



**Universidad César Vallejo**

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

Dinámica glacial y su influencia en el balance de la masa glacial de dos nevados: Nevado Ausangate y nevado Verónica, 1990-2021

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

Ingeniera Ambiental

**AUTORAS:**

Cuellar Delgado, Carmen Indira (orcid.org/0009-0008-6545-9484)

Quispe Mamani, Keyko Rocio (orcid.org/0000-0003-3119-439X)

**ASESOR:**

Dr. Sernaque Auccahuasi, Fernando Antonio (orcid.org/0000-0003-1485-5854)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Gestión de Riesgos y Adaptación al Cambio Climático

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA — PERÚ

2024

## DEDICATORIA

A Dios, por darme la fuerza necesaria para culminar esta meta.

A mis padres, Germán y Beatriz, por siempre brindarme su apoyo en todo momento y por el amor incondicional a diario.

A mis hermanos, Brandon, Yhoel y Samuel, por motivarme a seguir a delante y cumplir todas mis metas y sueños.

A mi tío, Wenceslao, por siempre estar presente con sus consejos y apoyo diario.

A mi amiga, Nancy, por formar parte de mi vida y siempre apoyándome y alentando para cumplir esta meta tan anhelada.

A todos aquellos que han sido una parte integral de mi camino académico y personal.

Keyko Rocio Quispe Mamani

A Dios, que es mi guía y mi fortaleza, quién permitió que concluya un objetivo más en mi vida.

A mi familia:

A mis padres, Roberto y Nila, por su comprensión y ayuda, me han enseñado a encarar las adversidades sin salir del camino, me han dado todo lo que soy como persona.

A mi esposo, Wilder, y mi hija, Abigail Valeria, por el amor y el orgullo que sienten por mí, y que es recíproco.

A mis hermanos, Anderson y Carlos, los primeros ingenieros de la familia, quiénes han sido mi inspiración para seguir sus pasos.

Carmen Indira Cuellar Delgado

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por la vida y la oportunidad de trascenderla a través del servicio y el estudio.

A la Universidad César Vallejo, por albergarnos y por ser el medio por el cual recibimos una excelente formación académica.

A nuestro asesor, el Dr. Sernaque Aucahuasi Fernando Antonio, por sus aportes, orientaciones y apoyo moral en el asesoramiento de la tesis.

A ellos, toda la gratitud.



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, SERNAQUE AUCCAHUASI FERNANDO ANTONIO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, asesor de Tesis Completa titulada: "Dinámica glaciar y su influencia en el Balance de la masa glaciar de dos nevados: nevado Ausangate y nevado Verónica, 1990-2021", cuyos autores son CUELLAR DELGADO CARMEN INDIRA, QUISPE MAMANI KEYKO ROCIO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 18.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

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

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

LIMA, 10 de Abril del 2024

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
SERNAQUE AUCCAHUASI FERNANDO ANTONIO <b>DNI:</b> 07234567 <b>ORCID:</b> 0000-0003-1485-5854	Firmado electrónicamente por: FSERNAQUEA el 24- 04-2024 14:46:00

Código documento Trilce: TRI - 0742615

# DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL AUTOR



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

## **Declaratoria de Originalidad de los Autores**

Nosotros, CUELLAR DELGADO CARMEN INDIRA, QUISPE MAMANI KEYKO ROCIO estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis Completa titulada: "Dinámica glaciar y su influencia en el Balance de la masa glaciar de dos nevados: nevado Ausangate y nevado Verónica, 1990-2021", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis Completa:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

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

<b>Nombres y Apellidos</b>	<b>Firma</b>
CARMEN INDIRA CUELLAR DELGADO <b>DNI:</b> 44012848 <b>ORCID:</b> 0009-0008-6545-9484	Firmado electrónicamente por: CARMENCUE el 10-04-2024 11:51:26
KEYKO ROCIO QUISPE MAMANI <b>DNI:</b> 72915001 <b>ORCID:</b> 0000-0003-3119-439X	Firmado electrónicamente por: KEYKOQM el 10-04-2024 11:34:22

Código documento Trilce: TRI - 0742612



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL AUTOR	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vi
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	7
III. METODOLOGÍA	18
3.1. Tipo y diseño de investigación	18
3.2. Variables y operacionalización	19
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis	19
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	21
3.5. Procedimiento	22
3.6. Método de análisis de datos	24
3.7. Aspectos éticos	25
IV. RESULTADOS	26
4.1. Resultados descriptivos	26
4.2. Resultados inferenciales	35
V. DISCUSIÓN	41
VI. CONCLUSIONES	47
VII. RECOMENDACIONES	48
REFERENCIAS	49
ANEXOS	53

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla de instrumentos .....	22
Tabla 2. Resultados descriptivos de la “Balance de la masa glaciar del nevado de Verónica” de los años 1990 a 2021 .....	26
Tabla 3. Resultados descriptivos del “área de la masa glaciar del nevado de Verónica y Ausangate” de los años 1990 a 2021 .....	27
Tabla 4. Resultados descriptivos de la “Perímetro de la masa glaciar del nevado de Verónica” de los años 1990 a 2021 .....	29
Tabla 5. Resultados descriptivos de la “Ablación de la masa glaciar del nevado de Verónica y Ausangate” de los años 1990 a 2021 .....	29
Tabla 6. Resultados descriptivos de la “Acumulación de la masa glaciar del nevado de Verónica” .....	31
Tabla 7. Resultados descriptivos de la “Precipitación del nevado Verónica y Ausangate” .....	32
Tabla 8. Resultados descriptivos de la “Temperatura promedio del nevado Verónica y Ausangate” .....	34
Tabla 9. Resultados inferenciales de la hipótesis general.....	35
Tabla 10. Resultados inferenciales de la primera hipótesis específica .....	36
Tabla 11. Resultados inferenciales de la segunda hipótesis específica .....	38
Tabla 12. Resultados inferenciales de la tercera hipótesis específica .....	39

## ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

Figura 1. Mapa del nevado Verónica.....	20
Figura 2. Mapa del nevado de Ausangate.....	21
Figura 3. Procesamiento de la investigación .....	24
Figura 4. Evolución del balance de la masa glaciar del nevado de Verónica y Ausangate de los años 1990 a 2021 .....	27
Figura 5. “Área de la masa glaciar del nevado de Verónica y Ausangate” de los años 1990 a 2021 .....	28
Figura 6. Evolución de la ablación de la masa glaciar del nevado de Verónica y Ausangate” de los años 1990 a 2021 .....	30
Figura 7. Evolución de la acumulación de la masa glaciar del nevado de Verónica y Ausangate” de los años 1990 a 2021 .....	31
Figura 8. Evolución de la “Precipitación del nevado Verónica y Ausangate de los años 1990 a 2021” .....	33

## RESUMEN

La investigación se centró en determinar la influencia de la dinámica glaciaria en el balance de masa glaciaria de los nevados de Ausangate y Verónica entre 1990 y 2021. Adoptando un enfoque cuantitativo y un diseño no experimental de corte longitudinal, se limitó la población a estos dos nevados, formando una muestra de 62 unidades basado en los 31 años, el cual fue el periodo de análisis. Los resultados indican que la media del "Balance de la masa glaciaria" fue aproximadamente  $-0,38 \text{ km}^2$  para Verónica y  $-0,84 \text{ km}^2$  para Ausangate, con medianas de  $-0,49 \text{ km}^2$  y  $-0,48 \text{ km}^2$ , respectivamente. Temporalmente, ambos nevados experimentaron una reducción significativa en su masa glaciaria. Verónica destacó con una pérdida máxima de  $-5,51 \text{ km}^2$  en 1991, sumando una pérdida total de  $12,05 \text{ km}^2$  entre 1990 y 2021. Ausangate registró su pérdida máxima de  $-5,21 \text{ km}^2$  en 1997, con una pérdida total de  $24,37 \text{ km}^2$  en el mismo periodo. La conclusión destaca la influencia significativa de la dinámica glaciaria, expresada por predictores climáticos, de precipitación y tiempo, en el balance de la masa glaciaria en  $\text{km}^2$  de los nevados de Ausangate y Verónica durante el periodo analizado, respaldada por un valor de significancia de 0,00, inferior al 0,05 del nivel de error estadístico al 5%.

**Palabras clave:** dinámica glaciaria, clima, tiempo, precipitación, acumulación de la masa glaciaria, ablación de la masa glaciaria.

## ABSTRACT

The research focused on determining the influence of glacier dynamics on the glacial mass balance of the Ausangate and Verónica snow-capped mountains between 1990 and 2021. Adopting a quantitative approach and a non-experimental longitudinal design, the population was limited to these two snowy, forming a sample of 62 units based on the 31 years, which was the analysis period. The results indicate that the mean "Glacier Mass Balance" was approximately  $-0.38 \text{ km}^2$  for Veronica and  $-0.84 \text{ km}^2$  for Ausangate, with medians of  $-0.49 \text{ km}^2$  and  $-0.48 \text{ km}^2$ , respectively. Temporarily, both snow caps experienced a significant reduction in their glacier mass. Veronica stood out with a maximum loss of  $-5.51 \text{ km}^2$  in 1991, adding a total loss of  $12.05 \text{ km}^2$  between 1990 and 2021. Ausangate recorded its maximum loss of  $-5.21 \text{ km}^2$  in 1997, with a total loss of  $24, 37 \text{ km}^2$  in the same period. The conclusion highlights the significant influence of glacial dynamics, expressed by climatic, precipitation and time predictors, on the glacier mass balance in  $\text{km}^2$  of the Ausangate and Verónica snow-capped mountains during the analyzed period, supported by a significance value of  $0.00$ , lower than the  $0.05$  level of statistical error at 5%.

**Keywords:** glacier dynamics, climate, weather, precipitation, glacier mass accumulation, glacier mass ablation.

## I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, los glaciares son un ecosistema importante para perseverar la vida, pero existe un problema alarmante alrededor de su evolución, ya que la mayoría de los glaciares están perdiendo masa glaciar (Kok et al., 2020). Estudios recientes han mapeado las pérdidas de masa de los glaciares y los cambios de velocidad en detalle, y han demostrado que las regiones de mayor crecimiento y aceleración de los glaciares son Kunlun Shan y partes del Pamir y Karakoram en el continente Asiático (Brun et al. 2017; Dehecq et al. 2019).

En particular, la variabilidad del balance de masa del hielo parece correlacionado con las diferencias en la sensibilidad a la temperatura; es decir, el cambio en el balance de masa para un cierto cambio de temperatura de los glaciares (Sakai y Fujita, 2017), pero este factor solo y aislado no puede explicar por qué algunos glaciares en realidad están creciendo, ya sea una disminución en la ablación o un aumento en la acumulación.

Aunque los glaciares cubren aproximadamente el diez por ciento de la superficie terrestre de la Tierra, están retrocediendo rápidamente y muchos desaparecerán en unas décadas (Iberdrola, 2023).

En Sudamérica, los glaciares tropicales se encuentran entre Bolivia y Venezuela, abarcando una superficie de alrededor de 2758 km<sup>2</sup>. Perú es el país con mayor importancia, alcanzando el 71% de la cordillera de los Andes; seguido de Bolivia, con un 20%; Ecuador y Colombia, con un 4% respectivamente; y al final, Venezuela, con un 0,1% (Agencia Internacional de las Energías Renovables, n.d.).

