determinar la humedad del terreno, categorizar la vegetación, elaborar mapas hidrotermales y realizar investigaciones multitemporales (37).

2.3.8. Landsat 8

Landsat 8 es un satélite de observación terrestre diseñado, desplegado y en funcionamiento gracias a la cooperación de la NASA y el USGS. La investigación de los datos se lleva a cabo a través de dos sensores clave. El satélite funciona a través de luz visible, infrarrojo próximo, infrarrojo de onda corta e infrarroja térmica (de onda extendida). Las bandas de Landsat 8 se categorizan en 11 tipos distintos, basándose en la longitud de onda de su visión (38).

2.3.9. NDSI

Es un número que muestra la cobertura de nieve en regiones de tierra. Esto es esta fórmula. utiliza bandas espectrales verdes y de onda corta de infrarrojos (SWIR) con el fin de diseñar el mapa de la cubierta nocturna. Dado que la nieve absorbe la mayor parte de la radiación que llega al SWIR, en cambio, las nubes no, esto permite a NDSI distinguir entre la nieve y las nubes. Esta fórmula se utiliza a menudo en la creación de mapas de cobertura de nieve y hielo, así como en la supervisión de glaciares (39).

2.3.10. NDWI

El Índice Diferencial de Agua Normal (NDWI) se emplea en el estudio de las masas de agua. En imágenes de teledetección, el indicador utiliza bandas verdes e incluso infrarrojas El NDWI tiene la capacidad de optimizar la información relacionada con el agua de forma eficaz en la mayoría de las situaciones. La acumulación de tierra impacta y lleva a la sobreestimación de los cuerpos de agua. Los productos NDVI pueden utilizarse en conjunto con los productos NDWI para examinar el contexto de las áreas de cambio aparente (40).

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Métodos, tipo o alcance de la investigación

3.1.1. Tipo y método

El análisis es de carácter básico, dado que produce nueva información y facilita la formación de un vacío de saberes. Por otro lado, es de carácter cuantitativo, debido a que se basa en la recolección y análisis de información numérica relacionada con el retroceso glaciar del nevado Salkantay. Mediante instrumentos como imágenes de satélite, análisis SIG (Sistemas de Información Geográfica) y investigaciones multitemporales, se pretende evaluar y comparar la reducción de la cobertura del glaciar en distintos periodos de tiempo. Este enfoque permite establecer relaciones objetivas, identificar tendencias y proporcionar una base científica y medible para sustentar la propuesta de sensibilización ambiental (41).

3.1.2. Alcance

Esta investigación es de alcance descriptivo, ya que se caracteriza por detallar el comportamiento del retroceso glaciar, representándolo mediante mapas temáticos, tablas y gráficos, utilizando técnicas de teledetección; este tipo de estudio se centra en examinar y detallar fenómenos tal y como suceden en su ambiente natural, sin alterar las variables, además se documentan las variaciones en la cobertura de los glaciares a través del tiempo (41).

Por otro lado, el estudio posee un componente propositivo, dado que el objetivo es sugerir soluciones y tácticas que favorezcan la concienciación ambiental de los habitantes de Mollepata ante el fenómeno del retroceso glaciar. Basándose en los hallazgos del análisis descriptivo, se elaboraron sugerencias enfocadas en la educación y la sensibilización local, como charlas informativas, actividades comunitarias y la creación de materiales educativos; la investigación propositiva no solo se limita a la descripción, sino que también busca generar soluciones o recomendaciones fundamentadas en los resultados obtenidos. Así no solo se dedica a caracterizar el fenómeno, sino también a proponer acciones que ayuden a la población local a enfrentar los impactos derivados del retroceso glaciar (41).

Por lo tanto, la investigación tiene un enfoque descriptivo-propositivo, al caracterizar el retroceso glaciar entre 2013 y 2023 y proponer estrategias para la sensibilización de la población local.

Asimismo, el alcance longitudinal retrospectivo se aplica en este estudio, ya que se recopilarán datos en diferentes momentos del tiempo (2013-2023) sobre la misma población, permitiendo evaluar los cambios a lo largo de dicho período (42).

3.2. Materiales y métodos

3.2.1. *Diseño de la investigación*

3.2.2. El diseño es de naturaleza no experimental ya que la variable de estudio no se somete a condiciones experimentales. Los objetos de evaluación se examinan en su contexto habitual, sin ninguna alteración en la situación presente (43). En este contexto, se llevó a cabo una investigación sobre las condiciones naturales del desplome glaciar del Nevado Salkantay.

3.2.3. *Población y muestra*

La población se compone del conjunto de imágenes satelitales disponibles del nevado Salkantay desde 2013 hasta 2023, generadas por Landsat 8.

Las muestras son las imágenes satelitales del nevado Salkantay comprendidas desde el año 2013 al 2023, el muestreo será un muestreo intencional aplicando criterios de inclusión y exclusión.

Criterios de Inclusión

- Imágenes Satelitales del nevado Salkantay dentro del periodo 2013 – 2023.
- Imágenes satelitales con menos de 20% de nubosidad.
- Imágenes comprendidas en temporada seca en el área de estudio, específicamente en los meses; mayo, junio, julio y agosto.
- Imágenes pertenecientes al satélite; Landsat 8, colección 2 y nivel 1.
- Criterios de exclusión.
- Imágenes Satelitales del nevado Salkantay fuera del periodo 2013 – 2023.
- Imágenes satelitales por encima de 20% de nubosidad.

- imágenes comprendidas en temporada de lluvias.

3.2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas de teledetección en la investigación de los glaciares permiten mitigar muchos de los problemas logísticos asociados con la realización de mediciones in situ (44). Así pues, en este estudio se empleó la técnica de observación indirecta a través de imágenes satelitales del Landsat, el estudio crítico para comprender el comportamiento y la evolución de los glaciares a través del registro visual histórico.

Los instrumentos de recopilación de datos que se emplearon en el campo del estudio en relación con la composición de la cubierta terrestre en la superficie del glaciar se establecen a través de los datos de detección remota para el mapeo y el análisis espacial. Estos datos se recolectan a través de imágenes satelitales del Landsat y fichas de información sobre el área, longitud, perímetro y altura del glaciar durante el lapso desde 2013 hasta 2023 en el entorno SIG utilizando Arc GIS 10.2.

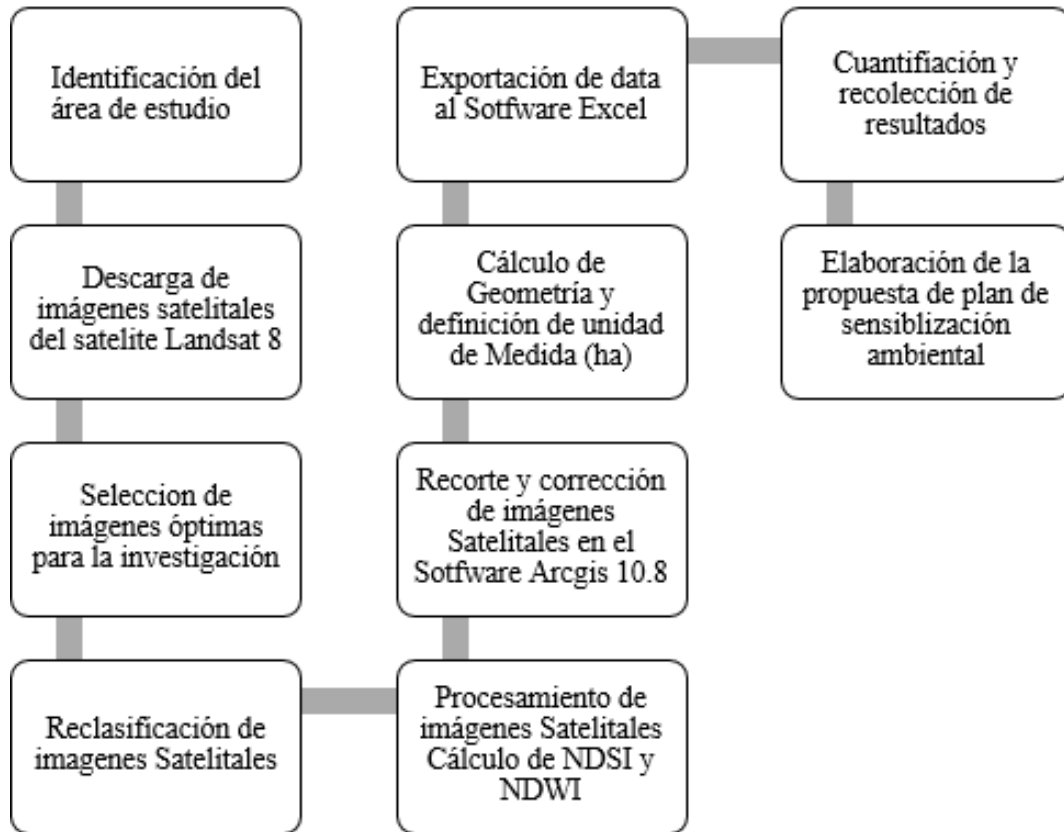
3.2.5. Métodos

Para analizar la fluctuación en el tamaño de los glaciares y la composición de su superficie, se realizó un análisis de una serie de años concretos siguiendo la metodología de (45). En este estudio, se capturaron imágenes satelitales del satélite Landsat 8, las cuales fueron preprocesadas con el software ArcGis 10.4.1., donde se hará correcciones geométricas, correcciones de reflectancia y combinación pancromática.

Posteriormente las imágenes han sido procesadas, dándonos como resultado la temperatura superficial, cobertura glaciar, extensión superficial, las cuales nos sirven para estimar la cobertura glaciar entre los años 2013 y 2023.

Figura 3

Diagrama del proceso de análisis multitemporal del retroceso glaciar del nevado Salkantay



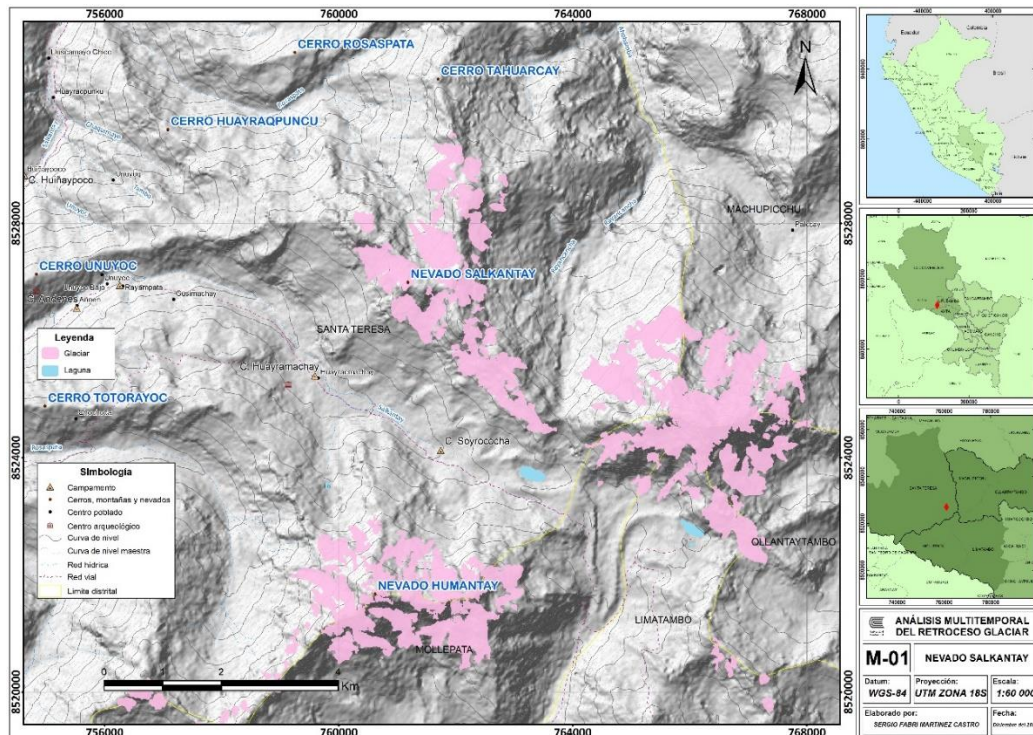
Nota. El diagrama muestra los procedimientos a seguir para el cálculo de la pérdida de la cobertura de nieve en el nevado Salkantay. Tomado de (45).

3.2.6. Identificación del área de estudio

El área de estudio, del Nevado Salkantay, se encuentra en la cordillera Vilcabamba, entre los distritos de Mollepata, Vilcabamba, Limatambo, Santa Teresa, Ollantaytambo y Machupicchu, a su vez en las provincias de Anta, La Convención y Urubamba en el departamento de Cusco.

Figura 4

Delimitación geográfica del Nevado Salkantay



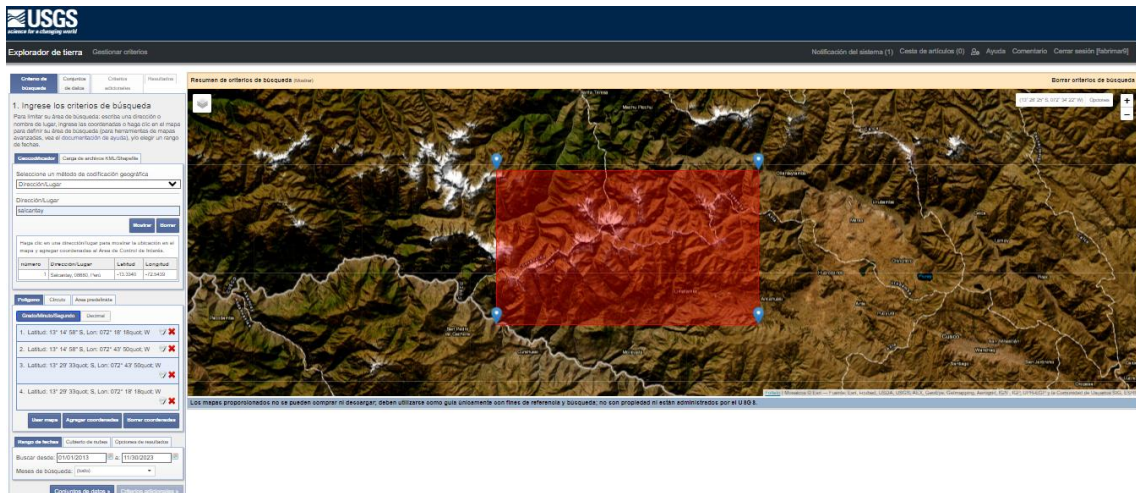
3.2.7. Descarga y obtención de Imágenes satelitales Landsat 8

Para adquirir imágenes satelitales del área de interés, inicialmente es necesario acceder al portal Earth Explorer, gestionado por el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS). Después de haber entrado en la plataforma, se usó como criterio de búsqueda imágenes satelitales por debajo del 20% de nubosidad, esto con la finalidad de obtener imágenes con más información válida que permite obtener los resultados esperados.

Para adquirir imágenes satelitales del área de interés, inicialmente es necesario acceder al portal Earth Explorer, gestionado por el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS). Después de haber entrado en la plataforma, se procede a delimitar el área de estudio, lo cual se puede hacer trazando un polígono o ingresando las coordenadas geográficas de la zona específica que se desea analizar. Después de definir el área, se debe seleccionar el rango de fechas durante el cual se necesitan las imágenes satelitales, lo que permitirá filtrar y visualizar únicamente aquellas capturas tomadas en el período de tiempo requerido para la investigación.

Figura 5

Delimitación del área de estudio

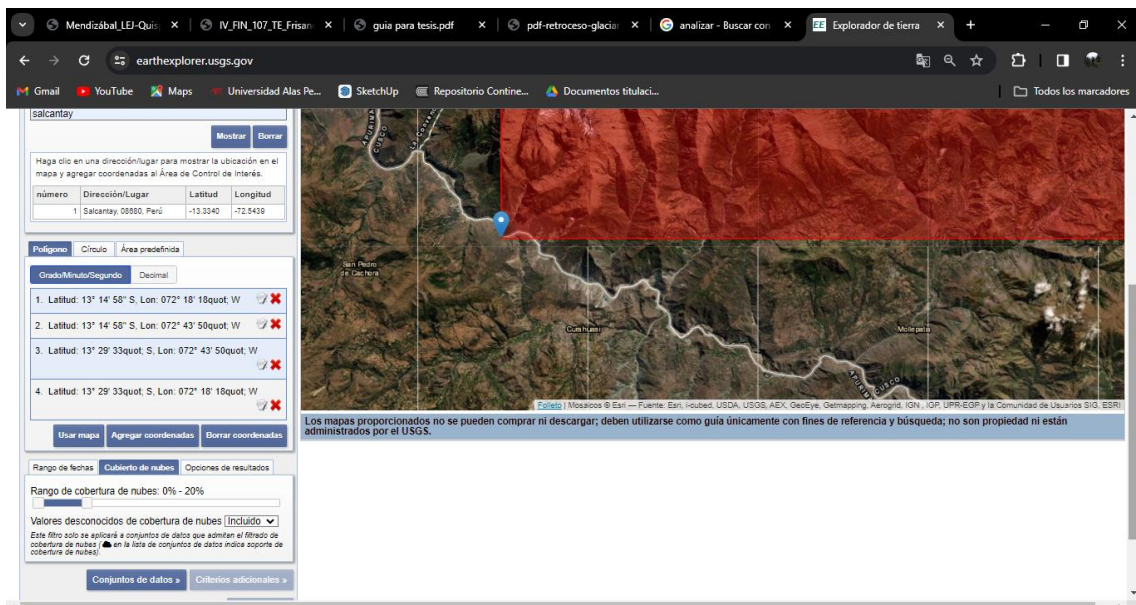


Nota. Tomado de USGS (46).

La búsqueda de imágenes satelitales se filtra con el objetivo de tener un porcentaje reducido de nubosidad, para así obtener un mayor detalle de la imagen y obtener resultados válidos, se tomaron imágenes con menos 20% de nubosidad como criterio para ser procesadas.

Figura 6

Filtrado de búsqueda para la obtención de imágenes satelitales

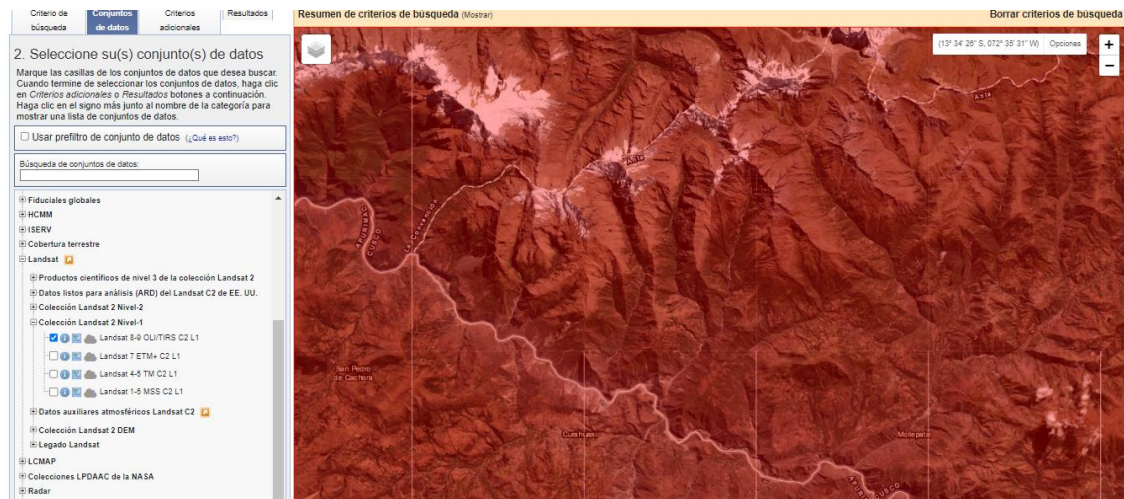


Nota. Tomado de USGS (46).

Se toma en cuenta que las imágenes serán obtenidas del satélite Landsat 8 con el sensor OLI de la colección 2 y el nivel 1.

Figura 7

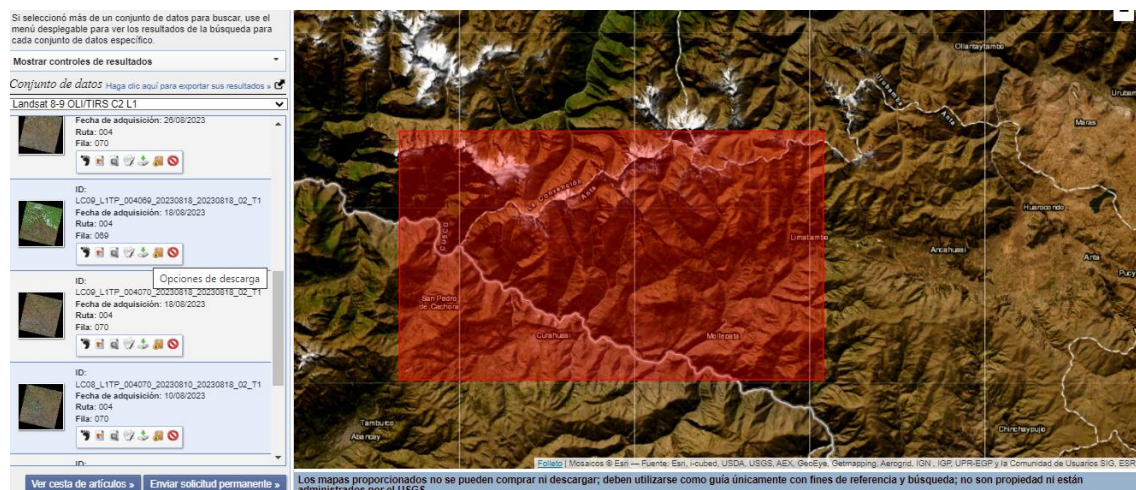
Selección de satélite proveedor de imágenes satelitales



Nota. Tomado de USGS (46).

Figura 8

Selección y descarga de imágenes



Nota. Tomado de USGS (46).

Tabla 3

Lista de imágenes satelitales obtenidas para la presente investigación

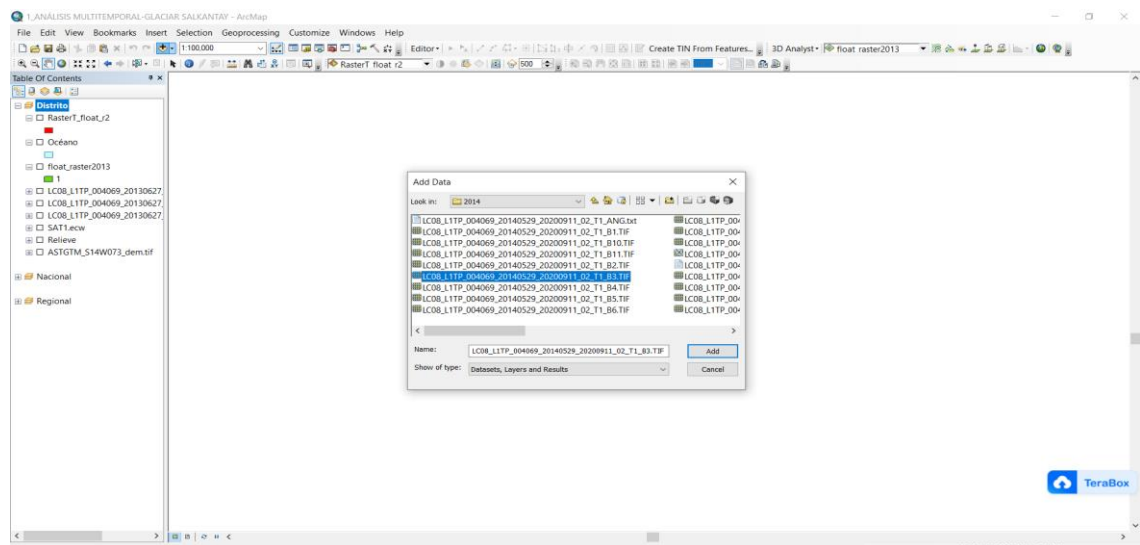
Fecha	Código
27/06/2013	LC08_L1TP_004069_20130627_20200912_02_T1
29/05/2014	LC08_L1TP_004069_20140529_20200911_02_T1
04/08/2015	LC08_L1TP_004069_20150804_20200908_02_T1
29/08/2016	LC08_L1TP_005069_20160829_20200906_02_T1
24/07/2017	LC08_L2SP_004069_20170724_20200903_02_T1
28/08/2018	LC08_L2SP_004069_20180828_20200831_02_T1
30/07/2019	LC08_L1TP_004069_20190730_20200827_02_T1
17/08/2020	LC08_L1TP_004069_20200817_20200920_02_T1
03/07/2021	LC08_L1TP_004069_20210703_20210712_02_T1
06/07/2022	LC08_L2SP_004069_20220706_20220722_02_T1
18/08/2023	LC09_L1TP_004069_20230818_20230818_02_T1

3.2.8. Cobertura glaciar multitemporal a través de NDSI

Para determinar la cobertura multitemporal del glaciar en el nevado Salkantay mediante el Índice Diferencial Normalizado de Nieve, se llevó a cabo el procedimiento siguiente:

Figura 9

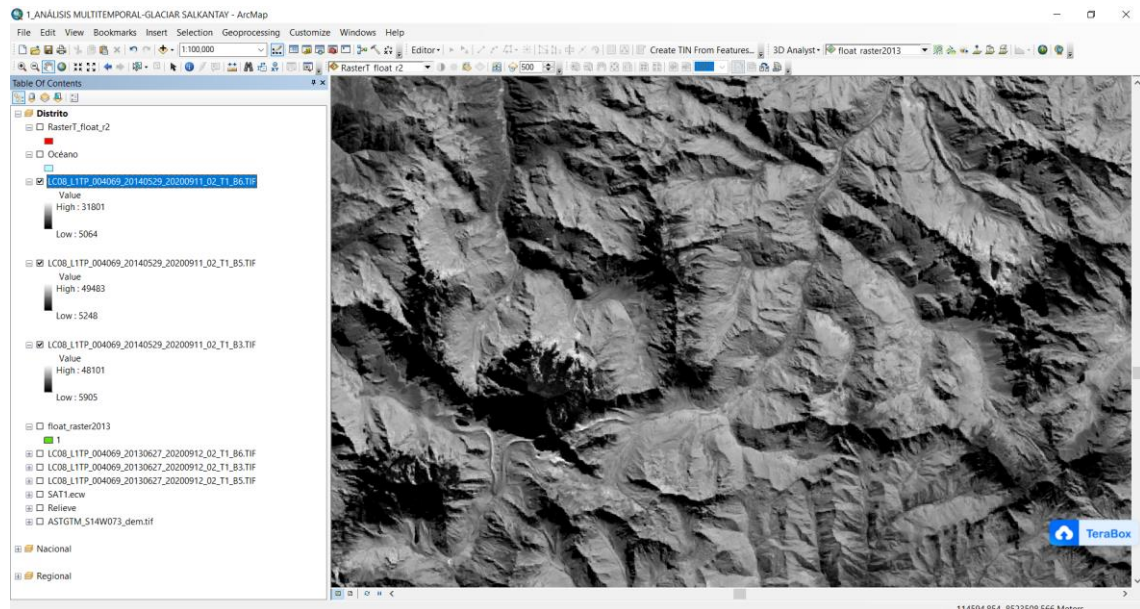
Importación de imágenes



Se importan las imágenes satelitales descargadas de Landsat 8, imágenes correspondientes a las bandas 3, 5 y 6 de los años 2013 – 2023.

Figura 10

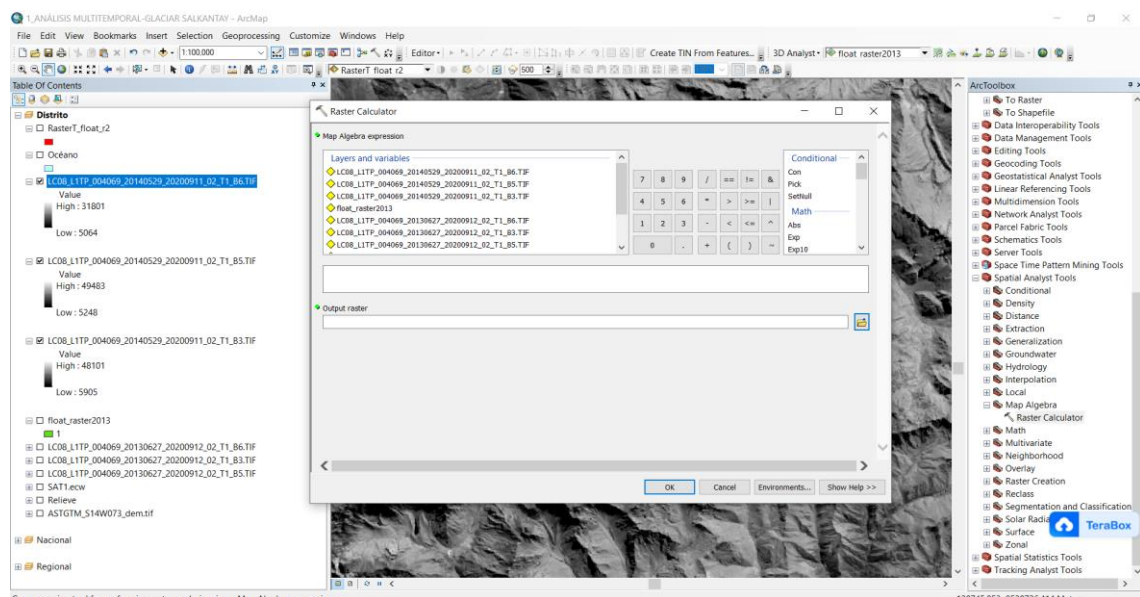
Imágenes satelitales importadas (bandas 3 y 6)



La caja de herramientas arctoolbox se despliega para el geoprocesamiento de las imágenes. Usando la herramienta ráster calculator, efectuamos el cálculo de NDSI en los periodos de estudio.

Figura 11

Imágenes satelitales importadas (bandas 3 y 6)



Se lleva a cabo una clasificación no supervisada y se realiza la determinación de NDSI. en los periodos de estudio.

El NDSI (en inglés, Índice Normalizado de Diferencia de Nieve), es frecuentemente utilizado para identificar la presencia de nieve. Este procedimiento permite distinguir entre la cobertura de nubes, nieve o hielo.(47)

A continuación, la fórmula para el cálculo del NDSI:

$$NDSI = \frac{b2 - b5}{b2 + b5}$$

Donde:

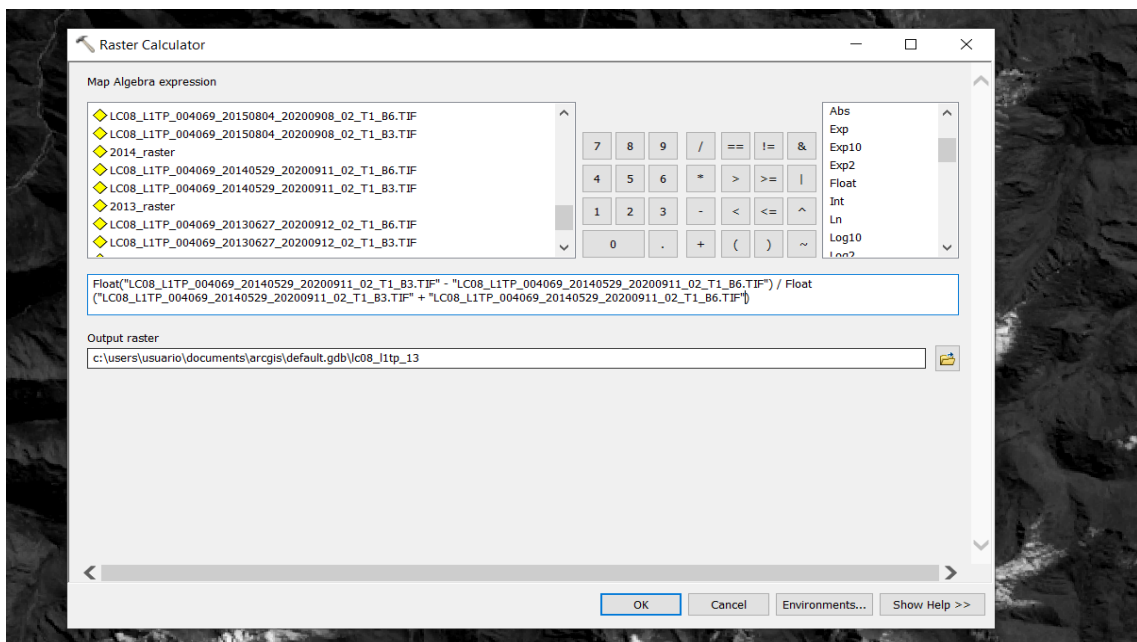
B2: Banda 2 Parte visible Verde del espectro (Green)

B5: Banda 5 Infrarrojo de Onda Corta

Se abre Ráster Calculator donde se ingresa la fórmula anteriormente mencionado, este procedimiento se ejecuta para cada imagen.

Figura 12

Raster calculator

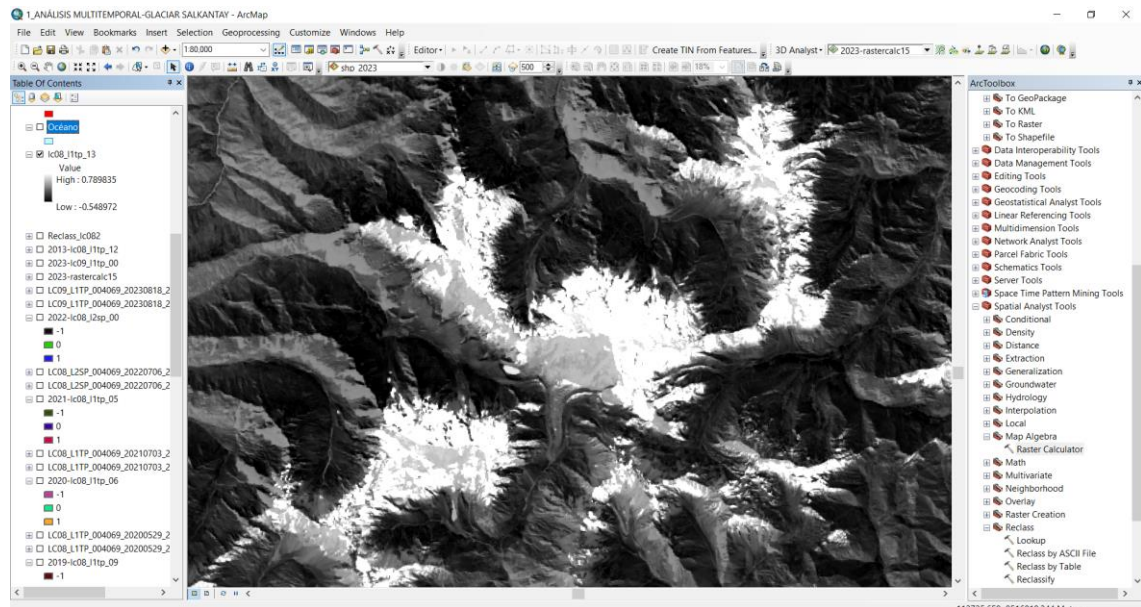


Como resultado del proceso de cálculo del Índice Normalizado de Diferencia de Nieve (NDSI), se obtiene una imagen en la que se identifica con mayor claridad la cobertura de nieve presente en el área de estudio. Este índice hace más evidentes las áreas

nevadas, simplificando su identificación y estudio, lo que resulta esencial para valorar las variaciones en la cantidad de nieve en el área estudiada.

Figura 13

Cálculo de NDSI



Mediante el uso de la herramienta de reclassificación, se reorienta el índice diferencial normalizado de nieve.

Figura 14

Clasificación de NDSI

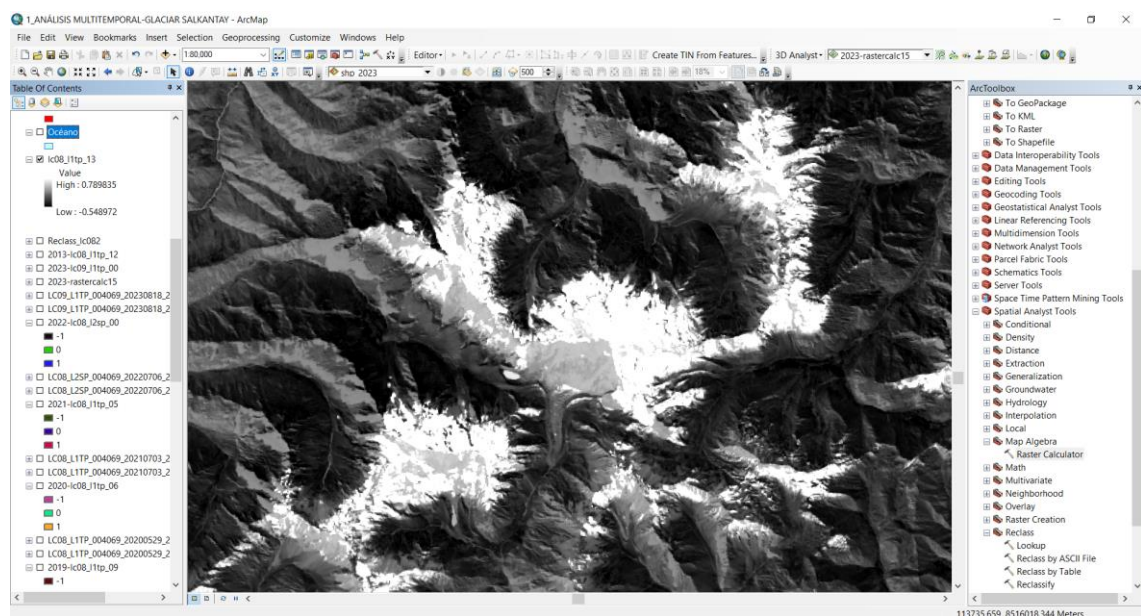
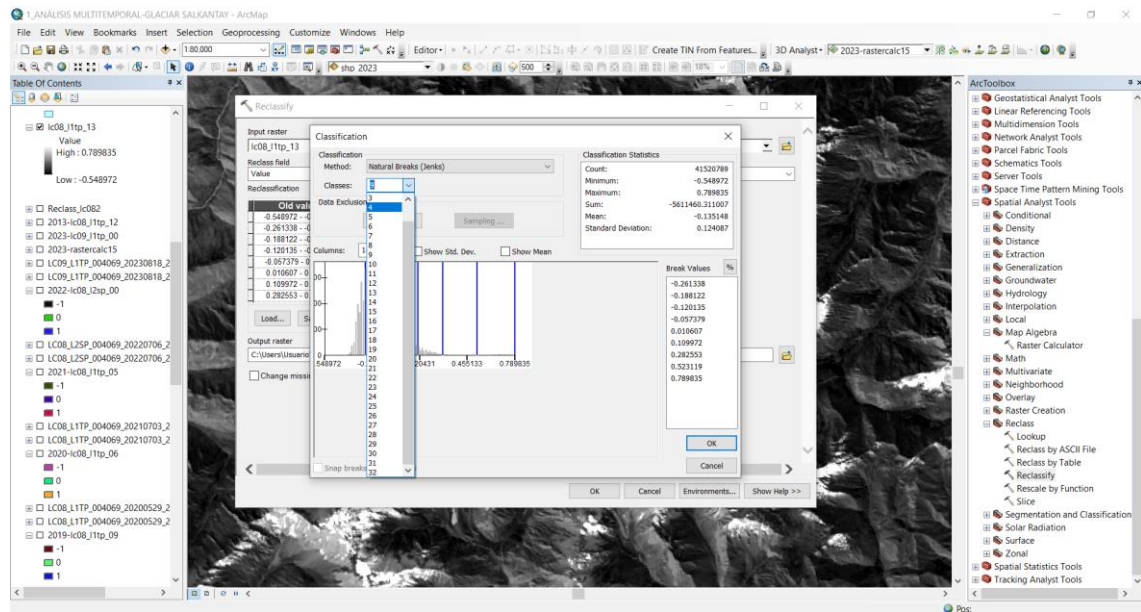
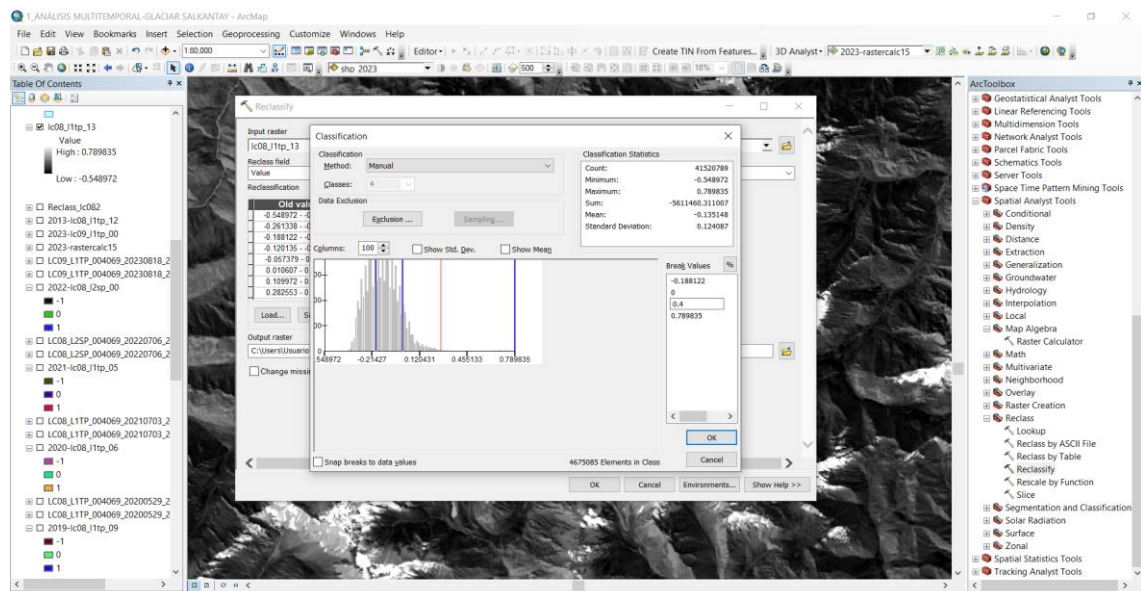


Figura 15
Clasificación en 4 clases



Se cambian los porcentajes de clasificación de acuerdo al rango de clasificación del NDSI, esto con el fin de que se identifiquen claramente los glaciares existentes.

Figura 16
Variación de porcentajes de clasificación

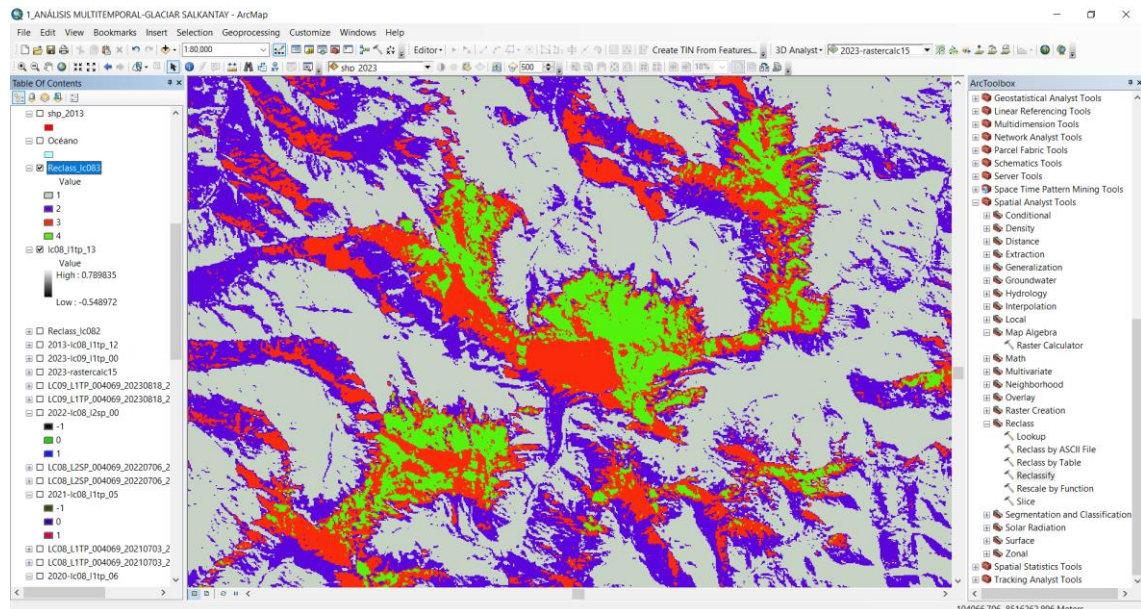


El producto del proceso de reclasificación produce una imagen donde es evidente la cobertura del glaciar, evidenciada a través del color verde, que señala la localización

de los nevados en el área de análisis. Esta ilustración simplifica la comprensión visual y el examen espacial de la ubicación de los glaciares en la región.

Figura 17

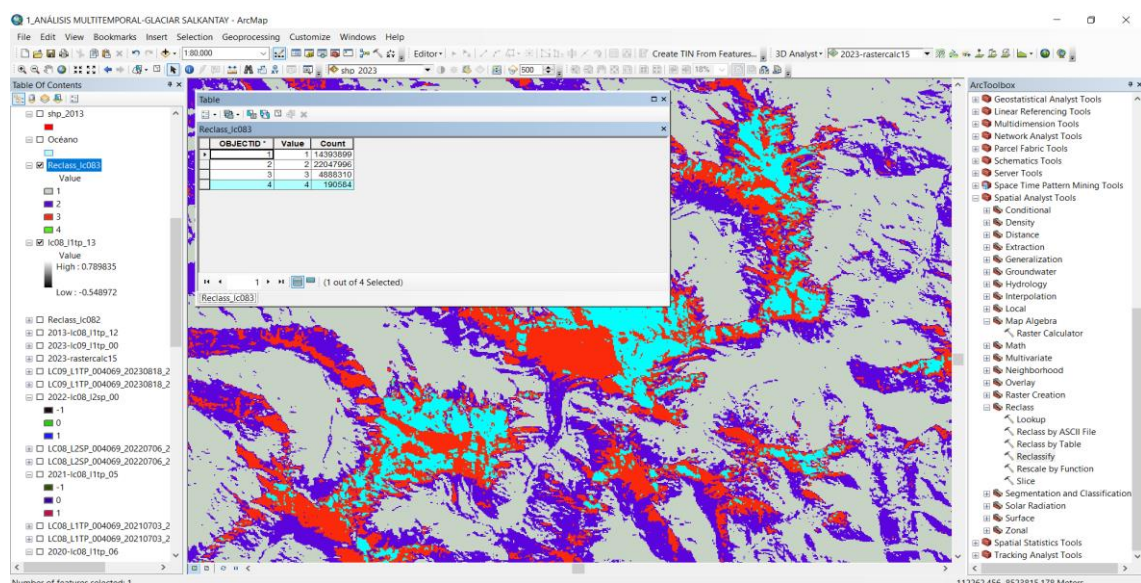
Resultado de la reclasificación



A través de la tabla de atributos seleccionamos los nevados existentes, con el fin de que podamos exportarlos en formato vector.

Figura 18

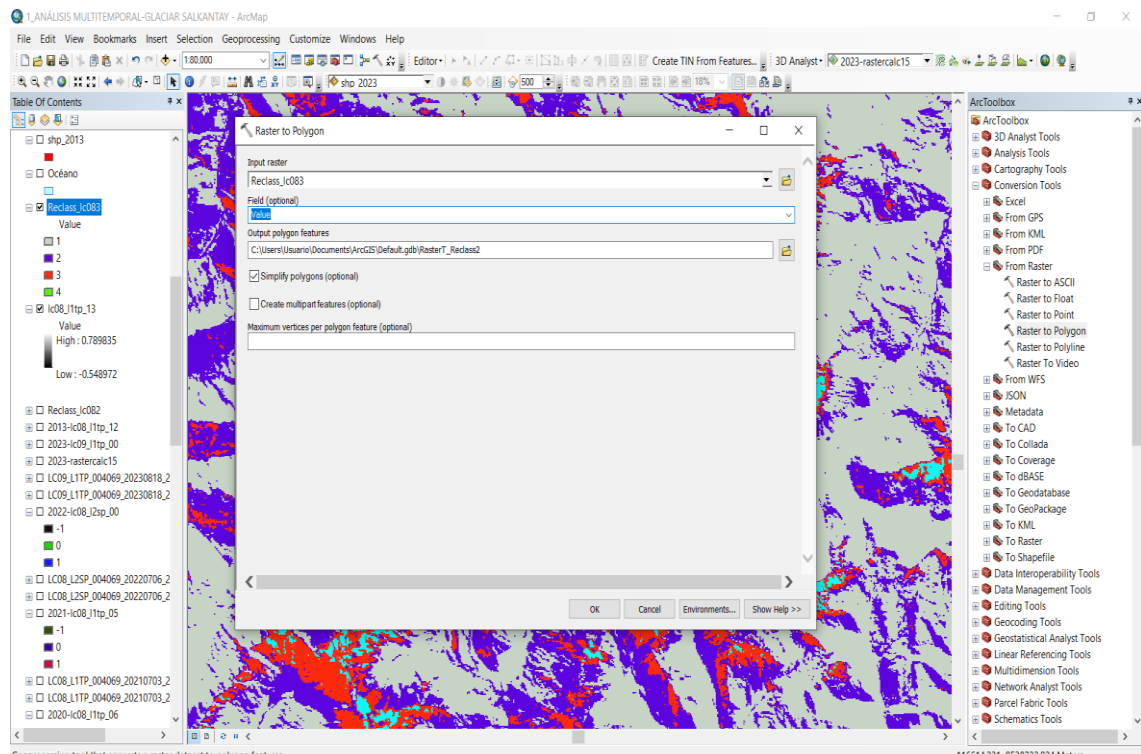
Tabla de atributos



Con la ayuda nuevamente del arctoolbox (raster to polygon) , convertimos nuestro raster a vector (shp).