En específico, según el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, 1997) afirman que existen 3044 glaciares en las 18 cordilleras más importantes del país, con un área aproximada de 1596 km<sup>2</sup> y un volumen estimado de hielo de 44 338 millones de metros cúbicos. Estas se subdividen en la cordillera Blanca, que representa el 43%; la cordillera de Vilcanota, el 24%; y la cordillera de Ampato, el 8% del volumen de hielo almacenado en los Andes peruanos.

Drenkhan et al. (2021), afirman que anualmente existe un derretimiento de 1% a 2% de los glaciares en todo Sudamérica, hace 30 años se redujo el 22% de la masa glaciaria. En especial en los países en desarrollo, el retroceso glaciario es uno de los fenómenos globales que tiene impacto negativo tanto en la fauna, flora y recursos hídricos (Liu et al., 2023).

La pérdida de masa glaciaria y los cambios en la dinámica glaciaria son fenómenos ampliamente estudiados en el contexto del cambio climático global. Sin embargo, existen vacíos en la investigación sobre la evolución del balance de masa y la dinámica de glaciares específicos, como los nevados Ausangate y Verónica en Perú ANA (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego y ANA, 2020).

La evidencia indica que el cambio de régimen climático es un factor o mecanismo principal que da forma a la variación espacio-temporal del transporte de humedad y la precipitación (Liu et al., 2023).

Estos nevados son importantes reservorios de agua y juegan un pilar fundamental en el suministro de agua dulce para las comunidades locales y en la regulación del flujo de los ríos de la región (Estévez, Herrera y Tiribocchi, 2019). Por lo tanto, comprender los cambios en el balance de masa y la dinámica de estos nevados, se vuelve esencial para evaluar su vulnerabilidad y tomar medidas adecuadas de adaptación.

El cambio climático ha generado preocupación por el impacto que está teniendo en los nevados y glaciares de diversas regiones del mundo (De Franca et al., 2021). En particular, el nevado Ausangate y el nevado Verónica, ubicados en la región de los Andes, han experimentado transformaciones significativas en su balance de la masa glaciaria y su dinámica en las últimas décadas. Estos nevados son fuentes de agua dulce y su deshielo contribuye al suministro hídrico en las zonas aledañas (*Inventario de Glaciares Del Peru*, 2014).

La problemática se enfoca en la necesidad de desarrollar estudios detallados y actualizados sobre el balance de la masa glaciar y la dinámica glaciar en los nevados Ausangate y Verónica. Estos estudios permitirían evaluar de manera precisa los cambios en la cantidad y distribución del hielo, así como comprender los procesos y factores que influyen en la movilidad de los glaciares. Además, se requiere una investigación a largo plazo que abarque un período significativo, desde 1990 hasta la fecha actual, para obtener una visión completa de las variaciones observadas a lo largo del tiempo. Esto ayudaría a establecer patrones y tendencias, así como a proyectar posibles escenarios futuros en relación con la pérdida de masa glaciar y sus implicaciones para el suministro de agua.

Siendo así, el presente trabajo se planteó como **problema general lo siguiente**: ¿cuál es la influencia de la dinámica glaciar en el balance de la masa glaciar de los nevados de Ausangate y Verónica en el periodo de 1990 al 2021? Así mismo, se formularon tres **problemas específicos**, los cuales son: ¿cuál es la influencia del clima en el balance de masa glaciar de los nevados de Ausangate y Verónica en el periodo de 1990 al 2021?, ¿cuál es la influencia del tiempo en el balance de masa glaciar de los nevados de Ausangate y Verónica en el periodo de 1990 al 2021?, ¿cuál es la influencia de la precipitación en el balance de masa glaciar de los nevados de Ausangate y Verónica en el periodo de 1990 al 2021?

Los nevados Ausangate y Verónica han experimentado transformaciones significativas en su balance de masa glaciar y su dinámica en las últimas décadas (La República, 2022), lo que resaltarán la necesidad de estudios exhaustivos para comprender los cambios que están ocurriendo y sus posibles consecuencias a largo plazo. Estos estudios permitirían identificar patrones y tendencias, así como proyectar escenarios futuros en relación con la pérdida de masa glaciar y la dinámica climática.

Asimismo, se justificó por su **valor teórico**, debido a que los estudios sobre los nevados Ausangate y Verónica contribuyeron a la investigación a nivel ecología y biología de la conservación. Estos ecosistemas albergan una gran diversidad de especies adaptadas a condiciones extremas, y el retroceso glaciar podrá tener un

impacto significativo en la supervivencia de la fauna y flora de la región. El estudio de estos cambios permitió comprender cómo los ecosistemas glaciares responden a los desafíos del cambio climático y proporcionaron información valiosa para el desarrollo de estrategias de conservación y manejo de áreas protegidas.

Además, los estudios sobre los nevados Ausangate y Verónica contribuyeron al análisis de la dinámica glacial a lo largo del tiempo, permitiendo reconstruir la historia geológica de la región y comprender los procesos que han dado forma a la cordillera de los Andes. Esto tuvo implicancias en la comprensión de la erosión y la sedimentación, así como en la identificación de áreas geológicamente activas y susceptibles a riesgos naturales como deslizamientos de tierra y avalanchas.

Respecto a la justificación por **relevancia social**, el retroceso de los glaciares y la disminución de su masa glacial fueron fenómenos que reflejaron los efectos del cambio climático a nivel global. La comprensión de estos procesos fue una prioridad para abordar los desafíos asociados con el cambio climático. Por ello, la importancia de los nevados Ausangate y Verónica radicó en su papel como fuentes de agua dulce para las comunidades locales y el suministro de servicios ecosistémicos clave. El agua proveniente de los glaciares se utilizaba para la generación de energía hidroeléctrica, consumo humano, la agricultura y otras actividades que demandaban el sector económico.

La pérdida de masa glacial afectó directamente la disponibilidad de agua, lo que generó conflictos por recursos hídricos, impactó en la seguridad alimentaria y limitó las oportunidades de desarrollo de las comunidades. Además, estos nevados albergaban una rica biodiversidad y proporcionaban hábitats tanto para la flora como para la fauna, en especial para las especies endémicas y las que se encontraban en peligro de extinción. La pérdida de los glaciares y los cambios en su dinámica tuvieron efectos devastadores en estos ecosistemas y comprometieron la supervivencia de especies únicas (Iberdrola, 2023).

La comprensión de la vulnerabilidad de estos sistemas naturales motivó a las personas, las comunidades y las instituciones a adoptar políticas que condujeron a

la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, a promover la conservación y a adoptar prácticas sostenibles.

Asimismo, se justificó por su **implicancia práctica**, porque se pudo guiar acciones y políticas concretas para abordar los desafíos asociados con el cambio climático y la conservación de los ecosistemas de montaña. Del mismo modo, estos estudios pudieron proporcionar información precisa sobre la cantidad y distribución del hielo en los nevados, lo que fue primordial para la gestión sostenible de los recursos hídricos. La comprensión de los patrones de derretimiento permitió tomar decisiones informadas en términos de planificación hidrológica, diseño de infraestructuras para el almacenamiento y distribución del agua. Además, la identificación de los factores que influyen en la dinámica de los glaciares, pudo ayudar a predecir los posibles escenarios futuros y los impactos asociados.

Por último, estos estudios contribuyeron a la planificación de corredores biológicos y la protección de áreas clave para la conectividad de los ecosistemas de montaña. El estudio tuvo como **objetivo general**: determinar la influencia de la dinámica glaciar sobre el balance de la masa glaciar de los nevados de Ausangate y Verónica en el periodo de 1990 al 2021. Así mismo, se plantearon tres **objetivos específicos**. Primero, determinar la influencia del clima sobre el balance de la masa glaciar de los nevados de Ausangate y Verónica en el periodo de 1990 al 2021. Segundo, determinar la influencia del tiempo sobre el balance de la masa glaciar de los nevados de Ausangate y Verónica en el periodo de 1990 al 2021. Tercero, determinar la influencia de la precipitación sobre el balance de la masa glaciar de los nevados de Ausangate y Verónica en el periodo de 1990 al 2021.

En cuanto a la **hipótesis general**, se respondió de acuerdo al problema. La dinámica glaciar tiene una influencia significativa sobre el balance de la masa glaciar de los nevados de Ausangate y Verónica en el periodo de 1990 al 2021; y las **hipótesis específicas**: el clima tiene una influencia significativa sobre el balance de la masa glaciar de los nevados de Ausangate y Verónica en el periodo de 1990 al 2021; el tiempo tiene una influencia significativa sobre el balance de la masa glaciar de los nevados de Ausangate y Verónica en el periodo de 1990 al

2021, la precipitación tiene una influencia significativa sobre el balance de la masa glaciar de los nevados de Ausangate y Verónica en el periodo de 1990 al 2021.

## II. MARCO TEÓRICO

En cuanto a los antecedentes internacionales, se tuvo el estudio de Recio (2019), quien desarrolló una investigación que tuvo la finalidad de examinar el equilibrio de masa de los glaciares Hurd y Johnsons, situados al noroeste de la península Antártica. La metodología de estudio parte del enfoque cuantitativo, donde la densidad de nieve se midió a través de estacas y sondas de nieve, asimismo, el método geodésico se usó para evaluar el balance de masa total. Los resultados reflejan que las densidades medias han exhibido una tendencia decreciente de -1,76 y -1,87 kg m<sup>-3</sup> en el periodo de 2004 a 2016; que implica descensos en la densidad del manto de nieve de -21 kg m<sup>-3</sup> durante el invierno y -22 kg m<sup>-3</sup> durante el verano (variación anual). Los resultados de la regresión de mínimos cuadrados presentan un R<sup>2</sup> de 0,2297 para el invierno y 0,1567 para verano, un RMSE de 12 kg m<sup>-3</sup> en invierno y 16 kg m<sup>-3</sup> en verano, y un p-valor de 0,16 para invierno y 0,23 para verano. En conclusión, en dicho estudio, la densidad media de la capa de nieve ha demostrado una tendencia decreciente de -1,88 kg m<sup>-3</sup> a -1; que implica una disminución total en la densidad del manto de nieve de -22 kg m<sup>-3</sup>.

Ohno, Ohata y Higuchi (2017), en su artículo, tuvieron la prioridad de determinar la influencia de la evaporación en la ablación de glaciares de tipo continental en las montañas de Tien Shan, China. Los investigadores midieron los elementos meteorológicos, como la humedad relativa, la temperatura del aire, la radiación neta y la velocidad del viento. Para medir las tasas de evaporación, se pesaron las masas de nieve en contenedores de aluminio. Los resultados demostraron que la evaporación total puede considerarse insignificante durante las temporadas de otoño, invierno y primavera 0,21, 0,13 y -0,25 (mmd -1) respectivamente. La capa de hielo nunca se derritió durante el verano de 1977-78. El valor máximo registrado para el flujo de vapor fue 0,92 mmd-1 el día en que la radiación solar diaria fue máxima. Finalmente, se concluye que la evaporación durante la temporada de fusión tiene un impacto significativo en la ablación de glaciares de tipo continental a través del proceso de balance de calor, lo que permite que estos glaciares persistan en regiones áridas con una precipitación anual de varios cientos de mm.