Figura 19

Conversión de raster a vector



En el contexto del estudio multitemporal, se estableció la superficie de cobertura glacial del nevado Salkantay para cada año desde 2013 hasta 2023. El cálculo del Índice Diferencial Normalizado de Nieve (NDSI) se realizó a partir de imágenes Landsat 8 procesadas en ArcGIS. A través de la herramienta de clasificación y reclasificación, se delimitó la superficie glacial por año, permitiendo cuantificar su extensión individual en hectáreas.

Resultado de la conversión a shape de la imagen satelital del año 2013.

Figura 20

Resultados en formato vector (Shape)

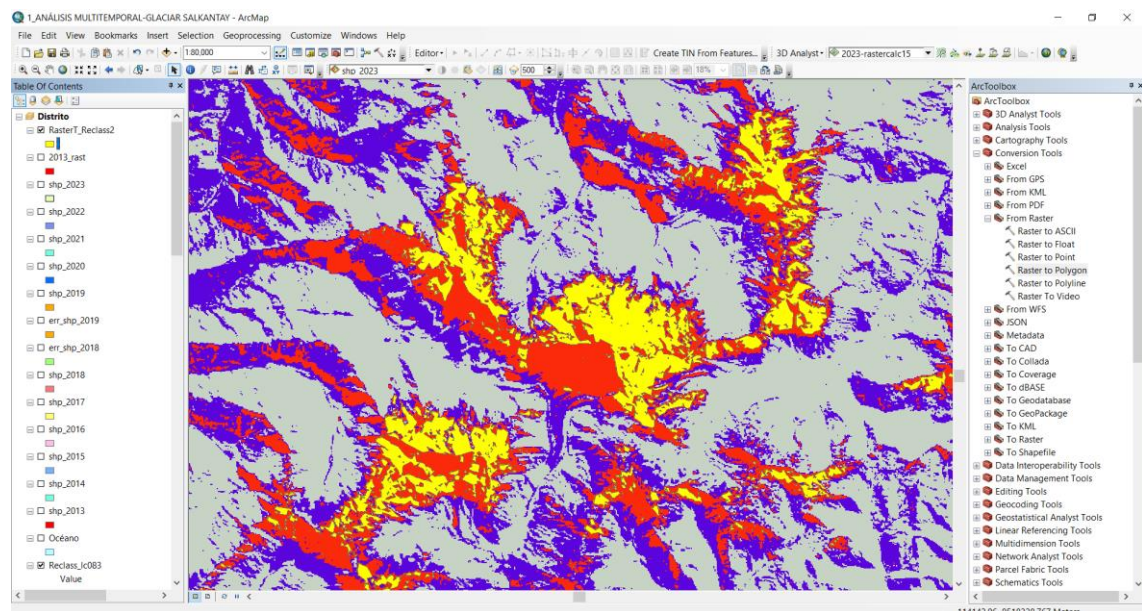
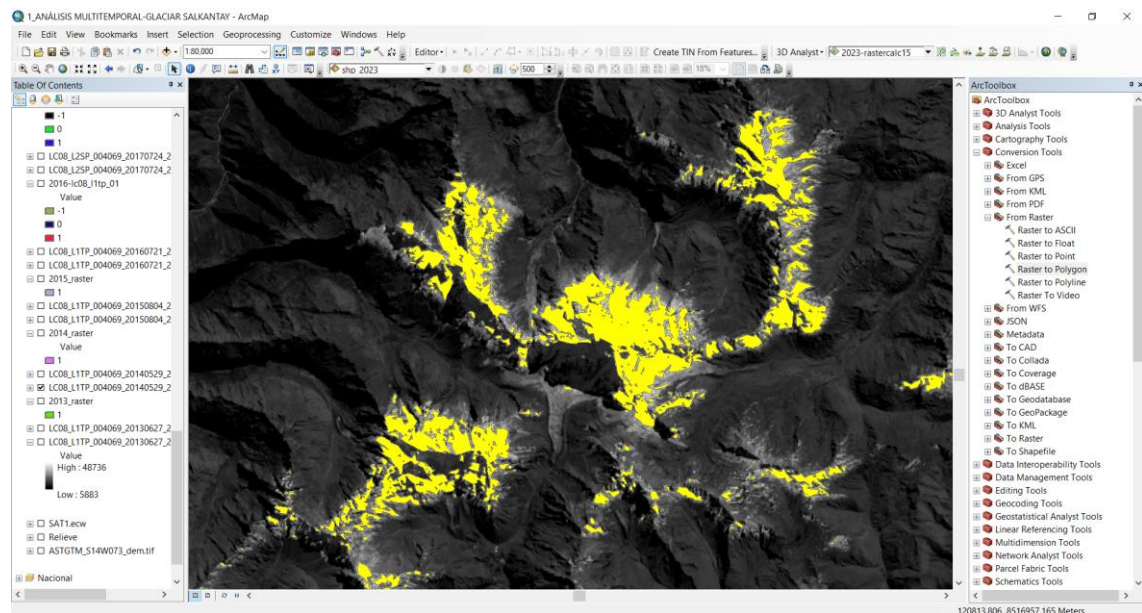


Figura 21

Imagen satelital 2014



El mismo método se utiliza para las imágenes satelitales del periodo 2015–2023, con la meta de garantizar la comparación de los resultados obtenidos y examinar la progresión temporal de la cobertura glacial en el área de análisis.

Figura 22

Imagen satelital 2015

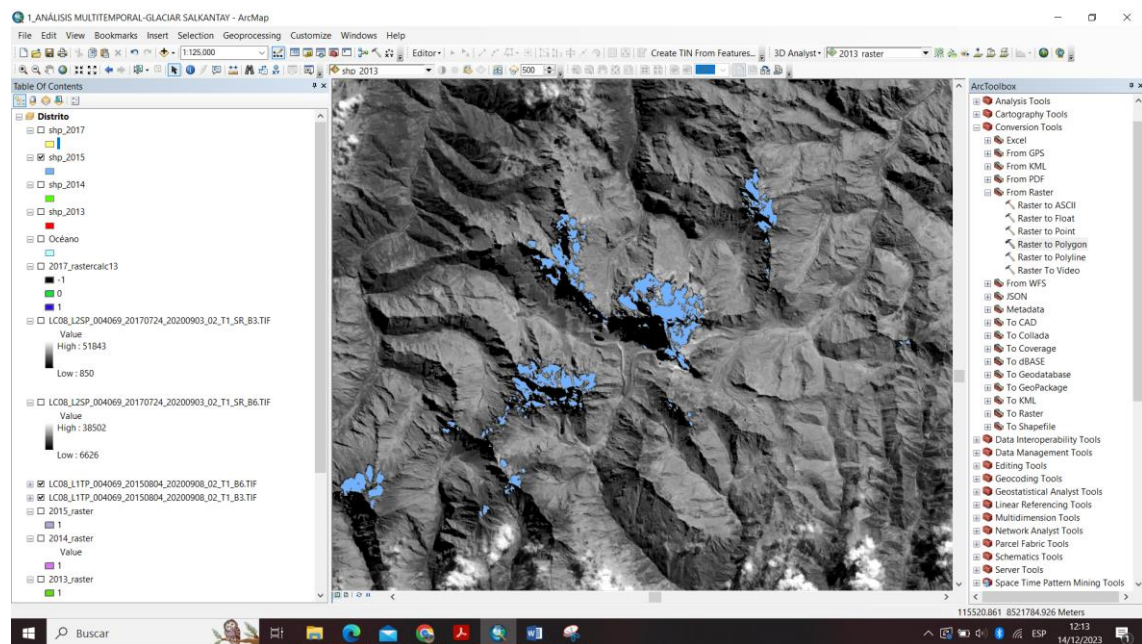


Figura 23

Imagen satelital 2016

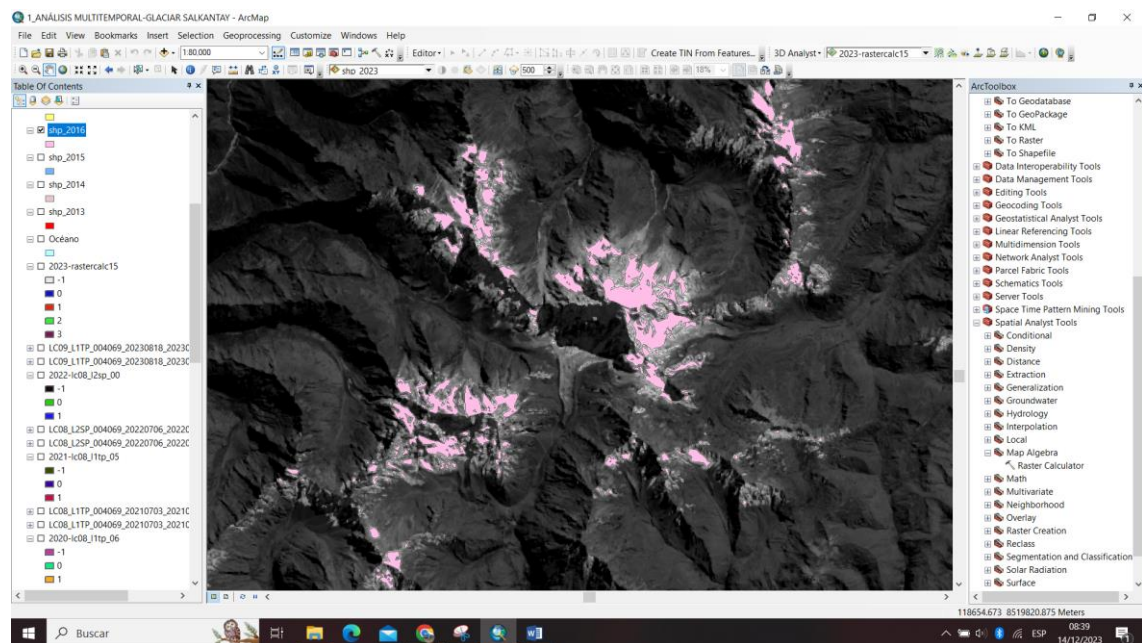


Figura 24

Imagen satelital 2017

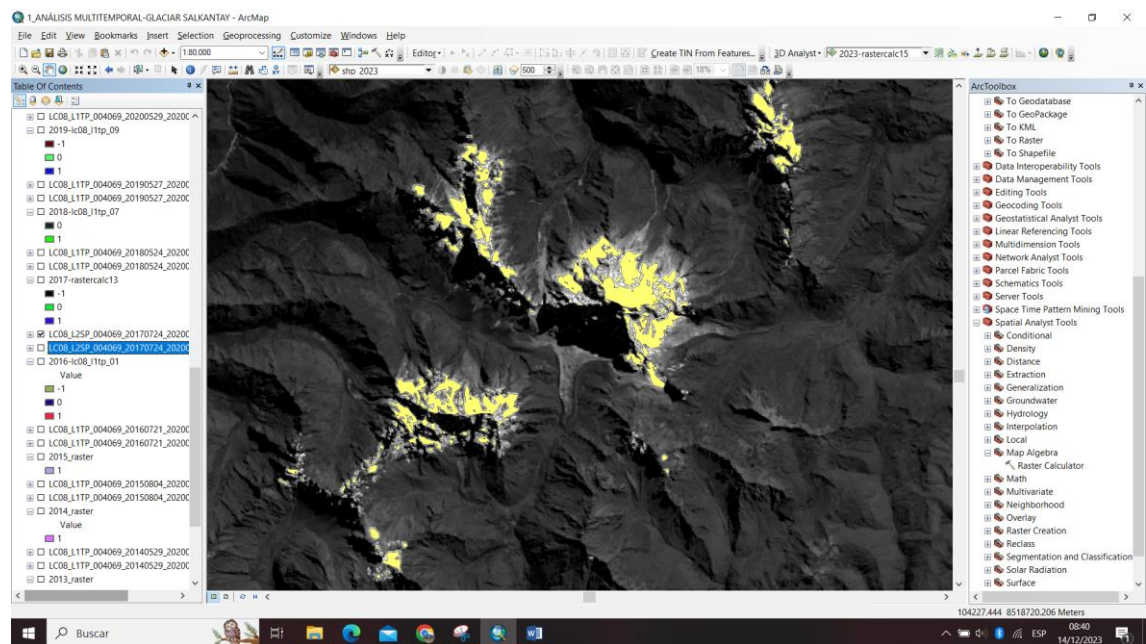


Figura 25

Imagen satelital 2018

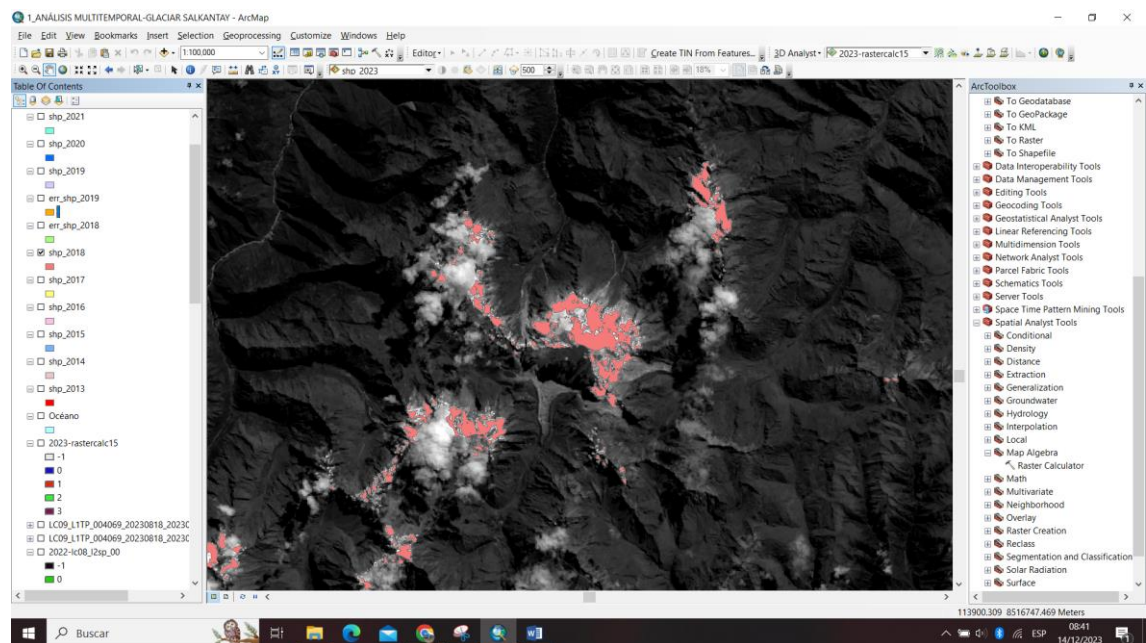


Figura 26

Imagen satelital 2019

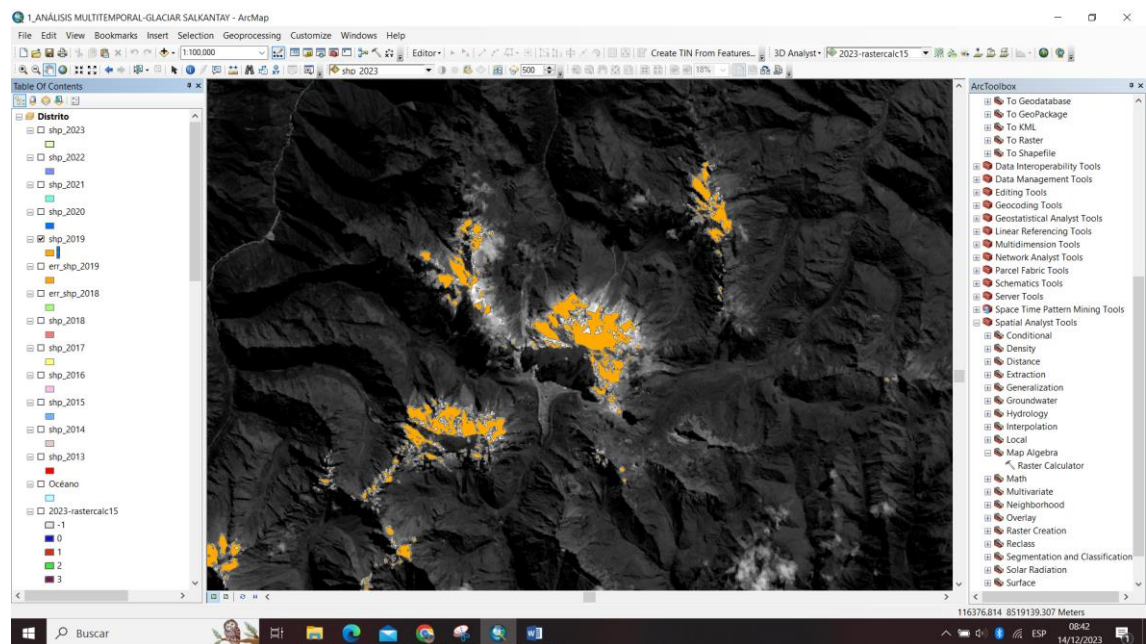


Figura 27

Imagen satelital 2020

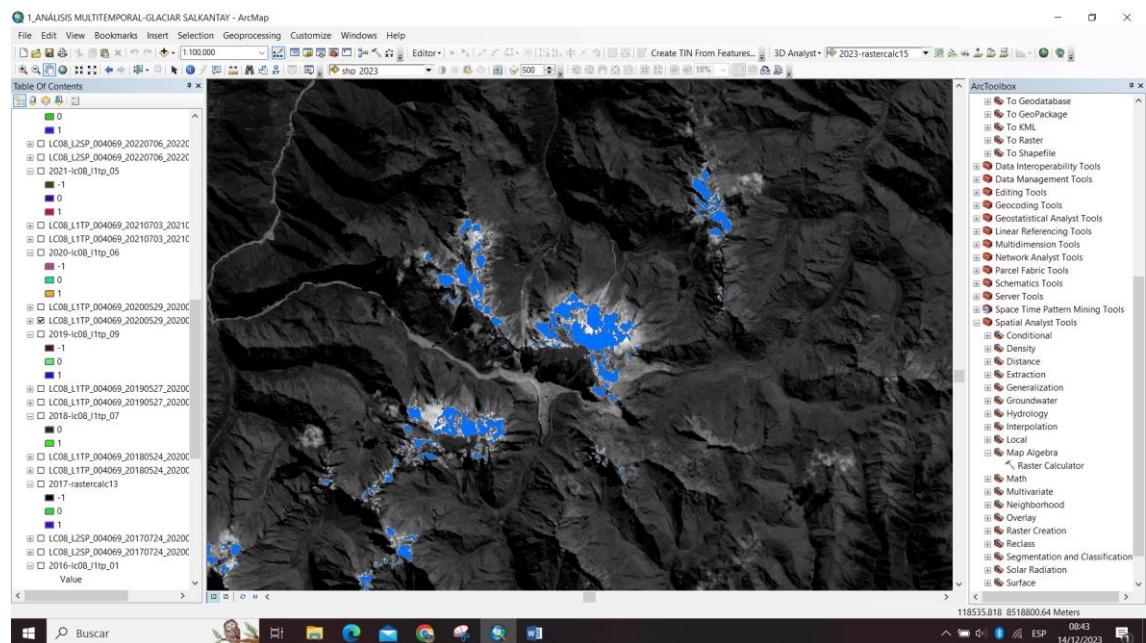


Figura 28

Imagen satelital 2021

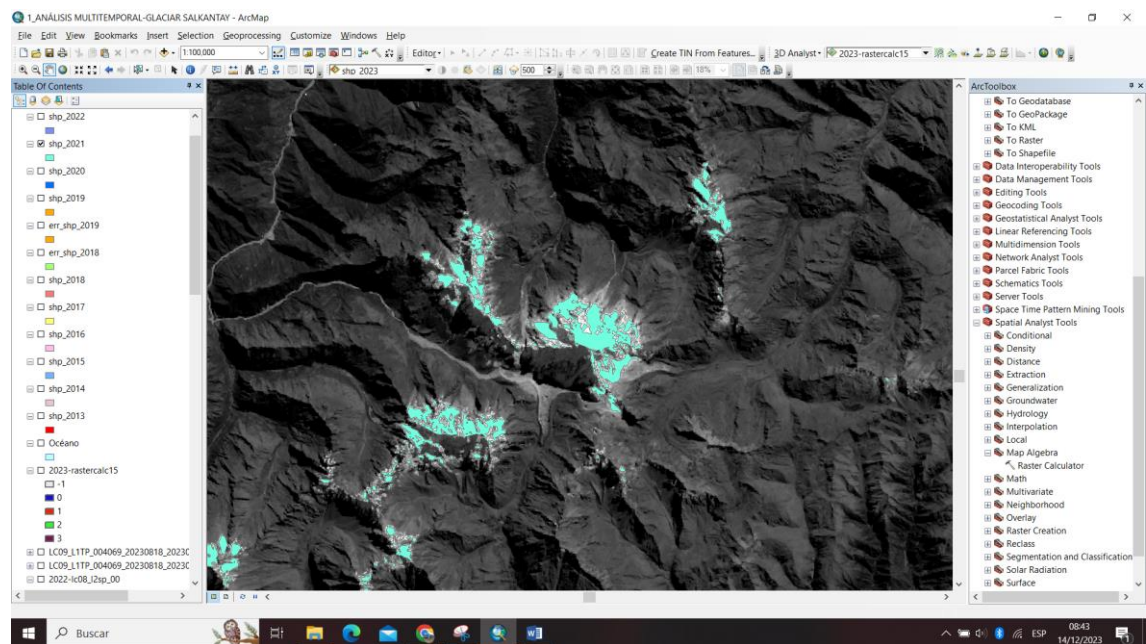


Figura 29

Imagen satelital 2022

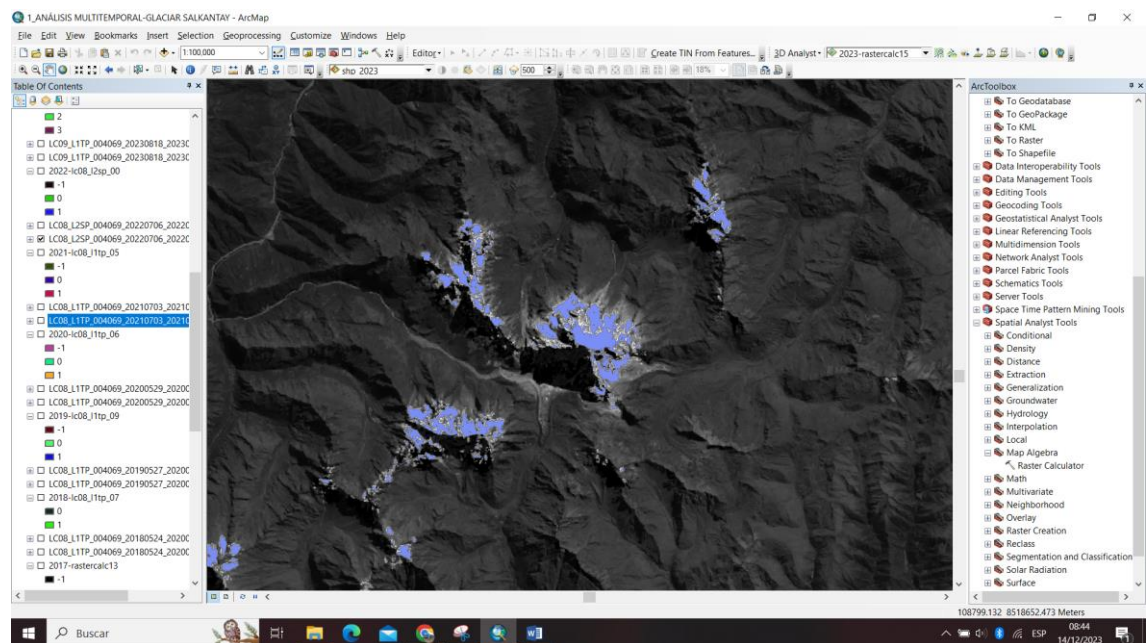


Figura 30

Imagen satelital 2023

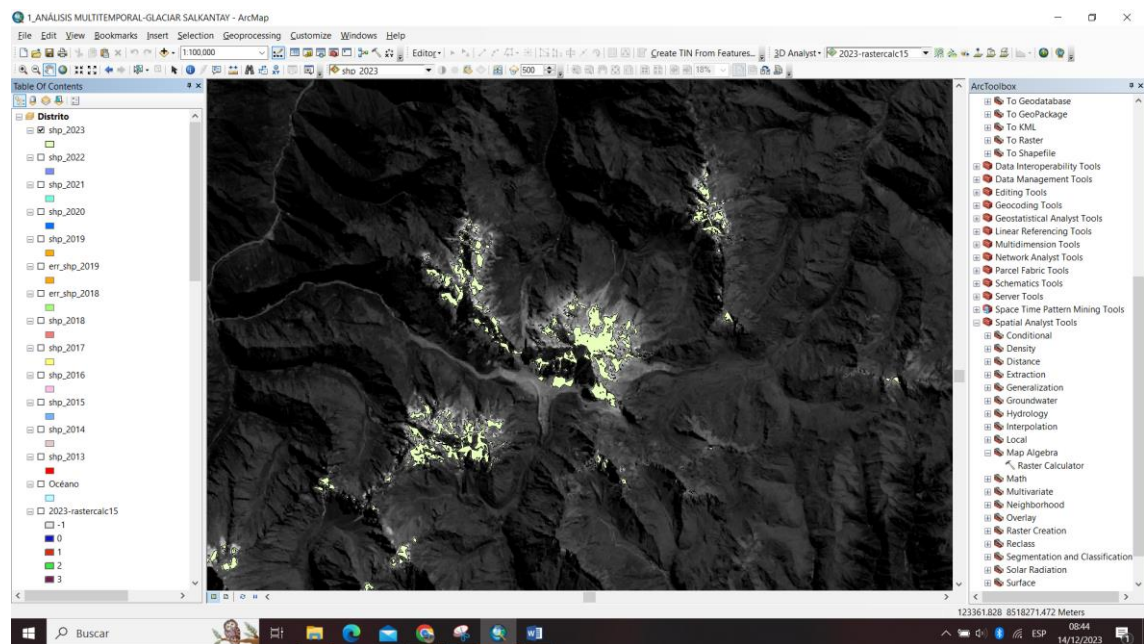
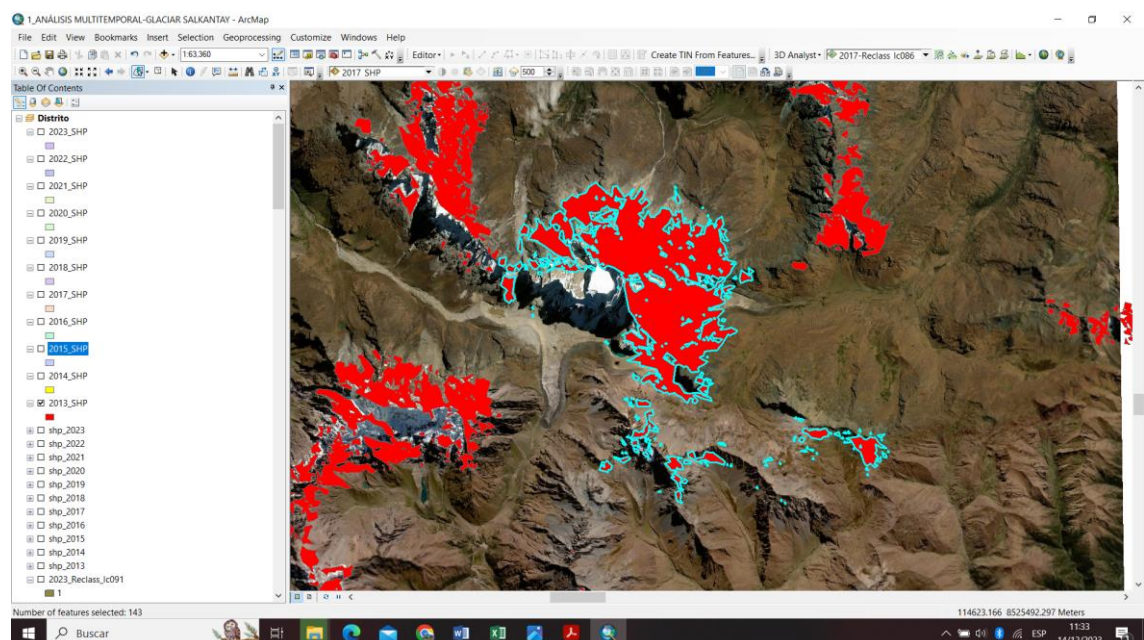


Figura 31

Selección de áreas de interés

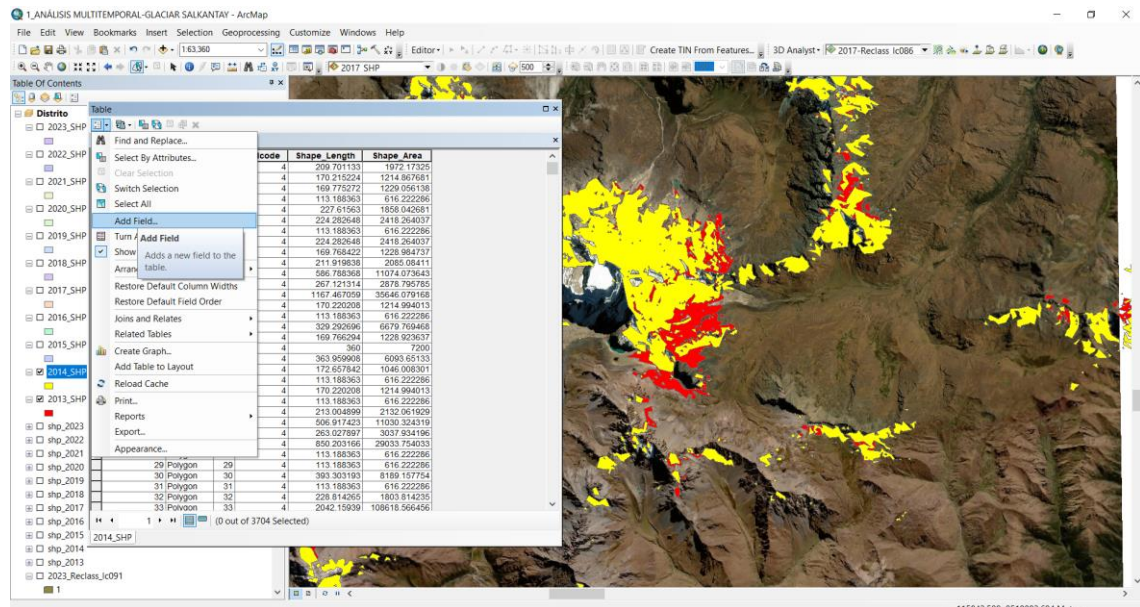


La tabla de atributos incluye una columna extra para determinar el área de las coberturas detectadas, expresada tanto en metros cuadrados como en hectáreas, con el

objetivo de cuantificar de manera precisa la extensión espacial de los elementos analizados.

Figura 32

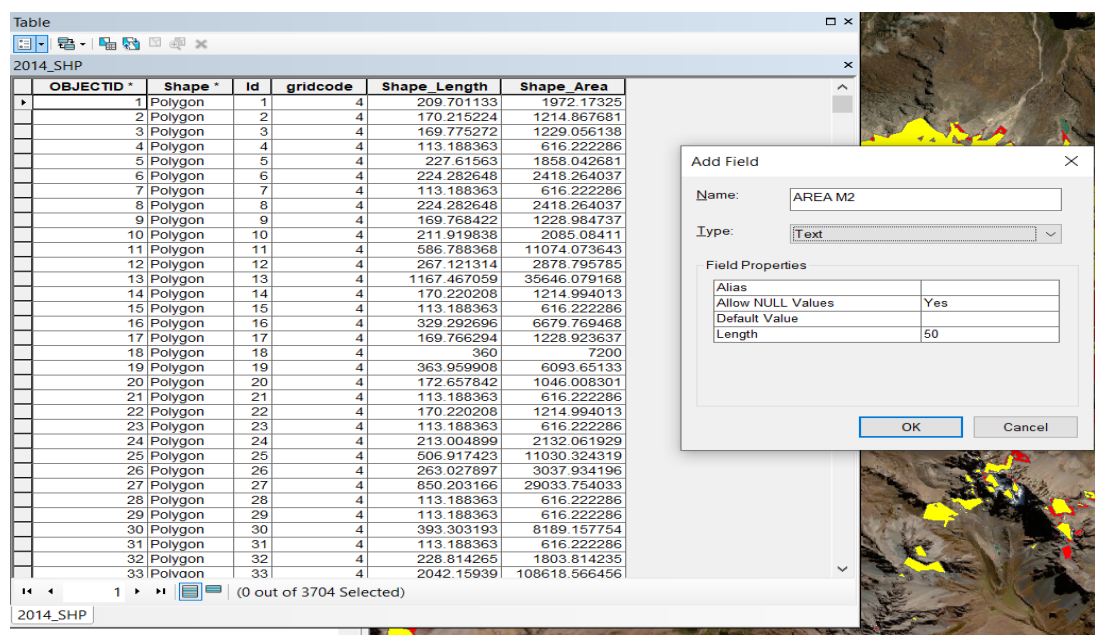
Cálculo de áreas



Se adiciona una columna en la tabla de atributos, definiendo el área en m².

Figura 33

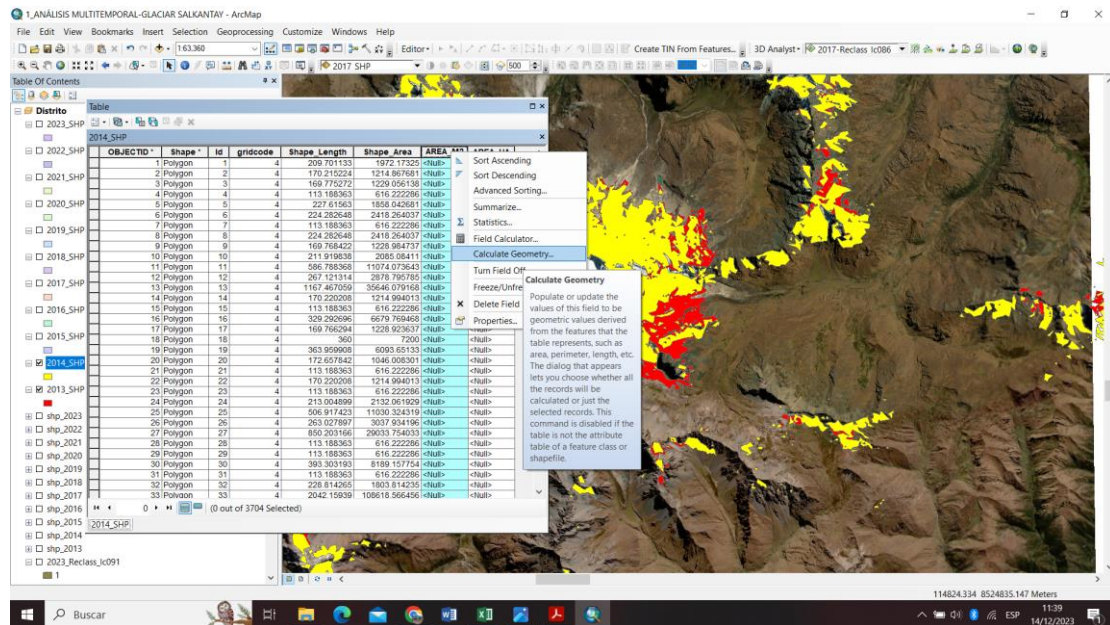
Unidad de cálculo de área



Se realiza el cálculo de la geometría de los polígonos con la herramienta Calculate Geometry.

Figura 34

Cálculo de la geometría



Se define la unidad de medida como hectáreas (Ha).

Figura 35

Unidad de medida

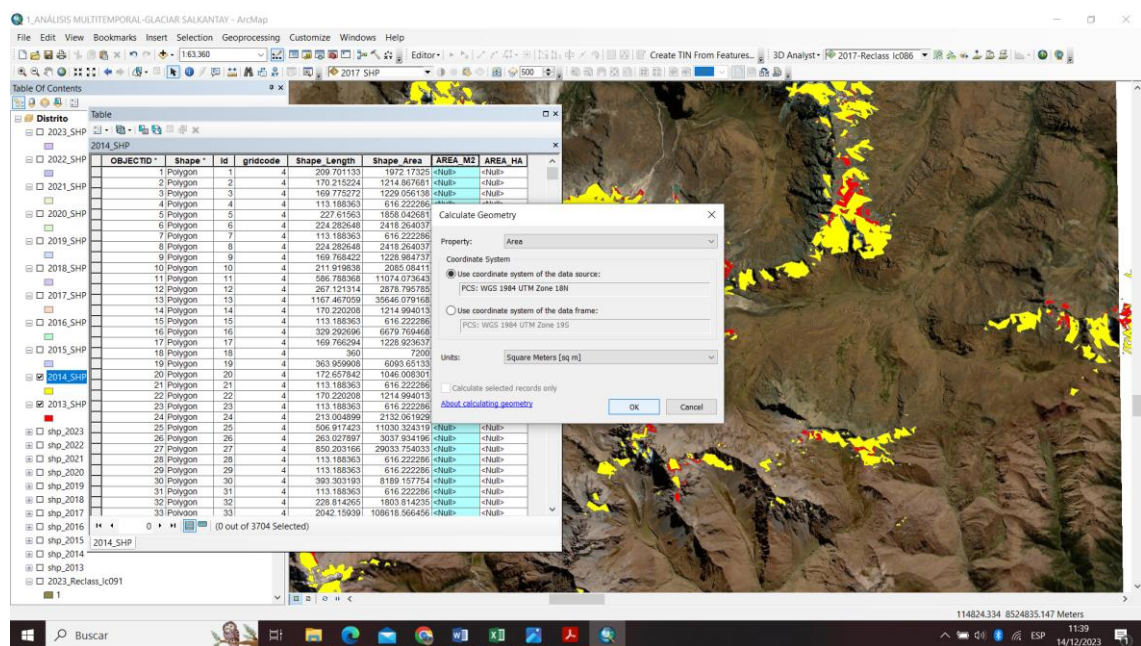


Figura 36

Resultado cálculo de áreas

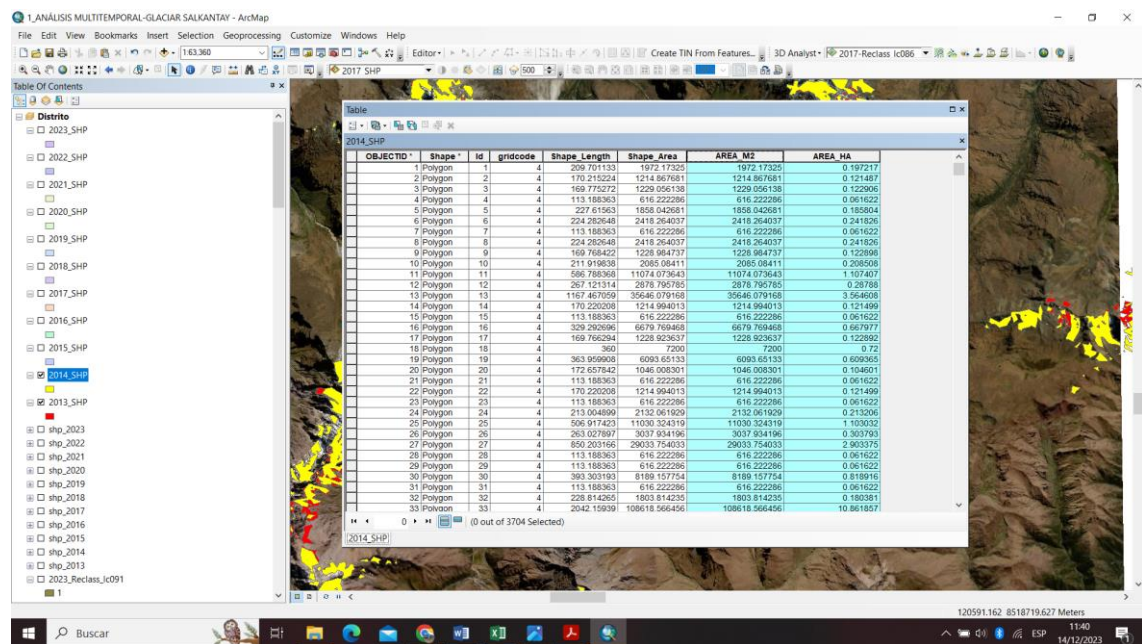


Figura 37

Selección de áreas de interés

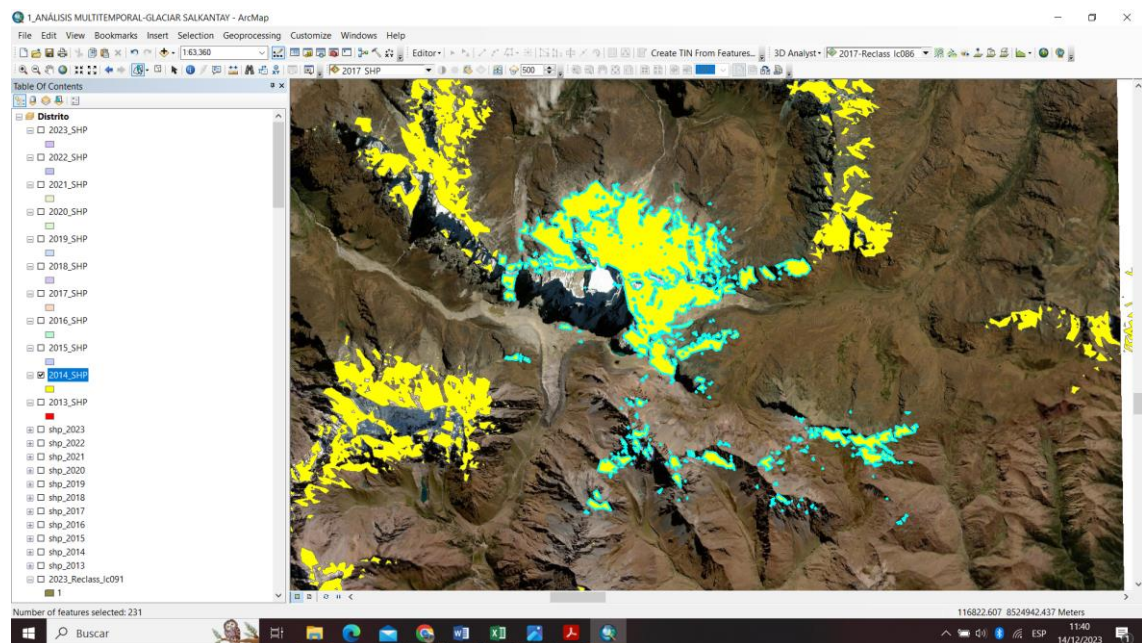
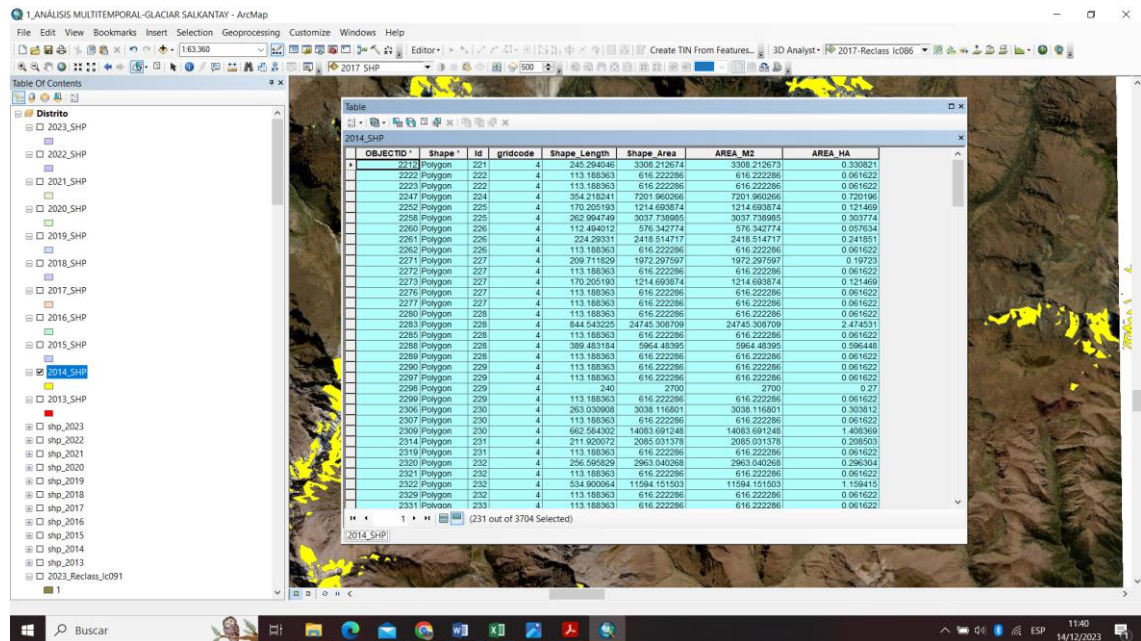


Figura 38

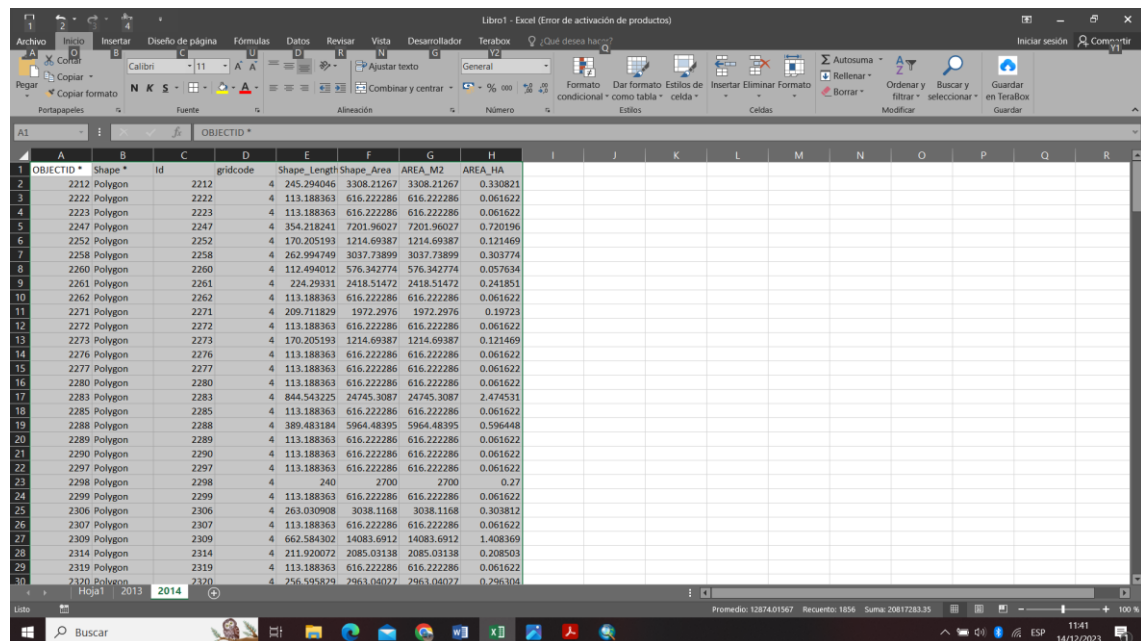
Exportación de data a Excel



La tabla de atributos de las imágenes procesadas en Arcgis son exportadas al software Excel.

Figura 39

Data en Excel



Se realiza la sumatoria de áreas de cada imagen para tener el área total de cobertura glaciar por año, este proceso se realiza para cada imagen durante el rango de estudio que corresponde de 2013 a 2023.

Figura 40

Sumatoria de áreas

The screenshot shows an Excel spreadsheet with a table of polygon areas. The table has columns A through R. The data is organized by year (2013 and 2014) and polygon ID. The formula bar shows the sum of the areas for the year 2014.