Taveirne et al. (2021), en su estudio, tuvieron el fin principal de calcular la sensibilidad climática del balance de masa del Rabots Glaciär. Para lo cual, se usó un modelo de regresión lineal simple para calcular el nivel de asociación que existe entre el balance de masa y los cambios climáticos. Los resultados obtenidos muestran que el balance de masa de verano es más vulnerable a las temperaturas (sensibilidad de  $-0,31$  m we por cada cambio de  $1^{\circ}\text{C}$ ), mientras que el balance de masa de invierno es más sensible a la precipitación (sensibilidad de  $0,94$  m we por cada aumento del 1% en la precipitación). Utilizando la sensibilidad a la temperatura de verano, se proyecta que el balance de masa de verano disminuirá dramáticamente hasta  $-3,89$  m we para el período 2091-2100 bajo el escenario climático RCP8.5; mientras que el balance de masa invernal está influenciado por la humedad, la radiación entrante y la velocidad del viento (sensibilidad inferior a  $0,01$  m we/%). En conclusión, se afirma que los cambios de temperatura son el factor principal que afecta al balance de masa de verano (sensibilidad de  $-0,31$  m we/ $^{\circ}\text{C}$ ), mientras que, en invierno, es la precipitación con una sensibilidad de  $0,94$  m we/% de cambio.

Según Torres (2020), tuvo como objetivo realizar modelos de balance de energía de superficie (SEB) y de masa que son necesarios para calcular la disponibilidad del agua de deshielo de los glaciares en un escenario de cambio climático en la cordillera blanca del Perú; por lo que, para poder evaluar la masa glaciar y los flujos de energía, empleamos un modelo distribuido acoplado llamado COSIPY, que incluye una capa de nieve y un modelo de balance de masa en Python. Utilizamos un modelo de elevación y un conjunto de datos recopilados por una estación meteorológica automática en el periodo de 2016 y 2017 para forzar COSIPY. Se obtuvieron los resultados, un coeficiente de determinación  $R^2$  cercano a 1 ( $r = 0,99$  y  $R^2 = 0,99$ ) y un coeficiente de coincidencia de Pearson  $r$  y un error porcentual promedio PBIAS de  $-4,889\%$  y un error medio cuadrático RMSE promedio de  $0,39$  m. Los errores métricos espaciales promedio dan:  $r$  y  $R^2$  cercanos a 1 ( $r = 0,94$  y  $R^2 = 0,88$ ), el PBIAS promedio es del  $4,87\%$  y el RMSE promedio es de  $0,54$  m. La radiación neta de onda corta  $SW_{net}$  ( $+96$  W  $\text{m}^{-2}$ ).

Respecto a los **antecedentes nacionales**, León (2023), presentó su trabajo

con la finalidad de evaluar el nivel de relación de la temperatura y la precipitación en el balance de masa glaciar en la cordillera Blanca entre 1962 y 2020, la metodología parte del enfoque cuantitativo con un alcance correlacional-descriptivo, sin considerar ningún tipo de experimentación deliberada. Los resultados, señalan que el balance glaciar se redujo en las unidades hidrográficas Llullán en 12 164 km<sup>2</sup> (64%), Quillcay 17 238 km<sup>2</sup> (63%) y Yanayacu, lo cual fue de 11 391 km<sup>2</sup> (32%), no obstante, la cordillera Blanca perdió en total 327 056 km<sup>2</sup> (56%), en el periodo de tiempo que tomó el estudio. En cuanto a las unidades hidrográficas, el balance de masa glaciar durante el periodo 2000 y 2020 ilustra lo siguiente:  $-1,086 \pm 0,035$  m wea-1,  $0,52 \pm 0,029$  m wea-1 y  $-0,532 \pm 0,007$  m wea-1, por otro lado, para la cordillera Blanca el valor fue de  $-0,60 \pm 0,058$  m wea-1. En conclusión, el retroceso glaciar en la unidad Llullán fue la más afectada, seguida por Quillcay y Yanayacu, en total, la Cordillera Blanca, un área de 327 056 km<sup>2</sup>, perdió el 56%, además que, la prueba de Mann-Kendall ilustra que no existe tendencia en dicha evaluación; por lo cual, existe una compleja interacción entre la precipitación y la temperatura con el balance de masa.

Rojas (2018), presentó su estudio con el fin de determinar una relación simple entre cada una de las variables meteorológicas con la fusión glaciar (relación expresada en balance neto de masa, a escala anual) dependiendo de la data disponible, para lo cual el investigador optó por utilizar un enfoque cuantitativo con un nivel descriptivo- correlacional, por su parte, dicha investigación no manipuló ninguna de las variables al tener como guía el diseño no experimental, a su vez como parte de la metodología se usó la regresión múltiple y la regresión simple. Los hallazgos mencionan que, el volumen estimado de agua refleja un valor de 58 992 682,00 m<sup>3</sup> en periodo de 2004 al 2016, así como que, se conoce un coeficiente de determinación de  $R^2 = 0,516$  correspondiente la fusión glaciar que se explica de manera conjunta en relación a las variables meteorológicas. Finalmente, se arribó a las conclusiones principales de que, la fusión glaciar y la precipitación es polinomial de grado 6, con un coeficiente de determinación de  $R^2 = 0,7476$ , además, se descubrió un coeficiente de determinación  $R^2 = 0,516$  en cuanto al nivel de asociación de las variables meteorológicas con la fusión glaciar es lineal múltiple.

Flores (2019), presentó su trabajo con la finalidad de determinar la relación entre el comportamiento dinámico del área glaciar del nevado Santocoronado y las variaciones climáticas del entorno, la metodología de estudio parte del enfoque cuantitativo con nivel correlacional y diseño no experimental, además que se caracteriza por utilizar un corte longitudinal. Los resultados indican que, la variable climática del entorno tiene una asociación moderada, negativa y significativa con el comportamiento dinámico del área glaciar, debido al estadístico de correlación ( $r = -0,64$ ) con una confianza estadística del 95%, lo que demuestra que en los años 1990 al 2018, existieron otras determinantes que se relacionaron con el comportamiento de la dinámica del área glaciar en el nevado Santocoronado. De esta manera, durante el periodo de 1990 al 2000 aplicados el test no paramétrico de Mann Kendall y el análisis de Vector Regional, se tuvo que el área del glaciar estuvo propenso a la acumulación y la ablación; sin embargo, durante el periodo 2000 al 2007, el tamaño del área glaciar no sufrió ninguna acumulación o ablación, reflejando un proceso anormal en el balance de la masa glaciar.