Year	Polygon ID	Area
2013	3061	0.061622
	3062	0.061622
	3065	0.061622
	3067	0.720738
	3068	2.149025
	3070	6.326153
	3071	0.061622
	3074	0.122883
	3075	0.319973
	3076	0.197211
2014	3079	0.061622
	3084	0.061622
	3088	0.122883
	3095	0.213201
	3100	0.241826
	3108	0.385278

Formula bar: =SUMA(G2:G232)

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Presentación de resultados

4.1.1. Descripción de la cobertura glaciar del nevado Salkantay al año 2023, a partir del análisis de imágenes satelitales.

Para caracterizar la situación actual de la cobertura glaciar del nevado Salkantay, se realizó una comparación entre los datos derivados del procesamiento de imágenes satelitales de 2013 y 2023, correspondientes a los años 2013 y 2023 respectivamente. Los resultados muestran que para el año 2023, el nevado Salkantay cuenta con 486.26 ha de cobertura glaciar, lo que representa el 43.85% de la cobertura original.

Figura 41

Mapa de cobertura glaciar del nevado Salkantay en el año 2013

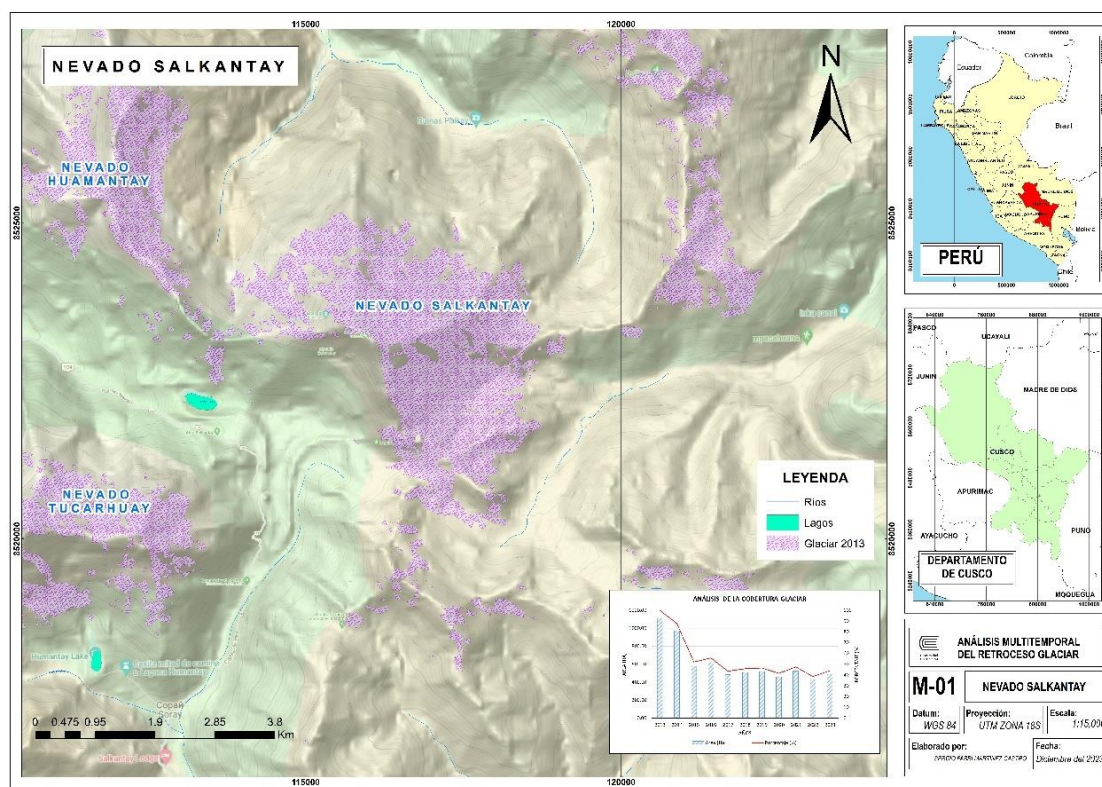
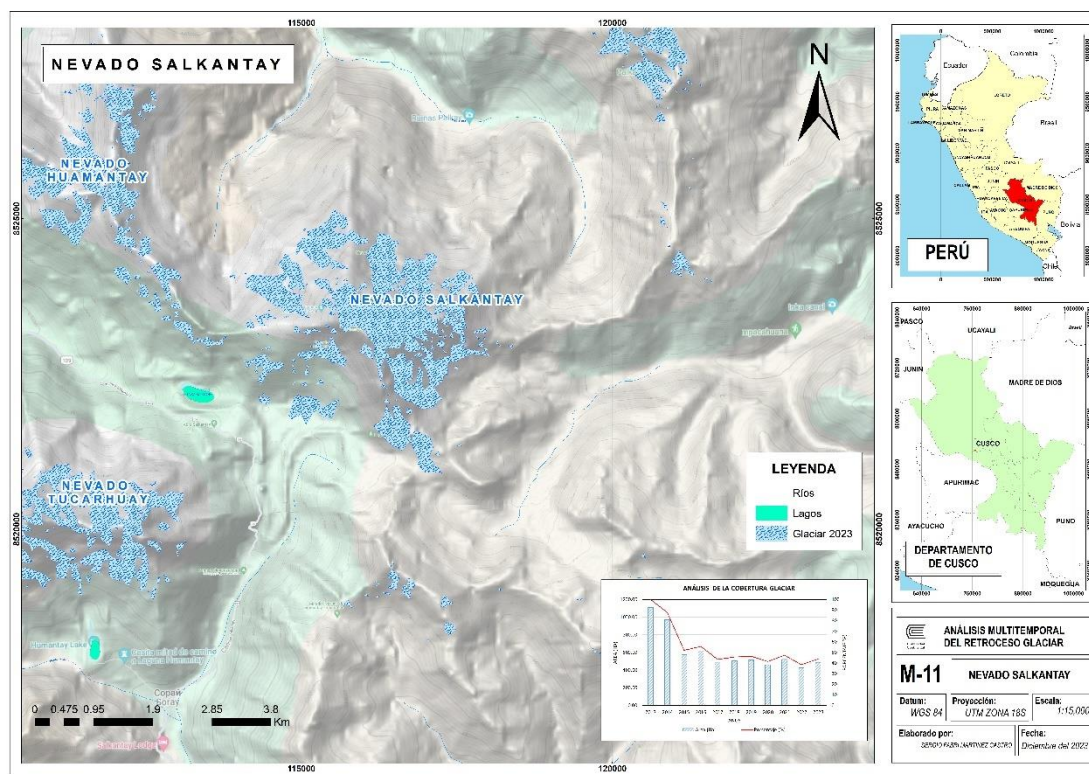


Figura 42

Mapa de cobertura glaciar del nevado Salkantay en el año 2023



El análisis muestra una reducción del 56.15% de la cobertura glaciar en un lapso de diez años. Este resultado se muestra en la figura siguiente:

Figura 43

Disminución de cobertura glaciar del nevado Salkantay

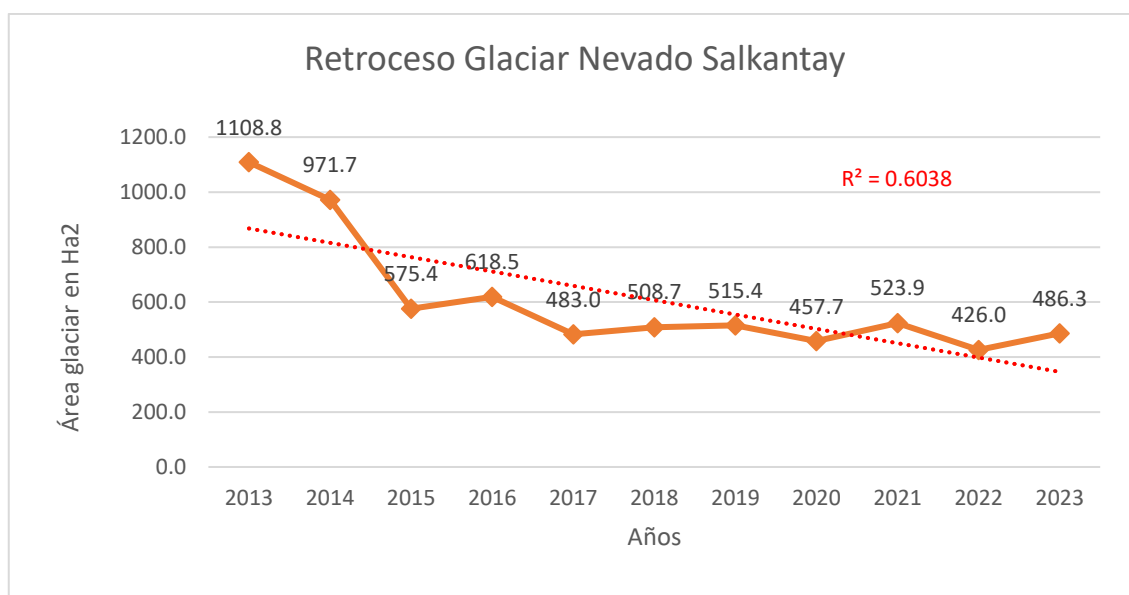


Tabla 4*Comparativa de superficie glaciar entre los años 2013 y 2023*

Años	Área de Cobertura Glaciar		Variación de área		Porcentaje
	m2	ha	m2	ha	%
2013	11088486	1108.8			100
2023	4862602	486.3	602738	60.27	43.85

4.1.2. Cuantificación de la cobertura glaciar multitemporal en el nevado Salkantay a través del Índice Diferencial Normalizado de Nieve (NDSI)

La aplicación del Índice Diferencial Normalizado de Nieve (NDSI) permitió determinar la cobertura glaciar multitemporal en el nevado Salkantay, revelando una pérdida progresiva a lo largo de los años 2013 a 2023, con ligeras variaciones interanuales.

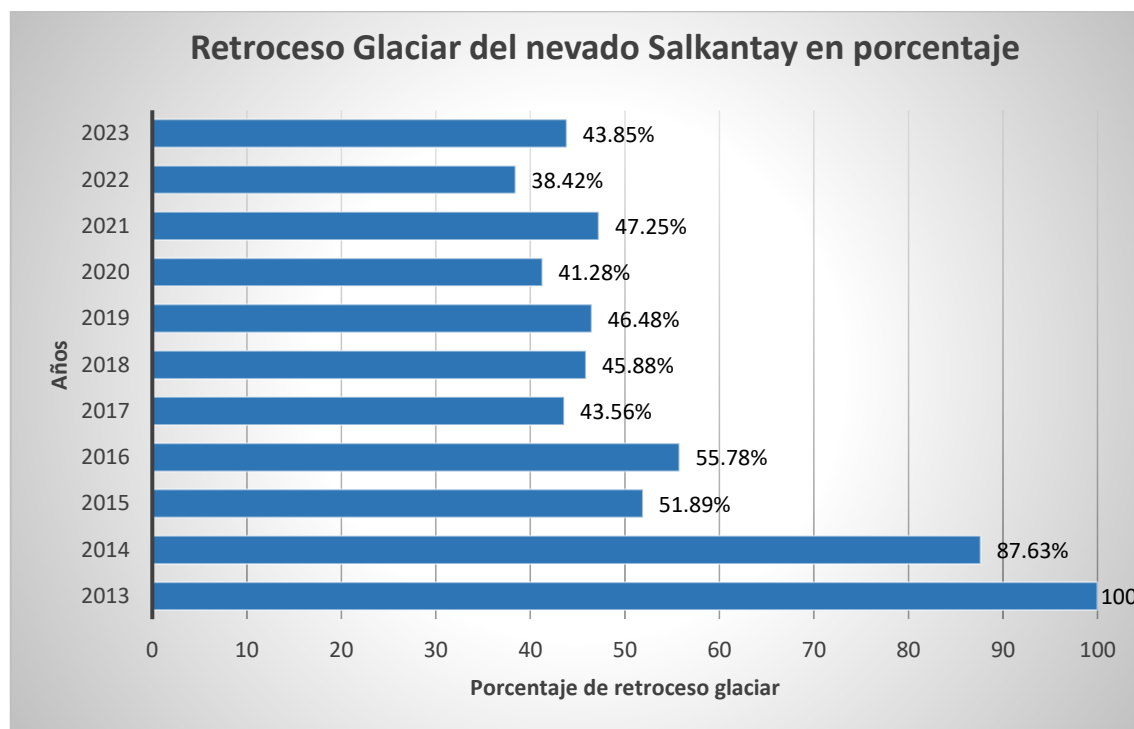
Tabla 5*Resultados de la cobertura glaciar multitemporal en el nevado Salkantay*

Años	Área de Cobertura Glaciar		Variación de área		Porcentaje
	m2	ha	m2	ha	%
2013	11088486	1108.85			100
2014	9716703	971.67	-1371783	-137.18	87.63
2015	5753885	575.39	-3962818	-396.28	51.89
2016	6184774	618.48	430889	43.09	55.78
2017	4829836	482.98	-1354938	-135.49	43.56
2018	5086981	508.70	257145	25.71	45.88
2019	5153660	515.37	66679	6.67	46.48
2020	4577160	457.72	-576500	-57.65	41.28
2021	5238759	523.88	661599	66.16	47.25
2022	4259864	425.99	-978895	-97.89	38.42
2023	4862602	486.26	602738	60.27	43.85

Nota. La tabla muestra que la cobertura glaciar del nevado Salkantay se redujo de un 100% en 2013 a un 43.85% en 2023, según el NDSI, evidenciando una pérdida del 56.15%.

Figura 44

Resultados del retroceso glaciar en porcentajes (2013-2023)



Este análisis evidencia la existencia de una disminución sustancial en la cobertura glaciar, con una pérdida neta de 622.59 hectáreas durante el periodo de estudio. Se observaron pequeñas recuperaciones en ciertos años, esto podría estar vinculado con condiciones meteorológicas atípicas.

4.1.3. Propuesta de estrategias de sensibilización ambiental accesibles para la población de Mollepata

Para cumplir con el tercer objetivo específico, se propone una serie de estrategias de concienciación ambiental destinadas a la comunidad de Mollepata. Esta propuesta tiene como objetivo promover la sensibilización comunitaria acerca de la relevancia de los glaciares en el ciclo hidrológico y en la vida diaria.

Las estrategias sugeridas son las siguientes:

a) Organización de Charlas Informativas:

- Invitar a expertos en glaciología y medio ambiente para impartir charlas educativas en la comunidad.

- Emplear diagramas y representaciones visuales de los resultados logrados a través del modelado de 2013 a 2023, el retroceso glaciar del nevado Salkantay se mostró de forma espectacular. La magnitud del retroceso glaciar es evidente y eficaz.

b) Producción de Materiales Educativos:

- Crear folletos, afiches y presentaciones multimedia que ilustren con facilidad los efectos del retroceso glaciar en el Nevado Salkantay.
- Resaltar la relación entre el desvanecimiento glaciar, la presencia de agua para la agricultura y el efecto en el turismo local.

c) Eventos Comunitarios:

- Coordinar actividades culturales y de ocio con el involucramiento de la comunidad para generar un entorno favorable para la concientización.
- Incorporar elementos que destaquen la importancia del Nevado Salkantay en la historia y tradiciones locales.

d) Inclusión de Líderes Locales:

- Colaborar con líderes comunitarios, autoridades locales y figuras respetadas para respaldar el mensaje de conservación.
- Solicitar el apoyo de líderes religiosos para enfatizar la responsabilidad moral de proteger el medio ambiente.

e) Programas Educativos en Escuelas:

- Introducir el tema del retroceso glaciar en talleres escolares.
- Realizar actividades educativas y excursiones relacionadas con la conservación ambiental y la historia local.

f) Campañas en Medios de Comunicación:

- Hacer uso de la radio, la televisión y las redes sociales para propagar mensajes de concienciación.
- Entrevistas con expertos, testimonios de lugareños y campañas visuales para llegar a un público más amplio.

g) Fomentar Prácticas Sostenibles:

- Fomentar prácticas de agricultura sustentable que disminuyan la presión sobre los recursos acuáticos del Nevado Salkantay.
- Incentivar el turismo responsable y la diversificación de actividades económicas para disminuir la dependencia del turismo.

h) Creación de Grupos de Acción Comunitaria:

- Establecer grupos locales dedicados a la conservación ambiental.
- Fomentar la participación activa de la comunidad en la implementación de medidas concretas para preservar el Nevado Salkantay.

i) Monitoreo Continuo:

- Implementar sistemas de monitoreo para seguir de cerca la evolución del retroceso glaciar y sus impactos.
- Actualizar regularmente a la comunidad sobre los avances y la efectividad de las medidas de conservación.

j) Alianzas con Organizaciones Ambientales:

- Colaborar con organizaciones no gubernamentales y agencias ambientales para fortalecer la implementación de proyectos de conservación.
- Buscar financiamiento para iniciativas locales que promuevan la sostenibilidad.

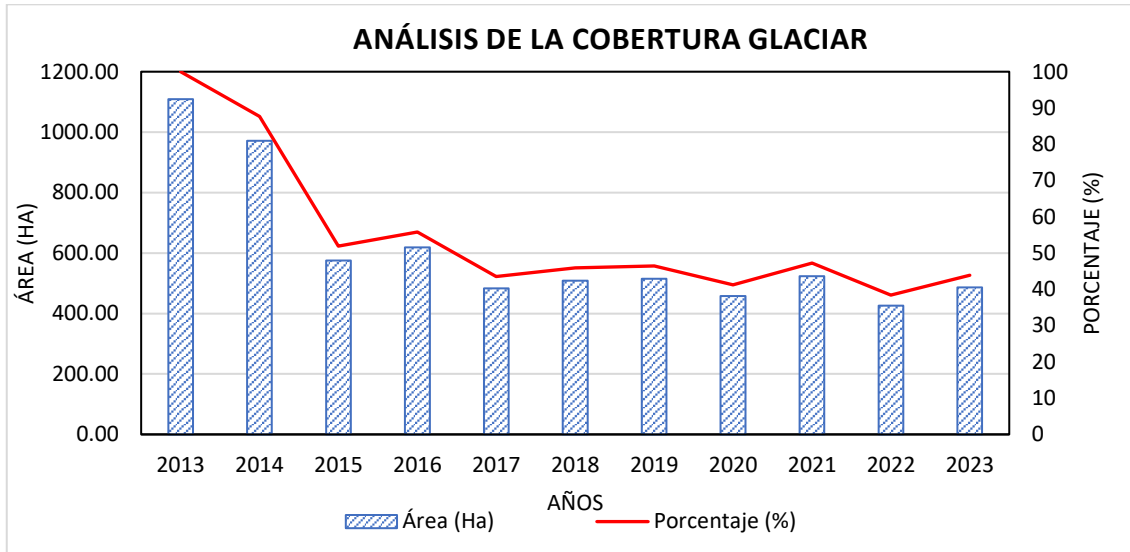
Estas medidas están concebidas para ser accesibles, reproducibles y culturalmente relevantes, fomentando la implicación activa de la comunidad y una perspectiva sustentable. Igualmente, estas tácticas forman parte de un plan global de concienciación ambiental (ver anexo xx).

4.1.4. *Cambios en la cobertura glaciar anual del nevado Salkantay durante el periodo 2013-2023*

Este segmento examina las variaciones temporales en la cobertura glaciar del nevado Salkantay desde 2013 hasta 2023, basándose en el tratamiento de imágenes satelitales y la utilización del Índice Diferencial Normalizado de Nieve (NDSI).

Figura 45

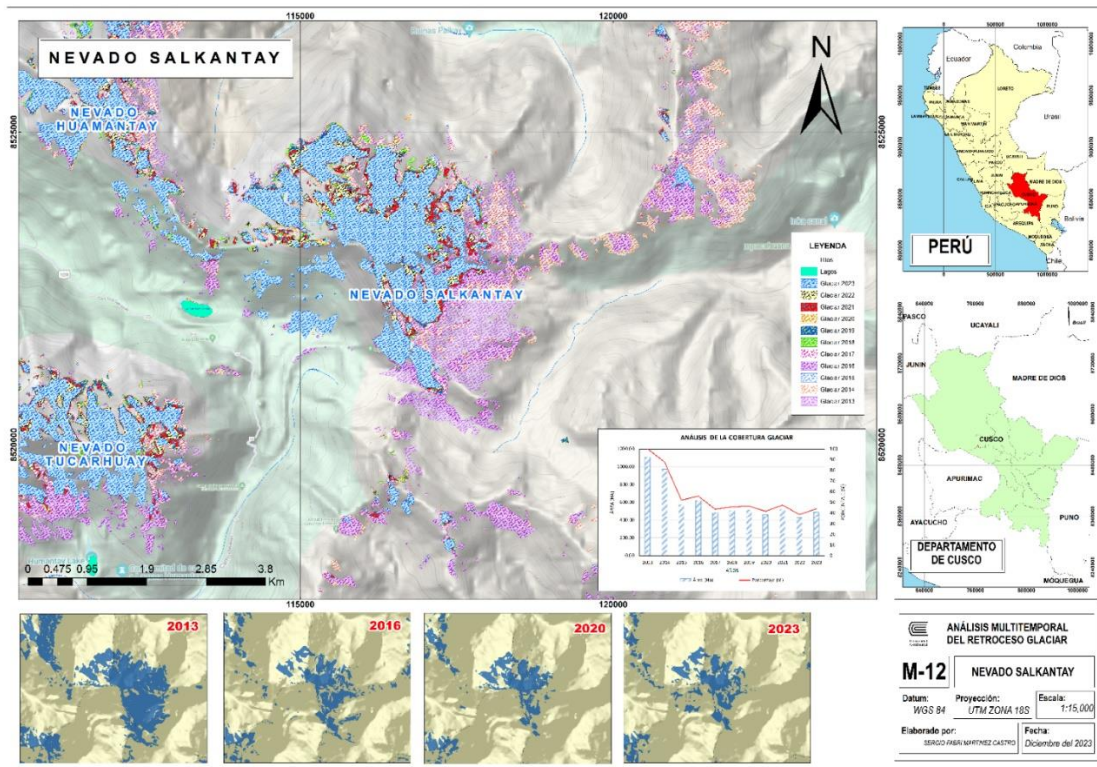
Resultados cobertura glaciar multitemporal



Los valores más bajos se registraron en 2022 (425.99 ha), con una ligera recuperación en 2023. La variabilidad interanual se visualiza en los mapas temáticos:

Figura 46

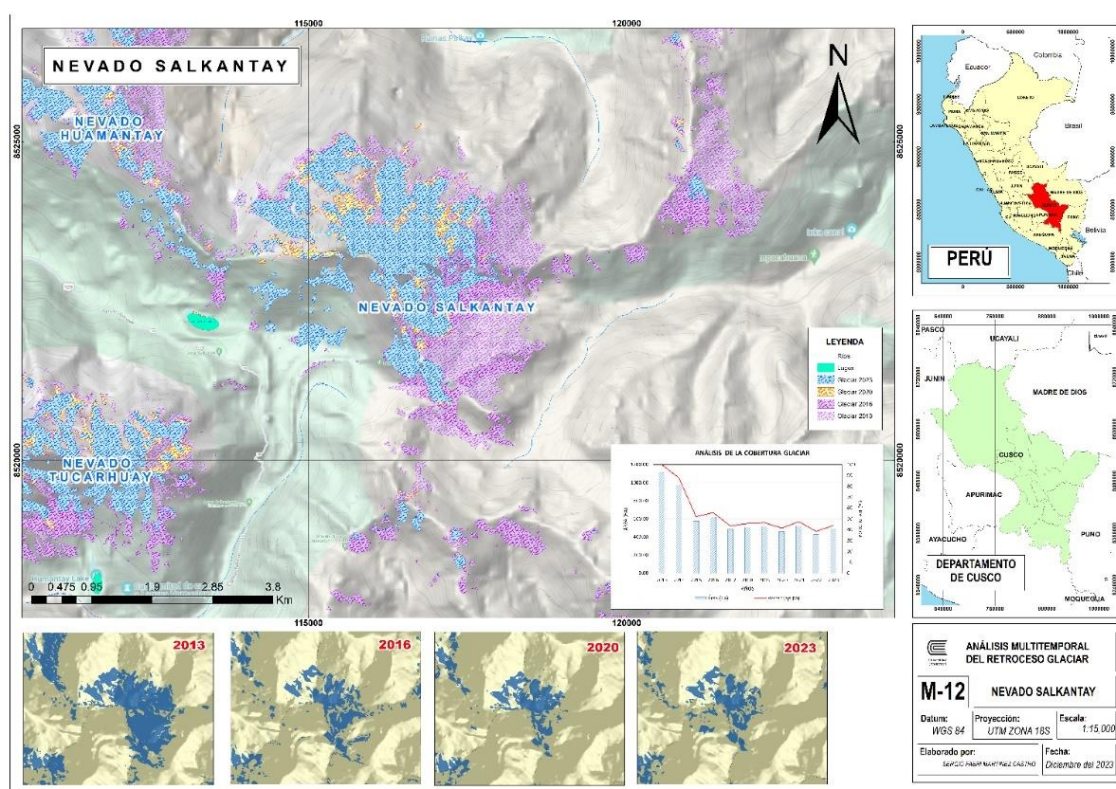
Mapa temático de la perdida de cobertura glaciar en el nevado Salkantay en el periodo 2013 – 2023.



El mapa muestra de forma multitemporal el retroceso glaciar del nevado Salkantay, ilustrando comparativamente la ampliación de los glaciares anuales durante el periodo 2013–2023. Esta representación permite visualizar y analizar los cambios espaciales ocurridos a lo largo del tiempo, evidenciando la pérdida progresiva de cobertura glaciar en la zona de estudio.

Figura 47

Mapa temático de la perdida de cobertura glaciar en el nevado Salkantay en intervalos



El mapa presenta periodos de retroceso glaciar del nevado Salkantay, mostrando estos periodos en 2013, 2016, 2020 y 2023.

Como se observa en la figura 45, este retroceso no fue lineal, sino que presentó fluctuaciones anuales con breves incrementos de cobertura, posiblemente asociados a factores climáticos. Sin embargo, la tendencia general fue claramente regresiva, con una pérdida total de 622.59 ha, equivalente al 56.15% del área glaciar inicial.

Este escenario respalda la puesta en marcha de tácticas de concienciación ambiental en la localidad de Mollepata, favoreciendo la preservación de este ecosistema glaciar en peligro.

4.2. Discusión de resultados

Los resultados obtenidos permitieron identificar que, al año 2023, la cobertura glaciar del nevado Salkantay se redujo a 486.26 hectáreas, lo que representa el 43.85% respecto al área registrada en el año 2013; este hallazgo muestra un notable retroceso glaciar, con una disminución de 622.59 hectáreas en un lapso de diez años. Este comportamiento coincide con estudios internacionales, como (10) en China, quienes reportaron un retroceso acelerado de glaciares atribuido al incremento de la temperatura. Asimismo, (11) en Ecuador también identificaron un patrón de disminución de la cobertura glaciar en las últimas décadas; de manera similar, a nivel nacional, (9) en el nevado Ampay y (16) en el glaciar Huaytapallana reportaron pérdidas de cobertura glaciar superiores al 48%, resultados que se asemejan a lo evidenciado en el nevado Salkantay, demostrando que este fenómeno es recurrente en los glaciares andinos.

En cambio, el estudio multitemporal llevado a cabo mediante el Índice Diferencial Normalizado de Nieve (NDSI) permitió no solo la medición de la pérdida total de la cobertura glaciar del nevado Salkantay, sino también comprender la dinámica de su variación a lo largo del periodo 2013-2023. Los resultados muestran que, si bien la tendencia general fue de disminución, este retroceso no se produjo de manera lineal, sino que presentó ciertas oscilaciones interanuales, dicho comportamiento podría estar relacionado con condiciones climáticas particulares, como una mayor cantidad de precipitaciones o descensos de temperatura en determinados periodos, tal como lo plantean (12) en su estudio sobre los glaciares en China. A pesar de estos breves aumentos de superficie, la pérdida neta de área glaciar fue considerable, alcanzando un total de 622.59 hectáreas, lo que representa un retroceso del 56.15% respecto al año base 2013. Este comportamiento coincide con lo reportado por Cabrera y Vega (2022) en Ecuador y (15) en Perú, quienes destacan que los glaciares andinos presentan un patrón de retroceso a largo plazo, aunque puedan manifestar variaciones estacionales o interanuales.

En relación con la sugerencia de tácticas para sensibilizar a la población de Mollepata, se atiende la necesidad de aumentar la conciencia colectiva frente a las fluctuaciones registradas en la cobertura glaciar del nevado Salkantay durante el periodo 2013-2023. Este grupo de tácticas tiene como objetivo fomentar un mayor entendimiento y apreciación de los glaciares como componentes esenciales del ambiente natural de la

región. Entre las principales acciones planteadas destacan las charlas informativas, la elaboración de materiales educativos y la realización de eventos comunitarios. Estas acciones tienen como objetivo divulgar de forma accesible los hallazgos derivados del análisis de imágenes satelitales, evidenciando el retroceso glaciar de forma nítida y entendible para la población local. Estrategias similares fueron aplicadas con éxito en estudios como el de (19), quien propuso acciones de sensibilización en la subcuenca del río Sahuanay, orientadas a fortalecer la cultura ambiental. Asimismo, se considera importante la participación activa de los líderes comunitarios, autoridades locales y figuras representativas, ya que su involucramiento fortalece la difusión y legitimidad de los mensajes. Esta estrategia coincide con lo planteado por (17), quienes destacan la relevancia del trabajo conjunto entre instituciones y comunidades en la gestión ambiental. Por otro lado, se propone incorporar estos temas en programas educativos escolares y en campañas de comunicación a través de medios locales, permitiendo un alcance mayor y promoviendo el interés en las nuevas generaciones. Investigaciones como la de (23) también resaltan la importancia de vincular a las escuelas en estos procesos de sensibilización ambiental. Finalmente, se plantea la creación de grupos de acción comunitaria y el fomento de prácticas sostenibles, lo cual permitiría dar continuidad a las acciones de conservación y monitoreo ambiental, en concordancia con lo sugerido por Bolívar (2018) y (22), quienes enfatizan la necesidad de una gestión ambiental participativa y constante.

Finalmente, el estudio multitemporal llevado a cabo posibilitó una evaluación completa de las variaciones en la cobertura glaciar del nevado Salkantay durante diez años, utilizando métodos de teledetección como el tratamiento de imágenes satelitales y la utilización del Índice Diferencial Normalizado de Nieve (NDSI). Los resultados obtenidos evidenciaron una disminución significativa de la superficie glaciar, pasando de 1,108.85 hectáreas en 2013 a 486.26 hectáreas en 2023, lo que representa una pérdida total de 622.59 hectáreas, equivalente al 56.15% del área glaciar inicial. A nivel nacional, los estudios de (15) en Apurímac y (16) en Junín, respaldan los resultados obtenidos en esta investigación, al reportar tasas de pérdida glaciar similares, lo que demuestra que el retroceso de los glaciares andinos es una problemática que afecta a distintas zonas del Perú. Asimismo, los antecedentes locales, como los estudios de (20) ADDIN ZOTERO_ITEM CSL_CITATION

{ "citationID": "y3MsGS4F", "properties": { "formattedCitation": "(21)", "plainCitation": "(21)", "noteIndex": 0 }, "citationItems": [{ "id": 6315, "uris": ["http://zotero.org/users/8884683/items/RP8DKGZ7"], "itemData": { "id": 6315, "type": "thesis", "event-place": "Cusco, Perú", "genre": "Tesis Pregrado", "publisher": "Universidad Alas Peruanas", "publisher-place": "Cusco, Perú", "title": "Evaluación de la deglaciación del nevado Ausangate y su influencia en la disponibilidad de recursos hídricos en la cuenca alta del río Pitumarca - Cusco", "URL": "https://repositorio.uap.edu.pe/jspui/handle/20.500.12990/2855", "author": [{ "family": "Bolívar Yapura", "given": "Edgard" }], "issued": { "date-parts": [["2018"]] } } }, "schema": "https://github.com/citation-style-language/schema/raw/master/csl-citation.json" } (21) en la región Cusco, permiten comprender que la situación del nevado Salkantay forma parte de una tendencia regional de disminución de glaciares, observable en diversos nevados de la zona.

Estos hallazgos permiten deducir que las técnicas de teledetección utilizadas resultaron ser instrumentos eficientes para evaluar el retroceso glaciar del nevado Salkantay, ofreciendo datos exactos y renovados acerca de la envergadura de la pérdida glacial sucedida entre 2013 y 2023.

CONCLUSIONES

PRIMERA: Ofreciendo datos exactos y renovados acerca de la envergadura de la pérdida glacial sucedida entre 2013 y 2023, identificando que la superficie glaciar se redujo a 486.26 hectáreas, lo cual representa únicamente el 43.85% del área registrada en el año 2013. Este resultado evidencia un retroceso considerable del glaciar en el periodo de estudio.

SEGUNDA: El cálculo multitemporal de la cobertura de los glaciares, llevado a cabo a través del uso del Índice Diferencial Normalizado de Nieve (NDSI), permitió observar un comportamiento dinámico del glaciar, caracterizado por una tendencia general de retroceso, aunque con ligeras recuperaciones de superficie en algunos años. No obstante, la pérdida neta de área glaciar alcanzó las 622.59 hectáreas, equivalentes al 56.15% del área inicial, confirmando el retroceso progresivo del nevado Salkantay.

TERCERA: Se plantearon tácticas de concienciación ambiental para la comunidad de Mollepata, basadas en la disminución de la cobertura glacial, con el fin de fortalecer el conocimiento y la consciencia sobre esta problemática. Entre las principales acciones están las charlas informativas, la elaboración de materiales educativos, actividades comunitarias, la inclusión de temas ambientales en escuelas y la difusión a través de medios locales.

CUARTA: La evaluación de los cambios en la cobertura glaciar del nevado Salkantay durante el periodo 2013-2023, mediante técnicas de teledetección, permitió evidenciar un retroceso significativo de su superficie. Los resultados obtenidos muestran que este retroceso responde a una tendencia regional y global observada en distintos glaciares, reflejando la eficacia del análisis multitemporal y del uso del NDSI como recursos para el monitoreo y seguimiento de las modificaciones en los ecosistemas glaciares.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda que futuras investigaciones consideren la elaboración de mapas de calor en las zonas aledañas al nevado Salkantay, con el objetivo de identificar posibles áreas que contribuyan al aumento de las temperaturas locales, por ende, al retroceso glaciar.
- Se sugiere ampliar el número de imágenes satelitales utilizadas en investigaciones posteriores, incluyendo registros tanto de temporada seca como de temporada de lluvias, a fin de obtener datos más actualizados, precisos y representativos de las variaciones anuales del glaciar.
- Para complementar futuros estudios, se recomienda incorporar la cuantificación del recurso hídrico proveniente del nevado Salkantay, proyectando su disponibilidad y capacidad en los próximos años, considerando su importancia ambiental y social.
- Se propone implementar de manera inmediata la propuesta de estrategias de sensibilización ambiental planteada en el presente estudio, ya que facilitará la creación de conciencia en los habitantes de Mollepata acerca del problema del retroceso glaciar y fomentar medidas de conservación.
- Se aconseja renovar regularmente la información y las tácticas de concienciación ambiental, con el propósito de mantener vigente y pertinente el contenido transmitido, Según las variaciones detectadas en la cobertura glaciar y las demandas de la comunidad.
- Promover la cooperación y la colaboración entre entidades gubernamentales, entidades no gubernamentales y la comunidad local, con el objetivo de coordinar esfuerzos, compartir recursos y desarrollar acciones integrales orientadas a la conservación del nevado Salkantay.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. RAJAT, Sharma, RAJESHWAR SINGH, Banshtu, PRAKASH, Chander and ANITA, Sharma. Glacier retreat in Himachal from 1994 to 2021 using deep learning. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*. Online. November 2022. Vol. 28, p. 100870. DOI <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2022.100870>.
2. ARROYO, Jacinto and ARTICA, Lourdes. Retroceso glaciar del Nevado Huaytapallana como consecuencia del calentamiento global. UNIVERSIDAD CONTINENTAL (ed.), *Naturaleza y Sociedad*. Online. 30 June 2018. Vol. 01, no. 01. DOI <https://doi.org/10.18259/nys.2018008>.
3. KNOFLACH, Bettina, RAMSKOGLER, Katharina, TALLUTO, Lauren, HOFMEISTER, Florentin, HAAS, Florian, HECKMANN, Tobias, PFEIFFER, Madlene, PIERMATTEI, Livia, RESSL, Camillo, WIMMER, Michael, GEITNER, Clemens, ERSCHBAMER, Brigitta and STÖTTER, Johann. Modelling of Vegetation Dynamics from Satellite Time Series to Determine Proglacial Primary Succession in the Course of Global Warming—A Case Study in the Upper Martell Valley (Eastern Italian Alps). *Remote Sensing*. Online. 5 November 2021. Vol. 13, no. 21, p. 4450. DOI <https://doi.org/10.3390/rs13214450>.
4. INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN EN GLACIARES Y ECOSISTEMAS DE MONTAÑA. Inventario Nacional de Glaciares y Lagunas de Origen Glaciar 2023. Online. 2023. Available from: <https://repositorio.inaigem.gob.pe/items/7029db53-5118-4e93-8b2a-71e6e26db5f6>
5. TAYLOR, Liam S., QUINCEY, Duncan J., SMITH, Mark W., POTTER, Emily R., CASTRO, Joshua and FYFFE, Catriona L. Multi-Decadal Glacier Area and Mass Balance Change in the Southern Peruvian Andes. *Frontiers in Earth Science*. Online. 22 March 2022. Vol. 10, p. 863933. DOI <https://doi.org/10.3389/feart.2022.863933>.
6. ZAPATA, Ralph. Salkantay: la lenta agonía de un nevado salvaje. *El Comercio*. Online. 4 August 2013. Available from: https://elcomercio.pe/sociedad/lima/salkantay-lenta-agonia-nevado-salvaje_1-noticia-1613159/
7. ARROYO, Jacinto, SCHULZ, Natalie and GURMENDI, Pedro. Impactos de las actividades antrópicas en el nevado Huaytapallana. *Apuntes de Ciencia & Sociedad*. Online. 30 June 2012. Vol. 02, no. 01, p. 3–14. DOI <https://doi.org/10.18259/acs.2012002>.
8. VELÁSQUEZ, Rivict. Sensibilización ambiental una reflexión para la cultura sustentable. *Revista Cien. Tecn. Agrollanía*. Online. 2019. Vol. 18, p. 35–40. Available from: <https://biblat.unam.mx/hevila/Agrollania/2019/vol18/5.pdf>
9. SOTO, Samuel, BRIEDE, Juan C and MORA, Marcela L. Sensibilización Ambiental en Educación Básica: Una Experiencia de Aprendizaje para Abordar la Sustentabilidad utilizando el Diseño y la Ciencia Ficción. *Información tecnológica*. Online. 2017. Vol. 28, no. 2, p. 141–152. DOI <https://doi.org/10.4067/S0718-07642017000200016>.

10. LI, Jiahui and XU, Xinliang. Glacier Change and Its Response to Climate Change in Western China. *Land*. Online. 6 March 2023. Vol. 12, no. 3, p. 623. DOI <https://doi.org/10.3390/land12030623>.
11. CABRERA MONTENEGRO, Estefanía Belén, VEGA TAMBA, Joe Carlos and JÁCOME AGUIRRE, Gabriel Alexis. Estimación actual y futura del retroceso glaciar del nevado Cayambe, en Ecuador. *SATHIRI*. Online. 25 January 2023. Vol. 18, no. 1, p. 158–178. DOI <https://doi.org/10.32645/13906925.1197>.
12. LIN, Ruoshen, MEI, Gang, LIU, Ziyang, XI, Ning and ZHANG, Xiaona. Susceptibility Analysis of Glacier Debris Flow by Investigating the Changes in Glaciers Based on Remote Sensing: A Case Study. *Sustainability*. Online. 26 June 2021. Vol. 13, no. 13, p. 7196. DOI <https://doi.org/10.3390/su13137196>.
13. CHEN, Wenfeng, YAO, Tandong, ZHANG, Guoqing, LI, Shenghai and ZHENG, Guoxiong. Accelerated glacier mass loss in the largest river and lake source regions of the Tibetan Plateau and its links with local water balance over 1976–2017. *Journal of Glaciology*. Online. August 2021. Vol. 67, no. 264, p. 577–591. DOI <https://doi.org/10.1017/jog.2021.9>.
14. CASTELLAZZI, P., BURGESS, D., RIVERA, A., HUANG, J., LONGUEVERGNE, L. and DEMUTH, M. N. Glacial Melt and Potential Impacts on Water Resources in the Canadian Rocky Mountains. *Water Resources Research*. Online. December 2019. Vol. 55, no. 12, p. 10191–10217. DOI <https://doi.org/10.1029/2018WR024295>.
15. SOTO CARRIÓN, Carolina, ZUÑIGA NEGRÓN, Juan José, PAUCAR ANCCO, Jhon, JIMÉNEZ MENDOZA, Wilber, IBARRA CABRERA, Manuel J., NARVÁEZ LICERAS, Alejandro and PAUCAR ANCCO, Sheila. Multi-Temporal Analysis of the Glacier Retreat Using Landsat Satellite Images in the Nevado of the Ampay National Sanctuary, Peru. *Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems*. Online. March 2022. Vol. 10, no. 1, p. 1–15. DOI <https://doi.org/10.13044/j.sdewes.d8.0380>.
16. VILLALOBOS DURAN, Jhovanny Samuel. *Integración de modelos numéricos del rendimiento hídrico y análisis multitemporal del glaciar Huaytapallana en la subcuenca Shullcas*. Online. Tesis de Pregrado. Lima, Perú : Universidad Nacional Federico Villarreal, 2021. Available from: <https://repositorio.unfv.edu.pe/handle/20.500.13084/5053>
17. CALIZAYA, Elmer, MEJÍA, Abel, BARBOZA, Elgar, CALIZAYA, Fredy, CORROTO, Fernando, SALAS, Rolando, VÁSQUEZ, Héctor and TURPO, Efraín. Modelling Snowmelt Runoff from Tropical Andean Glaciers under Climate Change Scenarios in the Santa River Sub-Basin (Peru). *Water*. Online. 10 December 2021. Vol. 13, no. 24, p. 3535. DOI <https://doi.org/10.3390/w13243535>.
18. SEEHAUS, Thorsten, MALZ, Philipp, SOMMER, Christian, LIPPL, Stefan, COCHACHIN, Alejo and BRAUN, Matthias. Changes of the tropical glaciers throughout Peru between 2000 and 2016 – mass balance and area fluctuations. *The Cryosphere*.

Online. 30 September 2019. Vol. 13, no. 10, p. 2537–2556. DOI <https://doi.org/10.5194/tc-13-2537-2019>.

19. SERRANO CHUIMA, María Rosa. *Impacto del cambio climático en el retroceso glaciar de la subcuenca del río Sahuanay, provincia de Abancay en el 2017*. Online. Tesis de Pregrado. Lima, Perú : Universidad Cesar Vallejo, 2018. Available from: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/27194>
20. MACERA PALOMINO, MacerBrigitte Magda. *Evaluación del retroceso glaciar y sus implicancias en el recurso hídrico en la cuenca glaciar Alayripampa en los años 2013-2019*. . Tesis de Maestría. Cusco, Perú : Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, 2022.
21. BOLIVAR YAPURA, Edgard. *Evaluación de la deglaciación del nevado Ausangate y su influencia en la disponibilidad de recursos hídricos en la cuenca alta del río Pitumarca - Cusco*. Online. Tesis Pregrado. Cusco, Perú : Universidad Alas Peruanas, 2018. Available from: <https://repositorio.uap.edu.pe/jspui/handle/20.500.12990/2855>
22. ESCOBEDO SILVA, Feliciano. *Evaluación del retroceso de los glaciares Llamawasi, Yawarmaki, Q'elwaq'ocha y Ch'akilq'asa y su relación con la disponibilidad hídrica de las cuencas de los ríos Lechería y Colorado Limatambo-Cusco*. Online. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, 2018. Available from: https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RUNS_b7724f9416d85b4d6139652e49fed856
23. PAUCAR ANCCO, John Anthony. *Estudio del retroceso glaciar en el santuario nacional de Ampay y determinación de su influencia en la agricultura de la comunidad de Huayllabamba, distrito de Abancay, año 2016*. Online. Tesis Pregrado. Apurímac : Universidad Tecnológica de Los Andes, 2018. Available from: <https://repositorio.utea.edu.pe/server/api/core/bitstreams/17d66aac-730a-40bc-a709-b36d2a6fbe44/content>
24. PANDEY, Pratima, RAMANATHAN, Alagappan and VENKATARAMAN, Gopalan. Remote Sensing of Mountain Glaciers and Related Hazards. In : MARGHANY, Maged (ed.), *Environmental Applications of Remote Sensing*. Online. InTech, 2016. ISBN 978-953-51-2443-6.
25. KUMAR, Mithun, FADHIL AL-QURAISHI, Ayad M. and MONDAL, Ismail. Glacier changes monitoring in Bhutan High Himalaya using remote sensing technology. *Environmental Engineering Research*. Online. 11 January 2020. Vol. 26, no. 1. DOI <https://doi.org/10.4491/eer.2019.255>.
26. AZZONI, Roberto Sergio, PELFINI, Manuela and ZERBONI, Andrea. Estimating the Evolution of a Post-Little Ice Age Deglaciaded Alpine Valley through the DEM of Difference (DoD). *Remote Sensing*. Online. 19 June 2023. Vol. 15, no. 12, p. 3190. DOI <https://doi.org/10.3390/rs15123190>.