Santiago (2023), publicó su trabajo con el objetivo principal de determinar el balance de masa del glaciar Pastoruri, en el periodo 2016, haciendo uso del método geodésico y la tecnología RPA como alternativa para el monitoreo glaciológico, para ello se optó utilizar un enfoque cuantitativo que utiliza un diseño no experimental con corte longitudinal, ya que analiza los cambios del glaciar en el tiempo. Por su parte, la muestra está conformada por el glaciar Pastoruri, ubicado en la Cordillera Blanca, para ello se vio pertinente utilizar la técnica de la observación directa aplicando el instrumento de la ortofotografía. Los resultados señalan una mayor pérdida que ganancia por la acumulación de nieve en el área glaciar con un valor total igual a  $-2,620$  *mea*, con un margen de error de  $\pm 0,245$ , es así que, la metodología adoptada fue óptima para investigaciones glaciológicas y puede ser plasmado en diversas áreas glaciares del país dando uso a la tecnología RPA y/o mediante modelos digitales de terreno.

Alva y Ramos (2018), desarrollaron un estudio con el propósito de

determinar la dinámica del área glaciar de los nevados Collquepucre, Llongote, Pariacaca y Ticcla usando imágenes satelitales del periodo 1990 al 2015, para lo cual, se siguió la metodología de enfoque cuantitativo, dado que se abordó un análisis de regresión simple teniendo en cuenta el área de la cobertura glaciar y los parámetros de año, dando uso de los programas Erdas y el sistema de información geográfica ArcGIS. Los resultados ilustran una correlación de  $R^2 = 0,93$ ; valor significativo estadísticamente; a su vez, se dio a conocer una disminución de la superficie glaciar en 2 a 7 km<sup>2</sup> en los nevados de Llongote, Collquepucre, Pariacaca y Ticcla por cada cinco años. Mientras que en la cuenca del río de Cañete, se demuestra un retroceso constante de glaciares desde hace más de 37 años, por lo que se concluye que la dinámica del área glaciar en los nevados abordados en este estudio, se encuentran en proceso de disminución año tras año, dado que se encuentran influido de manera negativa por el cambio climático; dichas áreas de reducción oscilan entre 44% y 66%.

Schuler (2020), en su investigación trata de determinar la relación entre el balance de masa superficial específico medido y el tamaño del glaciar. Se utilizó un enfoque cuantitativo, diseño no experimental y de corte longitudinal. Se realizó una recolección de datos mediante la observación de imágenes satelitales y registros glaciológicos, y el número de muestras ( $n = 12$ ). Respecto a los resultados, se encontró una relación directa y fuerte entre las variables. En específico, la pérdida de masa de las clases de área individuales asciende a  $-2,1$ ,  $-3,3$ ,  $-1,4$  y  $-0,2$  Gt a<sup>-1</sup> para las clases  $>10$ ,  $10-100$ ,  $100-500$  y  $< 500$  km<sup>2</sup>, respectivamente. Curiosamente, el número de glaciares estudiados para cada clase de área demuestra un sesgo de los programas de monitoreo hacia glaciares pequeños, logísticamente más simples.

La teoría de la Gaia, presentada por James Lovelock en 1969, en la que se supone que el planeta es un ser vivo creador de su propia vida y su propio hábitat, además, indica que existe un sistema de control de la composición atmosférica, la temperatura y salinidad oceánica gracias a la temperatura global; en su último libro, Lovelock predice que para el año 2040, Europa tendrá la temperatura del Sahara y Londres estará bajo el agua (Sequeiros, 2019)

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático de la United Nations Climate Change (1994), reconoció que existe un gran problema por solucionar respecto al cambio climático, por lo que se estableció un objetivo, el cual fue estabilizar las concentraciones de gases de efecto invernadero, poniendo en énfasis a los países desarrollados, debido a que son los que generan más emisiones de gases.

Más aún en la actualidad, las actividades insostenibles desarrolladas por los humanos y las industrias generan un gran impacto negativo en el cambio climático. Es así que, uno de los objetivos determinados por las Naciones Unidas (2018) fue el n° 13: “Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos”, que exige un trabajo preciso y coordinado de la comunidad internacional para que los países que se encuentran en desarrollo logren obtener una economía de bajo carbono. Una de las metas del objetivo 13, consta de fortalecer la capacidad de adaptación y resiliencia a los riesgos en relación a los desastres naturales y el clima.

La otra exige la incorporación de las medidas relativas en las estrategias, planes nacionales y políticas en relación al cambio climático. También existe una meta en relación a la educación y sensibilización de la actitud humana hacia un mundo sostenible. Asimismo, se tiene la meta que insta la promoción de mecanismos que aumenten la capacidad en la gestión y planificación eficiente en referente al cambio climático con mayor énfasis en los países en desarrollo o estados pequeños insulares (Naciones Unidas, 2018).

A partir de esta manera, se viene trabajando de forma coordinada entre los países desarrollados y en desarrollo, dado que el problema del cambio climático no tiene fronteras y es uno de los retos globales que exige la actuación inmediata de las autoridades o instituciones que abordan este tema, para así dar cumplimiento a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (Barcena et al., 2020, p. 71).

También está la teoría de la irreversibilidad, que fue estudiada a principios de 1850

por el físico Rudolf Clausius, quien menciona que es un fenómeno termodinámico de moléculas interactivas; Rudolf fue el primero en estudiar la irreversibilidad en la naturaleza mediante el concepto de la entropía (Vargas et al. 2020).