27. MILNER, Alexander M., KHAMIS, Kieran, BATTIN, Tom J., BRITTAİN, John E., BARRAND, Nicholas E., FÜREDER, Leopold, CAUVY-FRAUNIE, Sophie, GÍSLASON, Gísli Már, JACOBSEN, Dean, HANNAH, David M., HODSON, Andrew J., HOOD, Eran, LENCIONI, Valeria, ÓLAFSSON, Jón S., ROBINSON, Christopher T., TRANTER, Martyn and BROWN, Lee E. Glacier shrinkage driving global changes in downstream systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. Online. 12 September 2017. Vol. 114, no. 37, p. 9770–9778. DOI <https://doi.org/10.1073/pnas.1619807114>.
28. MINISTERIO DE DESARROLLO AGRARIO Y RIEGO. Glaciares. Online. 16 March 2018. Available from: <https://www.midagri.gob.pe/portal/42-sector-agrario/recurso-agua/328-glaciares>
29. INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN EN GLACIARES Y ECOSISTEMAS DE MONTAÑA. Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña. *gob.pe*. Online. 2019. Available from: <https://www.gob.pe/inaigem>
30. BUITRAGO-VALENZUELA, Diana C., CEBALLO-LADINO, Luiyer A., ORTIZ-MORENO, Martha L. and ASECIO-CUELLAR, Diego A. Sensibilización ambiental con TIC: App “Ubica un primate.” *Orinoquia*. Online. 2019. Vol. 23, no. 1, p. 63–72. Available from: <https://www.redalyc.org/jatsRepo/896/89660466008/89660466008.pdf>
31. TAPIA MARTEL, Solimar Martha. *Programa de gestión ambiental y su influencia en la concientización y sensibilización ambiental del nivel primario de la I. E. Mártir Daniel Alcides Carrión N° 0142, S. J. L. - Lima; 2019*. Online. Tesis de Titulación. Lima : Universidad Privada del Norte, 2021. Available from: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/28119>
32. AGUIRRE GÓMEZ, Raúl. *Conceptos de geomática y estudios de caso en México*. Online. México : Instituto de Geografía, UNAM, 2009. ISBN 978-607-02-0973-4. Available from: <https://librosoa.unam.mx/handle/123456789/1338>
33. BLANES, José and DE LA QUINTANA, Diego. Cambio climático, adaptación y retroceso de glaciares. *Revista Virtual REDESMA*. Online. 2008. Vol. 2, no. 3, p. 19–23. Available from: <https://cebem.org/biblioteca/uploads/files/650cbab3873239.86219988.pdf>
34. BERMEJO, Elisa. ¿Qué es la tecnología ArcGIS? *Geo innova*. Online. 5 May 2014. Available from: <https://geoinnova.org/blog-territorio/que-es-la-tecnologia-arccgis/>
35. RAMOS MORENO, Alex Fabián. *Análisis multitemporal del cambio del área de cobertura glaciar sobre la Sierra Nevada de Santa Marta en los años 2014 y 2018*. Online. Trabajo de Grado. Bogotá : Universidad Militar Nueva Granada, 2019. Available from: <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/31988/RamosMorenoAlexFabian2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

36. ARGENAL, Francisco J. *Variabilidad Climática y Cambio Climático en Honduras*. Online. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD, 2010. Available from: <https://acchonduras.wordpress.com/wp-content/uploads/2014/10/variabilidad-y-cambio-climatico-honduras2010.pdf>
37. GEOSOLUCIONES. Imágenes satelitales. Online. 2019. Available from: <https://www.geosoluciones.cl/documentos/ficha-imagenes-satelitales/imagenes.pdf>
38. KOGUT, Petro. Bandas Landsat 8: Combinaciones Y Usos En Imágenes. *EOS Data Analytics*. Online. 2014. Available from: [https://eos.com/es/blog/bandas-landsat-8/#:~:text=Landsat%208%20es%20un%20sat%C3%A9lite,t%C3%A9rmico%20\(de%20onda%20larga\)..](https://eos.com/es/blog/bandas-landsat-8/#:~:text=Landsat%208%20es%20un%20sat%C3%A9lite,t%C3%A9rmico%20(de%20onda%20larga)..)
39. GLOBAL MAPPER. Raster Calculator. *Bluemarblegeo*. Online. 2019. Available from: https://www.bluemarblegeo.com/knowledgebase/global-mapper/Raster_Calculator.htm
40. KSHETRI, Tek. NDVI, NDBI & NDWI Calculation Using Landsat 7, 8. *LinkedIn Corporation*. Online. 30 September 2018. Available from: <https://www.linkedin.com/pulse/ndvi-ndbi-ndwi-calculation-using-landsat-7-8-tek-bahadur-kshetri/>
41. HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto, FERNÁNDEZ COLLADO, Carlos and BAPTISTA LUCIO, Pilar. *Metodología de la investigación*. . Sexta edición. México D.F. : McGraw-Hill Education, 2014. ISBN 978-1-4562-2396-0.
42. ARIAS GONZÁLES, Jose L. *Proyecto de Tesis - Guía para la Elaboración*. Online. Arequipa, Perú, 2020. ISBN 978-612-00-5416-1. Available from: https://www.academia.edu/69034600/Proyecto_de_Tesis_Gu%C3%ADa_para_la_Elaboraci%C3%B3n_compressed
43. PEREYRA, Luis Enrique. *Metodología de la investigación*. Online. México : Klik Soluciones Educativas S.A. de C.V., 2020. Available from: https://books.google.com.pe/books?id=x9s6EAAAQBAJ&pg=PA110&hl=es&source=gbv_selected_pages&cad=1#v=onepage&q&f=false
44. SÁNCHEZ JARA, Pablo Marcelo. *La teledetección enfocada a la obtención de mapas digitales*. Online. Trabajo de Titulación. Ecuador : Universidad de Cuenca, 2018. Available from: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/items/f473e195-d18f-44b7-86eb-271640135cc2>
45. SANCHEZ CARRION, Eduardo Luisenrique. Análisis multitemporal del retroceso glaciar Quelccaya, Ancash-Perú, 1990-2021, Cuzco - Puno, Perú. *Mastergis*. Online. 10 June 2023. Available from: <https://mastergis.com/proyecto/analisis-multitemporal-del-retroceso-glaciar-quelccaya-ancash-peru-1990-2021-cuzco-punoperu>
46. UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. Earth Explorer. *USGS*. Online. 6 June 2023. Available from: <https://earthexplorer.usgs.gov/>

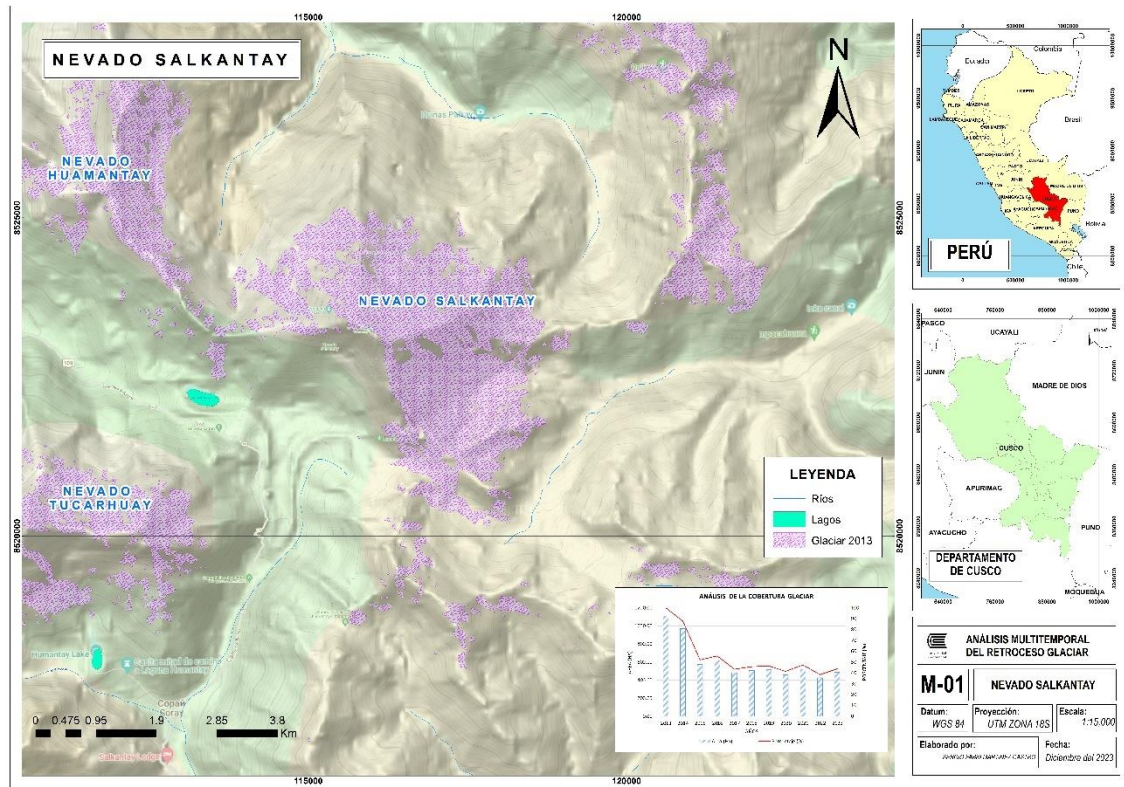
47. POSADAS, A. N. D., QUIROZ, R., ZOROGASTÚA, P. E. and LEÓN-VELARDE, C. Multifractal characterization of the spatial distribution of ulexite in a Bolivian salt flat. *International Journal of Remote Sensing*. Online. February 2005. Vol. 26, no. 3, p. 615–627. [Accessed 6 July 2025]. DOI <https://doi.org/10.1080/01431160512331299261>.

ANEXOS

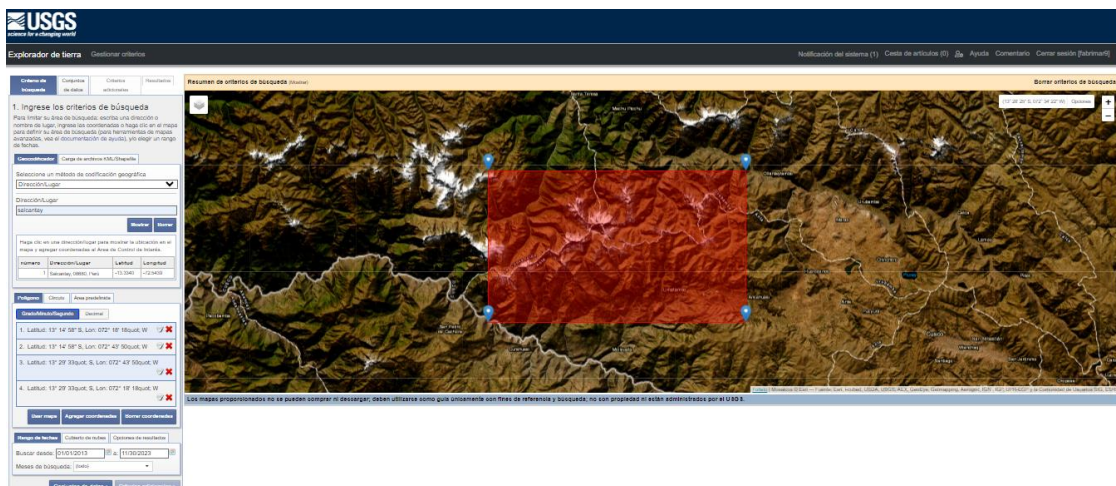
Anexo 1: Matriz de consistencia

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Metodología
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general		
¿Qué cambios presenta la cobertura glaciar del nevado Salkantay durante el periodo 2013-2023?	Evaluar los cambios en la cobertura glaciar del nevado Salkantay durante el período 2013-2023 mediante técnicas de teledetección.	Durante el periodo 2013-2023, la cobertura glaciar del nevado Salkantay ha experimentado un retroceso significativo debido al incremento de las temperaturas y la variabilidad climática en la región andina, lo cual se evidencia en la reducción del área glaciar identificada mediante el análisis multitemporal.	Variable: Modelamiento del retroceso glaciar aplicando técnicas de teledetección	Tipo y método de investigación: Básico y cuantitativo. Alcance de investigación: Descriptivo-propositivo Diseño de investigación: No Experimental Técnica de recolección de datos: Observación indirecta Instrumento de recolección de datos: imágenes satelitales
Problemas específicos	Objetivos específicos			
¿Cuál es el estado actual de la cobertura glaciar del nevado Salkantay al año 2023?	Describir el estado actual de la cobertura glaciar del nevado Salkantay al año 2023, a partir del análisis de imágenes satelitales.			
¿Cuánto es la cobertura glaciar multitemporal en el nevado Salkantay a través del Índice Diferencial Normalizado de Nieve?	Cuantificar la cobertura glaciar multitemporal en el nevado Salkantay a través del Índice Diferencial Normalizado de Nieve.			
¿Qué estrategias de sensibilización son accesibles para la población de Mollepata?	Proponer estrategias de sensibilización ambiental accesibles para la población de Mollepata.			

Anexo 2: Delimitación geográfica del nevado Salkantay.



Anexo 3: Delimitación del área de estudio para la descarga de imágenes satelitales.



Anexo 4: Lista de imágenes satelitales obtenidas del satélite Landsat 8

Fecha	Código
27/06/2013	LC08_L1TP_004069_20130627_20200912_02_T1
29/05/2014	LC08_L1TP_004069_20140529_20200911_02_T1
04/08/2015	LC08_L1TP_004069_20150804_20200908_02_T1
29/08/2016	LC08_L1TP_005069_20160829_20200906_02_T1
24/07/2017	LC08_L2SP_004069_20170724_20200903_02_T1
28/08/2018	LC08_L2SP_004069_20180828_20200831_02_T1
30/07/2019	LC08_L1TP_004069_20190730_20200827_02_T1
17/08/2020	LC08_L1TP_004069_20200817_20200920_02_T1
03/07/2021	LC08_L1TP_004069_20210703_20210712_02_T1
06/07/2022	LC08_L2SP_004069_20220706_20220722_02_T1
18/08/2023	LC09_L1TP_004069_20230818_20230818_02_T1

Anexo 5: Propuesta de sensibilización ambiental en la población de Mollepata-Cusco, 2023.

**PLAN DE SENSIBILIZACION
AMBIENTAL DEL “RETROCESO
GLACIAR DEL NEVADO SALKANTAY EN
EL PERIODO 2013 – 2023 EN EL DISTRITO
DE MOLLEPATA, PROVINCIA DE ANTA,
DEPARTAMENTO DE CUSCO 2023”**

Elaborado por:

Sergio Fabri Martinez Castro

Cusco

2023



INDICE

1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	3
1.2. Principales Aspectos del Problema:	3
2. OBJETIVOS	4
2.1. Objetivo general.....	4
2.2. Objetivos específicos.....	4
3. JUSTIFICACIÓN.....	5
4. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO	7
4.1. Ubicación de la localidad objeto	7
5. MARCO CONCEPTUAL	9
6. LÍNEAS BASE DEL PLAN DE SENSIBILIZACIÓN AMBIENTAL	11
7. ETAPAS DEL PLAN DE SENSIBILIZACIÓN AMBIENTAL	13
7.1. Fase de Preparación:.....	13
7.2. Fase de Diseño:	13
7.3. Fase de Implementación:.....	13
7.4. Fase de Participación Comunitaria:.....	13
7.5. Fase de Evaluación y Ajuste:	14
7.6. Fase de Sostenibilidad:.....	14
8. INDICADORES Y METAS DEL PLAN DE SENSIBILIZACIÓN	15
9. METODOLOGÍA	16
9.1. Método	16
9.2. Materiales	17
10. PASOS Y ESTRATEGIAS:.....	19
11. Acciones preventivas a la perdida de cobertura glaciar del nevado Salkantay	21
12. Resultados Esperados.....	23
BIBLIOGRAFÍA.....	26
ANEXOS.....	27

INTRODUCCIÓN

La majestuosidad del Nevado Salkantay en Cusco, Perú, ha sido testigo de cambios significativos en la última década. A través de la investigación “MODELAMIENTO DEL RETROCESO GLACIAR DEL NEVADO SALKANTAY APLICANDO TÉCNICAS DE TELEDETECCIÓN Y UNA PROPUESTA DE SENSIBILIZACION AMBIENTAL EN LA POBLACIÓN DE MOLLEPATA- CUSCO, 2013-2023”, basado en imágenes satelitales del satélite Landsat 8 y metodologías de teledetección en ArcGIS, hemos observado con preocupación la pérdida del 56.15% de la cobertura glaciar entre los años 2013 y 2023.

Este informe no es simplemente un registro de datos científicos; es una llamada a la acción para la comunidad de Mollepata, cuya vida está entrelazada con la imponente presencia del Nevado Salkantay. Este plan de sensibilización tiene como objetivo principal compartir los resultados del análisis, brindar comprensión sobre las consecuencias de este retroceso glaciar y, lo más crucial, inspirar acciones colectivas para preservar este tesoro natural y cultural.

A lo largo de este plan, nos sumergiremos en la riqueza cultural y lingüística de Mollepata, añadiendo el idioma quechua como vehículo de comunicación para garantizar que cada miembro de la comunidad se sienta conectado y empoderado. Desde charlas informativas hasta eventos culturales, pasando por programas educativos y medidas prácticas, este plan aborda la conservación del Nevado Salkantay como un compromiso compartido.

La pérdida de la cobertura glaciar no es solo una cuestión ambiental, sino un desafío que afecta la identidad cultural, la economía local y el acceso al agua para la agricultura. A través de esta iniciativa, buscamos despertar la conciencia de los pobladores de la localidad de Mollepata, fomentar prácticas sostenibles y construir un futuro donde el Nevado Salkantay siga siendo un pilar vital para la comunidad.

Es hora de unirnos, aprender de nuestra historia y tradiciones, y tomar medidas para proteger este invaluable patrimonio natural que nos ha sido confiado.

1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La imponente presencia del Nevado Salkantay, majestuosa joya natural en la región de Cusco, Perú, se ve amenazada por un fenómeno preocupante: el retroceso glaciar. En los últimos diez años, desde 2013 hasta 2023, hemos observado con inquietud la pérdida del 56.15% de la cobertura glaciar, revelada a través de un meticuloso análisis de imágenes satelitales provenientes del satélite Landsat 8 y utilizando metodologías de teledetección en el programa ArcGIS.

Este fenómeno trasciende las meras cifras y gráficos; representa una amenaza inminente para la comunidad de Mollepata, cuyas vidas están íntimamente ligadas al Nevado Salkantay. El retroceso glaciar no solo es un indicador del cambio climático en curso, sino un problema tangible que impacta directamente la vida cotidiana de los habitantes de Mollepata.

1.2.Principales Aspectos del Problema:

Impacto Cultural: El Nevado Salkantay es un ícono cultural para la comunidad, vinculado a mitos, leyendas y tradiciones que se transmiten de generación en generación. El retroceso glaciar amenaza con alterar este patrimonio cultural, generando pérdida de identidad y conexión con la historia local.

Impacto Económico: El turismo, impulsado por la belleza natural del Nevado Salkantay, es una fuente crucial de ingresos para Mollepata. El retroceso glaciar no solo afecta la estética del paisaje, sino que también compromete la atracción turística, poniendo en peligro los medios de vida de aquellos que dependen de esta industria.

Impacto Social: El Nevado Salkantay es un proveedor vital de agua para la agricultura local. El retroceso glaciar amenaza con disminuir la disponibilidad de agua, afectando directamente la producción agrícola y la seguridad alimentaria de la comunidad.

Impacto Ambiental: Más allá de las consecuencias inmediatas, el retroceso glaciar contribuye al cambio climático, generando efectos a largo plazo en la biodiversidad y el equilibrio ambiental de la región.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Crear conciencia y fomentar la acción comunitaria en la población del distrito de Mollepata, Cusco, sobre el retroceso glaciar en el Nevado Salkantay (2013-2023), destacando su importancia cultural, económica y ambiental, y promoviendo prácticas sostenibles para la conservación del entorno, implementando medidas preventivas y adaptativas al retroceso Glaciar en el distrito de Mollepata

2.2. Objetivos específicos

- Informar acerca del Retroceso Glaciar: Proporcionar información clara y accesible sobre el retroceso glaciar adecuando a su vez la información en quechua y material audiovisual para las personas analfabetas.
- Exponer los impactos económicos y turísticos, vinculando la conservación con el bienestar económico.
- Involucrar Líderes y Redes Comunitarias:
Identificar y capacitar líderes locales para actuar como promotores de la sensibilización.
- Implementar medidas preventivas y adaptativas en el distrito de Mollepata para mitigar la pérdida de cobertura glaciar del Nevado Salkantay y crear resiliencia comunitaria frente al retroceso glaciar

3. JUSTIFICACIÓN

El plan de sensibilización se basa en la urgente necesidad de preservar el Nevado Salkantay como un patrimonio cultural, económico y ambiental. La movilización de la comunidad a través de la conciencia y la acción es esencial para asegurar un futuro sostenible para la localidad de Mollepata y las generaciones venideras.

La ejecución de este plan de sensibilización surge de la imperativa necesidad de abordar un problema que va más allá de lo ambiental: el retroceso glaciar en el Nevado Salkantay. La justificación se sustenta en diversos aspectos fundamentales:

PLAN DE SENSIBILIZACION AMBIENTAL DEL RETROCESO GLACIAR DEL

Impacto en la Identidad Cultural: El Nevado Salkantay es el guardián de la identidad cultural de Mollepata desde la época incaica, una pieza intrínseca en mitos y tradiciones. La pérdida de la cobertura glaciar amenaza con despojar a la comunidad de un elemento clave de su herencia cultural. Este plan busca preservar y fortalecer esa conexión cultural única.

Sostenibilidad Económica:

La economía local de Mollepata está estrechamente vinculada al turismo, que se nutre de la belleza natural del Nevado Salkantay. La disminución de la cobertura glaciar afecta directamente la atracción turística, comprometiendo los ingresos y el sustento de la comunidad. La sensibilización es esencial para proteger la fuente de ingresos económicos y fomentar prácticas turísticas sostenibles.

Seguridad Alimentaria y Desarrollo Agrícola:

El Nevado Salkantay es una fuente vital de agua para la agricultura local. El retroceso glaciar amenaza con disminuir este suministro, afectando la producción agrícola y la seguridad alimentaria de la comunidad. La sensibilización es crucial para promover prácticas agrícolas sostenibles y asegurar la continuidad de la producción local.

Consecuencias Ambientales y Cambio Climático:

El retroceso glaciar no solo tiene impactos inmediatos, sino que también contribuye al cambio climático, afectando la biodiversidad y el equilibrio ambiental en la región. Sensibilizar a la comunidad sobre estas consecuencias fomenta una mayor comprensión de la interconexión entre el medio ambiente y la calidad de vida.

Participación Activa de la Comunidad: Este plan reconoce la importancia de la participación comunitaria para lograr un cambio significativo. La sensibilización pretende empoderar a los habitantes de Mollepata, proporcionándoles conocimientos y herramientas para ser agentes activos en la conservación de su entorno.

4. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

4.1. Ubicación de la localidad objeto

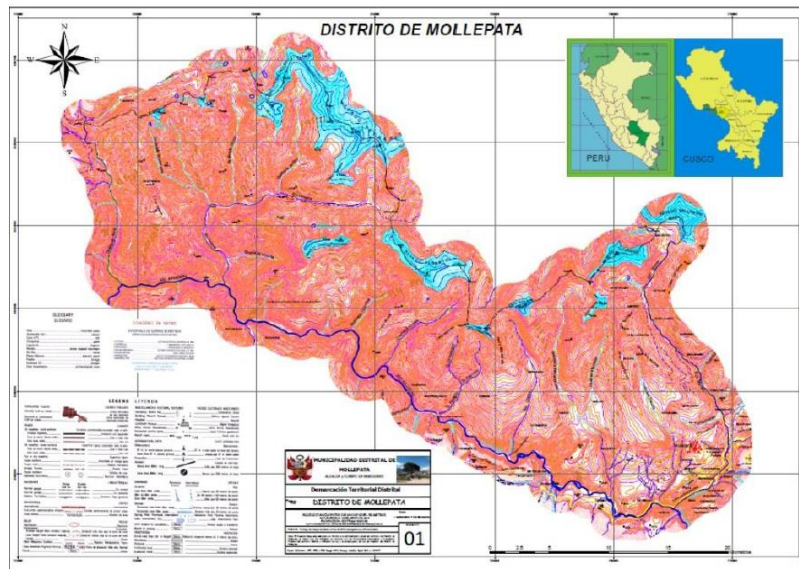


Figura 1. Ubicación geográfica del distrito de Mollepata. (Mollepata, 2019)

Mollepata es una localidad ubicada en la provincia de Anta, en la región de Cusco, Perú. Su situación geográfica la coloca estratégicamente en la zona andina del país, rodeada de majestuosas montañas y paisajes imponentes. Algunas características clave de su ubicación son:

Coordenadas Geográficas: Mollepata se encuentra aproximadamente a una altitud de alrededor de 2,900 metros sobre el nivel del mar, lo que la sitúa en una región de montaña.

Acceso a Rutas Andinas: Dada su ubicación, Mollepata sirve como punto de partida para diversas rutas andinas, incluyendo aquellas que llevan hacia el famoso Camino Inca y el Nevado Salkantay.

Proximidad al Nevado Salkantay: Mollepata está estratégicamente situada en las faldas del Nevado Salkantay, una de las montañas más altas de la región, conocida por su imponente presencia y su significado cultural.

PLAN DE SENSIBILIZACION AMBIENTAL DEL RETROCESO GLACIAR DEL

Clima Andino: La localidad experimenta un clima andino con estaciones secas y húmedas, caracterizado por variaciones significativas de temperatura entre el día y la noche.

Importancia Geográfica y Cultural: Mollepata no solo es un punto de acceso a rutas turísticas y montañas, sino que también alberga una rica herencia cultural, con una población mayoritariamente quechua, cuya vida cotidiana está arraigada en las tradiciones andinas.

5. MARCO CONCEPTUAL

Retroceso Glaciar:

Se conoce como retroceso glaciar al ascenso de la línea inferior de las nieves persistentes de alta montaña cada vez a mayor altitud, hasta desaparecer por completo en muchos casos como consecuencia del deshielo o fusión glaciar. Entre las causas concurrentes en la fusión glaciar acelerada y el consecuente retroceso, adelgazamiento del espesor, disminución de la extensión y el volumen de la masa glaciar. (Pillaca, 2005).

Teledetección:

La teledetección es la técnica de adquisición de datos de la superficie terrestre desde sensores instalados en plataformas espaciales. La interacción electromagnética entre el terreno y el sensor, genera una serie de datos que son procesados posteriormente para obtener información interpretable de la Tierra. (Nacional, 2013)

Cambio Climático:

Es el problema que determina el desarrollo humano en nuestra generación, este minará los esfuerzos que se emprenden en el ámbito internacional con el fin de combatir la pobreza. Los modelos climáticos actuales predicen un calentamiento mundial de cerca de 1.4-5.8 grados Celsius entre 1990 y 2100, proyecciones que se basan en un conjunto de hipótesis acerca de las principales fuerzas que dirigen las emisiones futuras; tales como el crecimiento poblacional y el cambio tecnológico, pero no parten de la base de que hay que aplicar políticas sobre cambio climático para reducir las emisiones. ((PNUD), 2008)

Sostenibilidad:

La sostenibilidad se refiere a la característica del desarrollo que comprende la satisfacción de las necesidades de las generaciones actuales, sin comprometer la capacidad de la satisfacción de las necesidades de las generaciones futuras. (Munier, 2005).

Participación Comunitaria:

Es un tipo de acción colectiva mediante la cual la ciudadanía toma parte en la construcción, evaluación, gestión y desarrollo de los asuntos públicos, independientemente de las modalidades (institucional–autónoma) por las que esta misma discurre. (Carmen Vásquez de Velasco, 2011)

6. LÍNEAS BASE DEL PLAN DE SENSIBILIZACIÓN AMBIENTAL

Las líneas base proporcionan un contexto integral para la planificación del programa de sensibilización, permitiendo una adaptación efectiva a las necesidades y características específicas de la comunidad de Mollepata y sus interacciones con el Nevado Salkantay.

Cobertura Glaciar Inicial (2013):

Establecer la extensión y masa inicial de la cobertura glaciar en el Nevado Salkantay en 2013 como referencia para cuantificar la pérdida.

Tendencias de Retroceso (2013-2023):

Analizar las imágenes satelitales para determinar las tasas de retroceso glaciar a lo largo del período de estudio (2013-2023) y entender la magnitud del fenómeno.

Impacto en el Suministro de Agua:

Evaluar la relación entre el retroceso glaciar y la disponibilidad de agua para la agricultura en Mollepata, identificando áreas vulnerables.

Evaluación del Turismo Local:

Analizar la influencia del retroceso glaciar en la atracción turística del Nevado Salkantay y su impacto económico en la comunidad de Mollepata.

Cultural y Significado del Nevado:

Comprender la importancia cultural y espiritual del Nevado Salkantay en la comunidad quechua de Mollepata, identificando mitos y tradiciones asociadas.

Conocimiento Comunitario Existente:

Evaluar el nivel de conocimiento actual en la comunidad sobre el retroceso glaciar y sus posibles consecuencias ambientales, económicas y culturales.

Participación Comunitaria Anterior:

Identificar experiencias previas de la comunidad en iniciativas de conservación ambiental y su nivel de participación en proyectos similares.

Prácticas Agrícolas Actuales:

Analizar las prácticas agrícolas locales, identificando aquellas que podrían estar contribuyendo a la presión sobre los recursos hídricos provenientes del Nevado Salkantay.

Infraestructura Educativa:

PLAN DE SENSIBILIZACION AMBIENTAL DEL RETROCESO GLACIAR DEL

Evaluar la infraestructura educativa existente en Mollepata, incluyendo la incorporación de temas ambientales y la disponibilidad de materiales didácticos.

Capacidades de Liderazgo Local:

Identificar líderes locales y su capacidad para movilizar y liderar iniciativas comunitarias, especialmente en el contexto de la cultura quechua.

Redes de Comunicación Comunitaria:

Analizar las redes de comunicación existentes en Mollepata, incluyendo medios locales y líderes de opinión, para entender cómo difundir eficazmente la sensibilización.

7. ETAPAS DEL PLAN DE SENSIBILIZACIÓN AMBIENTAL

Las etapas para la elaboración del plan de sensibilización estarán divididas en 6 fases:

7.1. Fase de Preparación:

Diagnóstico Inicial:

Revisión detallada de datos existentes sobre el retroceso glaciar y evaluación de la situación cultural y socioeconómica de Mollepata.

Identificación de Actores Clave:

Identificación y contacto con líderes locales, instituciones educativas, autoridades y organizaciones comunitarias para su participación activa.

7.2. Fase de Diseño:

Definición de Objetivos y Metas:

Refinamiento de los objetivos y metas del plan, asegurando su alineación con las necesidades y características de la comunidad.

Desarrollo de Materiales:

Creación de materiales educativos, visuales y culturales en quechua y en castellano, adaptados para diferentes grupos demográficos.

7.3. Fase de Implementación:

Lanzamiento del Plan:

Presentación oficial del plan a la comunidad, explicando los objetivos, actividades planificadas y la importancia de su participación.

Sesiones Informativas Iniciales:

Inicio de sesiones informativas en quechua para proporcionar información sobre el retroceso glaciar y la importancia del Nevado Salkantay.

7.4. Fase de Participación Comunitaria:

Eventos Culturales y Educativos:

PLAN DE SENSIBILIZACION AMBIENTAL DEL RETROCESO GLACIAR DEL

Organización de eventos culturales y educativos para resaltar la conexión cultural con el Nevado Salkantay y transmitir mensajes de conservación.

Diálogos Comunitarios y Talleres Prácticos:

Facilitación de diálogos comunitarios y talleres prácticos para involucrar activamente a la comunidad en la discusión y aplicación de prácticas sostenibles.

7.5.Fase de Evaluación y Ajuste:

Monitoreo Continuo:

Implementación de sistemas de monitoreo continuo para evaluar la participación, comprensión y cambios de comportamiento en la comunidad.

Encuestas de Seguimiento:

Realización de encuestas de seguimiento para medir el impacto del plan y ajustar estrategias según los resultados.

7.6.Fase de Sostenibilidad:

Capacitación Continua de Líderes:

Programación de sesiones de capacitación continua para líderes locales, asegurando su papel activo en la sostenibilidad del programa.

Integración con Estructuras Educativas:

Colaboración con instituciones educativas para integrar temas de conservación ambiental en los planes de estudio y actividades regulares.

Estas etapas se desarrollarán de manera secuencial, pero con flexibilidad para adaptarse a las dinámicas y necesidades cambiantes de la comunidad de Mollepata. La participación activa y continua de la comunidad será clave para el éxito a lo largo de todo el plan.

8. INDICADORES Y METAS DEL PLAN DE SENSIBILIZACIÓN

Objetivo	Indicador	Meta
Informar sobre el Retroceso Glaciar:	Nivel de comprensión sobre el retroceso glaciar en encuestas de conocimiento pre y post-sesiones informativas.	Aumentar la comprensión en un 30% al final del primer año.
Educación sobre Impactos Económicos y Turísticos:	Número de participantes en diálogos comunitarios y talleres prácticos.	Alcanzar la participación activa de al menos el 50% de los agricultores y empresarios locales en el primer año.
Involucrar Líderes y Redes Comunitarias:	Identificación y capacitación de líderes locales.	Identificar y capacitar a al menos 10 líderes locales en el primer año.
Organizar Eventos Culturales y Educativos:	Asistencia a eventos culturales y educativos.	Lograr una asistencia media de al menos el 60% en eventos durante el primer año.
Implementar medidas preventivas y adaptativas al retroceso Glaciar	Implementación de acciones preventivas y adaptativas al retroceso glaciar para generaciones futuras.	Iniciar con la implementación de acciones sostenibles que permitan a los pobladores de la localidad de Mollepata prescindir del nevado Salkantay en los próximos años, a nivel económico y social.

9. METODOLOGÍA

9.1. Método

El método de sensibilización se basará en un enfoque participativo y culturalmente relevante, reconociendo la importancia de la identidad cultural quechua en Mollepata y promoviendo la participación activa de la comunidad. Este método incluirá:

Sesiones Informativas Participativas:	Organizar sesiones informativas en quechua, utilizando materiales visuales y recursos accesibles para todos los niveles educativos. Fomentar la participación activa de la comunidad para compartir conocimientos y experiencias.
Eventos Culturales y Tradicionales:	Organizar eventos culturales que celebren la conexión ancestral con el Nevado Salkantay. Integrar mensajes de conservación en danzas, música y representaciones artísticas que resalten la importancia de preservar el entorno natural.
Diálogos Comunitarios:	Facilitar diálogos abiertos y reflexivos entre los miembros de la comunidad. Proporcionar espacios para que expresen sus inquietudes, compartan conocimientos tradicionales y contribuyan a la planificación de medidas de conservación.
Capacitación de Líderes Locales:	Identificar líderes locales y capacitarlos para actuar como facilitadores y promotores de la sensibilización en sus comunidades. Su participación activa será clave para impulsar el mensaje de conservación.
Programas Educativos en Escuelas:	Implementar programas educativos sobre el retroceso glaciar y la importancia de la conservación en las escuelas locales. Adaptar los materiales didácticos al quechua para garantizar la comprensión.
Talleres Prácticos:	Realizar talleres prácticos sobre prácticas agrícolas sostenibles y manejo del agua. Involucrar a los agricultores locales para compartir y aprender técnicas que preserven los recursos naturales..

**Producción de
Materiales en
Quechua:**

Desarrollar materiales de sensibilización en quechua, como folletos, afiches y videos cortos. Estos materiales se distribuirán de manera amplia y servirán como herramientas educativas efectivas.

9.2.Materiales

Los cuales a su vez deberán ser adaptados a la Cultura Quechua y Accesibles a la población de la Comunidad de Mollepatá.

Folletos Informativos bilingües:

Crear folletos visuales y fácilmente comprensibles en castellano y quechua que describan el retroceso glaciar, sus impactos y prácticas sostenibles para la conservación.

Afiches Educativos:

Diseñar afiches que destaquen la importancia cultural y económica del Nevado Salkantay, acompañados de gráficos que ilustren el retroceso glaciar y su impacto en la comunidad.

Videos Cortos en castellano y Quechua:

Producir videos cortos que combinen imágenes visuales, testimonios locales y narración en quechua para transmitir de manera efectiva la información sobre el retroceso glaciar y la importancia de la conservación.

Materiales Didácticos Interactivos:

Desarrollar juegos y actividades educativas interactivas en castellano y en quechua, adaptadas a diferentes grupos de edad, para reforzar los conceptos de conservación y prácticas sostenibles.

Recursos Audiovisuales para Eventos Culturales:

Preparar presentaciones multimedia para eventos culturales, integrando música y danzas locales con mensajes de conservación y la importancia del Nevado Salkantay.

Guías Prácticas para Prácticas Agrícolas Sostenibles:

PLAN DE SENSIBILIZACION AMBIENTAL DEL RETROCESO GLACIAR DEL

Elaborar guías prácticas que describan técnicas agrícolas sostenibles, enfocándose en la gestión eficiente del agua y la preservación del suelo.

Materiales de Promoción en bilingües:

Diseñar materiales de promoción, como camisetas y pegatinas, con mensajes de conservación en castellano y quechua. Estos materiales pueden servir como recordatorios diarios y generar un sentido de pertenencia a la causa.

Presentaciones Visuales para Sesiones Informativas:

Crear presentaciones visuales dinámicas para las sesiones informativas, combinando imágenes satelitales, gráficos claros y textos en quechua para facilitar la comprensión.

Material de Capacitación para Líderes Locales:

Preparar manuales y materiales de capacitación en para líderes locales, proporcionándoles herramientas efectivas para facilitar discusiones y eventos comunitarios.

Publicaciones en Medios Locales:

Colaborar con medios de comunicación locales para publicar artículos y anuncios en quechua y castellano sobre el retroceso glaciar y la necesidad de acciones de conservación.

Estos materiales se adaptan a la también a la cultura quechua, garantizando que la información sea accesible y relevante para la comunidad de Mollepata. La diversidad de formatos busca abordar diferentes estilos de aprendizaje y asegurar una amplia difusión de los mensajes de sensibilización.

10. PASOS Y ESTRATEGIAS:

Organización de Charlas Informativas:

- Invitar a expertos en glaciología y medio ambiente para impartir charlas educativas en la comunidad.
- Utilizar gráficos y visualizaciones de los resultados obtenidos del modelamiento del retroceso glaciar del nevado Salkantay de 2013 a 2023 para mostrar de manera clara y efectiva la magnitud del retroceso glaciar.

Producción de Materiales Educativos:

- Elaborar folletos, carteles y presentaciones multimedia que expliquen de manera sencilla los impactos del retroceso glaciar en el Nevado Salkantay.
- Destacar la conexión entre el retroceso glaciar, la disponibilidad de agua para la agricultura y el impacto en el turismo local.

Eventos Comunitarios:

- Organizar eventos culturales y recreativos con la participación de la comunidad para crear un ambiente propicio para la sensibilización.
- Incorporar elementos que destaquen la importancia del Nevado Salkantay en la historia y tradiciones locales.

Inclusión de Líderes Locales:

- Colaborar con líderes comunitarios, autoridades locales y figuras respetadas para respaldar el mensaje de conservación.
- Solicitar el apoyo de líderes religiosos para enfatizar la responsabilidad moral de proteger el medio ambiente.

Programas Educativos en Escuelas:

- Introducir el tema del retroceso glaciar en talleres escolares.
- Realizar actividades educativas y excursiones relacionadas con la conservación ambiental y la historia local.

Campañas en Medios de Comunicación:

PLAN DE SENSIBILIZACION AMBIENTAL DEL RETROCESO GLACIAR DEL

- Utilizar radio, televisión y redes sociales para difundir mensajes de sensibilización.
- Entrevistas con expertos, testimonios de lugareños y campañas visuales para llegar a un público más amplio.

Fomentar Prácticas Sostenibles:

- Promover prácticas agrícolas sostenibles que reduzcan la presión sobre los recursos hídricos provenientes del Nevado Salkantay.
- Incentivar el turismo responsable y la diversificación de actividades económicas para disminuir la dependencia del turismo.

Creación de Grupos de Acción Comunitaria:

- Establecer grupos locales dedicados a la conservación ambiental.
- Fomentar la participación activa de la comunidad en la implementación de medidas concretas para preservar el Nevado Salkantay.

Monitoreo Continuo:

- Implementar sistemas de monitoreo para seguir de cerca la evolución del retroceso glaciar y sus impactos.
- Actualizar regularmente a la comunidad sobre los avances y la efectividad de las medidas de conservación.

Alianzas con Organizaciones Ambientales:

- Colaborar con organizaciones no gubernamentales y agencias ambientales para fortalecer la implementación de proyectos de conservación.
- Buscar financiamiento para iniciativas locales que promuevan la sostenibilidad.

Este plan de sensibilización busca no solo informar, sino también involucrar activamente a la comunidad de Mollepata en la protección del Nevado Salkantay y su entorno, asegurando un enfoque holístico y sostenible para la conservación del medio ambiente.

11. Acciones preventivas a la pérdida de cobertura glaciar del nevado Salkantay

Diversificación de Fuentes de Agua:

Investigar y promover la diversificación de fuentes de agua, incluyendo la captación y almacenamiento de agua de lluvia. La implementación de sistemas de recolección de agua puede ser crucial para asegurar el suministro en épocas de escasez.

Implementación de Prácticas Agrícolas Sostenibles:

Adoptar técnicas agrícolas más eficientes y sostenibles, como la agricultura de conservación y el uso de tecnologías que maximicen el rendimiento con un menor consumo de agua. Capacitar a los agricultores en prácticas adaptadas a las nuevas condiciones climáticas.

Promoción de Cultivos Tolerantes a la Sequía:

Identificar y promover cultivos que sean más resistentes a la sequía. La diversificación de cultivos puede contribuir a la seguridad alimentaria y mitigar el impacto económico de la escasez de agua para la agricultura.

Desarrollo de Programas de Gestión del Agua:

Establecer programas de gestión del agua a nivel comunitario para optimizar el uso del recurso. Esto puede incluir la implementación de sistemas de riego eficientes y la regulación del uso del agua para garantizar su uso sostenible.

Promoción del Turismo Sostenible:

Diversificar las ofertas turísticas para minimizar la dependencia del turismo centrado en el entorno glaciar. Desarrollar actividades turísticas sostenibles y respetuosas con el medio ambiente que destaquen otras bellezas naturales y culturales de la región.

Desarrollo de Proyectos de Energía Renovable:

Explorar la posibilidad de implementar proyectos de energía renovable, como la energía solar o eólica, para reducir la dependencia de recursos hídricos para la generación de electricidad.

PLAN DE SENSIBILIZACION AMBIENTAL DEL RETROCESO GLACIAR DEL

Promoción de la Reforestación y Conservación de Cuencas:

Iniciar programas de reforestación para proteger las cuencas hidrográficas y mantener la calidad del agua. La preservación de áreas boscosas contribuye a la retención de agua y previene la erosión del suelo.

Construcción de Reservorios de Agua:

Considerar la construcción de reservorios de agua para almacenar recursos hídricos durante las temporadas de deshielo. Estos reservorios pueden proporcionar un suministro constante de agua durante periodos de escasez.

Educación Continua y Concientización:

Mantener programas educativos continuos para concientizar a la población sobre la importancia de la conservación del agua, la adaptación al cambio climático y la diversificación de actividades económicas.

Desarrollo de Empresas Resilientes al Cambio Climático:

Incentivar la creación y el fortalecimiento de pequeñas empresas que sean resistentes al cambio climático, como la producción y venta de productos sostenibles, el ecoturismo y la artesanía local.

Planificación de Emergencia y Respuesta Rápida:

Desarrollar planes de emergencia comunitarios que aborden posibles escenarios de escasez de agua y pérdida económica. Establecer sistemas de alerta temprana y protocolos de respuesta rápida.

Promover la Investigación Local y Adaptación Constante:

Incentivar la investigación local sobre estrategias de adaptación y resiliencia al retroceso glaciar. La comunidad debe estar abierta a ajustar sus prácticas y estrategias a medida que evolucionan las condiciones climáticas.

Estas acciones preventivas buscan no solo mitigar los impactos directos del retroceso glaciar, como la escasez de agua y las pérdidas económicas, sino también fomentar la resiliencia y la sostenibilidad a largo plazo en la comunidad de Mollepata. La colaboración entre los pobladores, las autoridades locales y expertos en cambio climático será esencial para implementar con éxito estas medidas.

12. Resultados Esperados

Incremento en la Conciencia Ambiental:	Se espera que la comunidad de Mollepata adquiera un mayor conocimiento sobre el retroceso glaciar del Nevado Salkantay, comprendiendo su importancia cultural, económica y ambiental. La conciencia ambiental permitirá una comprensión más profunda de los riesgos asociados y la necesidad de conservar el entorno natural.
Cambios en Comportamientos y Prácticas Sostenibles:	Como resultado de la sensibilización, se espera observar cambios en los comportamientos cotidianos de la población, incluyendo prácticas más sostenibles en el uso del agua, la agricultura y otras actividades económicas. El objetivo es reducir la presión sobre el entorno glaciar y promover prácticas que contribuyan a su conservación.
Participación Activa de la Comunidad:	Se anticipa que la comunidad de Mollepata participe activamente en la implementación y seguimiento de las actividades propuestas en el plan. La identificación y capacitación de líderes locales debería impulsar la participación comunitaria y la asunción de roles activos en la sensibilización ambiental.
Comprensión de los Impactos Económicos y Turísticos:	La propuesta incluye la exposición de los impactos económicos y turísticos asociados al retroceso glaciar. Se espera

PLAN DE SENSIBILIZACION AMBIENTAL DEL RETROCESO GLACIAR DEL

	que esta información motive a la comunidad a comprender la relación directa entre la conservación del Nevado Salkantay y su propio bienestar económico, así como el impacto en la industria turística local.
Adaptación de la Educación Ambiental:	La adaptación de la información sobre el retroceso glaciar en quechua y la utilización de material audiovisual facilitarán la comprensión, especialmente para aquellos con limitaciones de alfabetización. Se espera que esta adaptación mejore la efectividad de la sensibilización en la comunidad.
Reducción en el Uso Irresponsable del Agua:	Con la conciencia ambiental y la comprensión de la importancia del agua proveniente del deshielo glaciar, se espera una reducción en el uso irresponsable del recurso hídrico. La comunidad debería adoptar prácticas más eficientes y sostenibles en el uso del agua.
Desarrollo de Iniciativas Locales Sostenibles:	Se espera que la sensibilización ambiental estimule el desarrollo de iniciativas locales sostenibles en la agricultura, el turismo y otras actividades económicas. Esto podría incluir prácticas agrícolas más respetuosas con el medio ambiente y la diversificación de oportunidades económicas basadas en la conservación.

PLAN DE SENSIBILIZACION AMBIENTAL DEL RETROCESO GLACIAR DEL

Colaboración Efectiva con Instituciones y Organizaciones:	La propuesta busca la colaboración entre instituciones gubernamentales, organizaciones no gubernamentales y la comunidad local. Se espera que esta colaboración mejore la eficacia de las medidas implementadas y promueva un enfoque conjunto hacia la conservación ambiental.
Cambio en la Percepción de la Población sobre la Conservación:	La implementación del plan debería contribuir a un cambio positivo en la percepción de la población local sobre la importancia de la conservación. Se espera que la comunidad asuma un papel activo en la protección del Nevado Salkantay y sus recursos naturales.
Reducción en la Pérdida de Cobertura Glaciar:	A largo plazo, se espera que la sensibilización ambiental y la adopción de prácticas sostenibles contribuyan a reducir la pérdida de cobertura glaciar en el Nevado Salkantay. La comunidad debería convertirse en defensora activa de la conservación ambiental y del entorno glaciar.

Estos resultados esperados reflejan el impacto positivo y duradero que se busca lograr con la implementación del plan de sensibilización ambiental en Mollepata, Cusco, en respuesta al retroceso glaciar del Nevado Salkantay.

BIBLIOGRAFÍA

(PNUD), Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo. 2008. *Desarrollo Humano*. 2008.

Carmen Vásquez de Velasco, Ivana Silva Santisteban, Mariella Gálvez Castillo. 2011. *CUIDADO, PROTECCION Y EDUCACION DE LA INFANCIA DESDE LA PARTICIPACION COMUNITARI*. Lima : UMA Comunicación Visual, 2011.

Mollepata, Municipalidad distrital de. 2019. La cultura inca - cusi blogspot. [En línea] 2019. [Citado el: 10 de Diciembre de 2023.] <https://laculturainca-cusi.blogspot.com/2010/04/aniversario-de-mollepata.html>.

Munier, N. 2005. *Introduction to Sustainability-Road to better future*. Springer : s.n., 2005.

Nacional, Instituti Geografico. 2013. Instituto Goografico Nacional. [En línea] 2013. <https://www.ign.es/web/resources/docs/IGNCnig/OBS-Teledeteccion.pdf>.

Pillaca, Jorge Chancos. 2005. Keneamazon. [En línea] 2005. <https://keneamazon.net/Documents/Publications/Virtual-Library/Impacto/40.pdf>.

ANEXOS

Encuesta Pre-Sesiones Informativas:

1. ¿Cuánto sabe sobre el retroceso glaciar en el Nevado Salkantay antes de estas sesiones informativas?
 - Nada
 - Poco
 - Algo
 - Bastante
 - Mucho
2. ¿Puede identificar algunas posibles causas del retroceso glaciar? (Especifique si es posible)
 - Sí
 - No
3. ¿Cómo cree que el retroceso glaciar puede afectar a la comunidad de Mollepata?
 - No estoy seguro
 - Afectará negativamente
 - Afectará positivamente
 - No tendrá impacto

Encuesta Post-Sesiones Informativas:

1. Después de las sesiones informativas, ¿cómo calificaría su comprensión sobre el retroceso glaciar en el Nevado Salkantay?
 - Nada mejor
 - Un poco mejor
 - Mejor
 - Mucho mejor
2. ¿Puede mencionar al menos dos impactos del retroceso glaciar en el entorno y la comunidad?
 - Sí
 - No
3. ¿Cómo piensa que la conservación del Nevado Salkantay puede beneficiar a Mollepata?
 - No estoy seguro
 - Beneficiará negativamente
 - Beneficiará positivamente
 - No tendrá impacto
4. ¿Cuáles son las medidas que puede tomar la comunidad para contribuir a la conservación del entorno? (Especifique si es posible)
 - No estoy seguro
 - Reducir el consumo de agua
 - Cambiar prácticas agrícolas
 - Participar en proyectos de reforestación
 - Otras (especifique)

Ñawpaq Willay Sesión Encuesta:

1. ¿Haykatataq yachanki Nevado Salkantaypi glacial retiromanta manaraq kay willakuykunata ruwachkaspas?
 - Mana imapas
 - Aslla
 - Imapas
 - Llunpay
 - Achka
2. ¿Reqsíwaqchu wakin causakuna glacial retiro kananpaq? (Atikuqtinqa willay)
 - Arí
 - Mana
3. ¿Imaynatataq yuyanki retiro glacial nisqa Mollepata llaqtata afectanman?
 - Manam segurochu kani
 - Mana allintam afectanqa
 - Allintam afectanqa
 - Manataqmi ima impactotapas ruwanqachu

Información Post

Chay sesiones de información nisqa tukukuptin,

1. ¿Imaynatataq chaninchawaq Nevado Salkantay llaqtapi retiro glacial nisqamanta hamutaynikita?
 - Mana imapas aswan allinqa
 - Aswan allinraq
 - Aswan allin
 - Aswan allin
2. ¿Iskay impactos nisqatapas sutichawaqchu retiro glacial nisqapa pachamamapi, llaqtapipas?
 - Ari
 - Mana
3. ¿Imaynatataq yuyanki Nevado Salkantay waqaychayqa Mollepata allin kananpaq?
 - Manam segurochu kani
 - Mana allintam yanapanqa
 - Allintam yanapanqa
 - Manataqmi ima impactotapas ruwanqachu
4. ¿Ima ruwaykunatataq llaqta runakuna ruwanman pachamama waqaychaypi yanapakunanpaq? (Atikuqtinqa willay)
 - Manam segurochu kani
 - Yakuta pisiyachiy
 - Chakra ruraykunata tikray
 - Proyectos de reforestación nisqapi participay
 - Huk (nichay) .