La teoría Glacial o la era de hielo, estudiada por primera vez por Louis Agassiz en 1837, donde afirma que hace más de 3700 años la tierra estaba cubierta de hielo, la superficie y el mar estaban congelados, con una extensión glacial mucho más extensa al del día de hoy (Masferrer, 2019).

El balance de masa glacial, según Bonekamp et al. (2019), tiene una dependencia en un gran mayor porcentaje del nivel de acumulación de nieve y el derretimiento, por ende, para lograr determinar el balance de masa glacial, se requiere conocer la distribución y la estacionalidad de las nevadas.

Asimismo, según Recio (2019), el balance de masa glacial es el producto neto de las pérdidas y las ganancias de la masa glacial dentro de un periodo de tiempo determinado; dicha acumulación de masa se genera por la precipitación en forma de nieve sobre la superficie glacial.

A su vez, en concordancia con Recio (2019), un glaciar está dividido en dos partes; una en la parte alta del glaciar, también conocido como zona de acumulación, y la otra se encuentra ubicada en la parte baja del glaciar, conocido como la zona de ablación (área de eliminación de masa), por ende, el balance de masa glacial se calcula mediante una sumatoria de todos los procesos de acumulación de masa (agregan masa) y eliminación de masa de la superficie glacial (ablación).

En esta misma línea, Hugonet et al. (2021), mencionan que los glaciares de hielo cada vez están reduciendo, alterando la hidrología regional, elevando el nivel global del mar y los peligros naturales; mientras que Zemp et al. (2019), dan a conocer que, debido al cambio climático, los glaciares empiezan a adelgazar; dado a la actual pérdida de masa de los glaciares, indican que casi podrían desaparecer en diferentes cadenas montañosas.

Por otro lado, Hock et al. (2019), mencionan que es el cambio del perímetro y área glaciar, su aumento y ablación de hielo durante un determinado tiempo, lo que significa que, si el balance de masa glaciar es positivo, significa que aumentó su peso y perímetro, así mismo, su velocidad y flujo; en cambio, si es negativo, la zona de ablación es mayor, en consecuencia, su perímetro y espesor disminuyen.

Así mismo, el balance de la masa glaciar es gobernada fundamentalmente por procesos como la acumulación de hielo y nieve en ciertas partes superiores del glaciar; dado que la nieve se va acumulando año tras año, se forman capas y ellas se van comprimiendo gracias a su propio peso y la gravedad, el ciclo para su formación empieza por un copo de nieve, que se convierte en nieve granular, luego neviza y por último el hielo glaciar (Seehaus et al., 2018).

La acumulación de masa glaciar comprende a todos los procesos que conducen a un aumento de la masa glaciar de montañas, en especial gracias a las precipitaciones sólidas recogidas de la superficie, dado que la nieve acumulada se transforma en neviza y por último en hielo; por lo tanto, la acumulación de masa glaciar comprende la contribución de las avalanchas, escarcha y del desplazamiento de la nieve por el viento (Bonekamp et al., 2019).

Dicha dimensión también es conformada por dos indicadores, los cuales son el área de masa glaciar acumulada, donde los autores Dobhal et al. (2021), mencionan que es una zona, normalmente la más elevada, donde cae nieve por un cierto tiempo y se va acumulando para formar masa glaciar; en especial, es una zona donde la masa glaciar es más resistente a la ablación también conocida como pérdida o eliminación glaciar.

El siguiente indicador es volumen por perímetro de masa glaciar, se refiere a la relación entre la cantidad tridimensional de hielo acumulado y la longitud del perímetro que rodea la masa glaciar. Este indicador ofrece una medida que va más allá de la simple extensión superficial de la masa de hielo al considerar la distribución espacial de la misma en relación con la frontera del glaciar (Marzeion et al., 2018). La relación volumen-perímetro es esencial para comprender la

estructura y la dinámica de los glaciares, ya que proporciona información sobre cómo la acumulación de hielo se distribuye a lo largo de la extensión de la masa glaciar.

Por otro lado, la segunda dimensión es la ablación de masa glaciar que consiste en un proceso mediante el cual un glaciar reduce su masa como efecto de fenómenos que provocan la pérdida de la masa glaciar, estos fenómenos incluyen la energía que se trasmite desde la atmósfera a través de procesos de radiación, así mismo, flujos turbulentos de aire que se encuentran en la superficie (Pradhananga y Pomeroy, 2022).

En este sentido, esta dimensión se conforma por dos indicadores, los cuales son: el área de masa glaciar perdida que, como Mukherjee et al. (2018), afirmaron en su investigación, las áreas perdidas son campos específicos donde ocurre el deshielo o la ablación glaciar, esto se debe a diferentes factores, siendo la principal, el cambio climático.

El segundo indicador, volumen por perímetro en una masa glaciar perdida, se refiere a la relación entre la cantidad tridimensional de hielo que ha disminuido y la longitud del perímetro que rodeaba originalmente la masa glaciar. Este indicador proporciona información detallada sobre cómo la disminución del volumen se distribuye en relación con la frontera original del glaciar, tal como indica Carrivick et al. (2019). La relación volumen-perímetro es esencial para evaluar el impacto del cambio climático en las masas glaciares, ya que cambios significativos en esta relación pueden indicar la aceleración del retroceso glaciar y la pérdida de hielo. En términos prácticos, este concepto es fundamental para proyectar el aumento del nivel del mar y entender las implicaciones a nivel global. El monitoreo continuo de cómo la disminución del volumen se relaciona con la longitud del perímetro ayuda a los científicos a comprender mejor la dinámica del retroceso glaciar y a desarrollar modelos más precisos para prever el impacto futuro en los sistemas climáticos y medioambientales.

La dinámica glaciar, según Bussh (2022), menciona que la dinámica glaciar

representa todas las interacciones que comprenden varios mecanismos y sistemas para la retroalimentación de un glaciar, los factores principales que interactúan en la dinámica glaciar son el clima, la precipitación y el tiempo, por lo que este autor dimensiona la variable en tres formas:

La primera dimensión es el clima, que según Dietz, Shwom y Whitley (2020), es el estado de la atmósfera de un lugar en la superficie terrestre, en otras palabras, son las estadísticas o condiciones meteorológicas que tiene una ciudad o una región.

Como indicador, tiene la temperatura, que mide el clima; es una magnitud física que está relacionada con la energía interna de un sistema termodinámico, para medirla se necesita un termómetro de mercurio que tiene que ser instalado en donde pueda adoptar la temperatura del aire, sus escalas son el Fahrenheit, Kelvin y Celsius, este último es mayormente utilizado por diferentes países (Harding et al., 2019).

La segunda dimensión es el tiempo, que es la magnitud física que permite ordenar las secuencias de sucesos, que establece el pasado, presente y el futuro, cuya unidad universal de medición es el segundo (Schultz et al., 2021).

Como indicador, tiene el año que, de acuerdo a Norbert (2021), es el periodo donde la tierra da vuelta al sol, tiene un periodo de 365 días o 366 días en años bisiestos, ello se divide en doce meses y cada mes tiene entre 28 a 31 días.

La última dimensión es la precipitación, que según Dai, Zhao y Chen (2018), es un proceso de obtención de un sólido mediante una disolución, dado que el hidrógeno que cae desde las nubes y alcanza al suelo, esta precipitación puede ser en diferentes formas, tales como gotas de agua, nieve, brumas o de rocío.

Los sistemas globales de navegación por satélite, de acuerdo a López y De Guzmán (2014), son sistemas que sirven para situar a un usuario a través de medidas de distancia, dado que su finalidad es lograr obtener información de la ubicación; se da uso en diversos fines como en navegación, investigación, geodésica, educacional, hidrográfica, entre otros.

A su vez, dichos sistemas están compuestos por tres segmentos tales como la de espacial (conformado por satélites artificiales), control (conjunto de estaciones ubicadas en la tierra) y usuario (dispositivos o receptores que reciben señales que parten del segmento espacial) (López y De Guzmán, 2014).

La historia de dichos sistemas se remonta a los años 60, desarrollado principalmente por la Fuerza Área de los Estados Unidos de América que tuvo la finalidad de localizar los submarinos o barcos del opositor. Ante el uso próspero del sistema en campo militar, su utilidad vino expandiéndose hacia el territorio norteamericano: en especial Estados Unidos, país que lanzó alrededor de 24 satélites entre el año 1989 y 1997 con la finalidad de desarrollar una gran de constelación de objetos artificiales (López y De Guzmán, 2014).

A partir de esta manera, estos sistemas han logrado cambiar el modelo de vida de las personas, brindando facilidad en cuanto a su ubicación, transporte y su vida cotidiana en general, ya que en la actualidad contamos con dispositivos modernos con GPS.

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

##### **3.1.1. Tipo de investigación**

La investigación básica se enfocó en expandir el conocimiento y comprensión de un fenómeno o problema sin tener una aplicación práctica directa (CONCYTEC, 2018). En este caso, el objetivo principal fue medir la influencia de la dinámica glaciaria sobre el equilibrio de la masa glaciaria en los nevados Ausangate y Verónica, así como comprender los factores que influyen en estos procesos.

En específico, la investigación descrita en el texto fue de naturaleza básica, ya que se centró en la expansión del conocimiento científico sobre los nevados Ausangate y Verónica, su balance de masa glaciaria y su dinámica, sin un objetivo práctico inmediato más allá del desarrollo de conocimiento y comprensión de los procesos involucrados.

##### **3.1.2. Diseño de investigación**

Respecto al diseño de la investigación, fue no experimental, en concordancia con Hernández-Sampieri y Mendoza (2018), ya que implicó la recopilación y análisis de las variables sin la manipulación intencional por parte de los investigadores ni la elección aleatoria de participantes a grupos.

En el contexto de la investigación propuesta sobre la influencia de la dinámica glaciaria en el balance de masa glaciaria de los nevados Ausangate y Verónica, se analizó el problema tal como se presentó en la realidad. Por otro lado, fue de corte longitudinal porque la recolección de datos fue a lo largo de un intervalo en el tiempo, en específico durante los años 1990 al 2021.

Por último, el alcance de la investigación fue explicativo, ya que buscó medir la relación causal de la variable independiente, dinámica glaciaria, sobre la variable dependiente, balance de la masa glaciaria, en dos nevados de la región de Cusco durante los años 1990 al 2021.

### **3.2. Variables y operacionalización**

#### **Variable dependiente: balance de la masa glaciar**

**Definición conceptual:** el "balance de masa del glaciar" es el cambio neto en el área y perímetro de masa glaciar, que se obtiene de la diferencia entre los componentes de acumulación y ablación de hielo en un glaciar durante un período determinado. Si el balance de masa es positivo, significa que el glaciar ha aumentado en espesor y peso, así como en su velocidad de flujo, lo que resulta en un avance del frente glaciar. Si es negativo, la zona de ablación es mayor que la zona de acumulación, lo que significa que el espesor disminuyen, lo que hace que el frente retroceda (Hock et al., 2019).

**Definición operacional:** el balance de la masa glaciar se midió a través de la observación de la acumulación y ablación del hielo través del *software* ArcGIS en el campo de los "Sistemas de Información Geográfica".

#### **Dimensiones:**

- Acumulación de la masa glaciar
- Ablación de la masa glaciar

#### **Variable independiente: dinámica glaciar**

**Definición conceptual:** según Bussh (2022), la dinámica glaciar representa las interacciones complejas entre varios sistemas, mecanismos de retroalimentación y procesos. Los factores que influyen en la dinámica glaciar dependen de la variedad de factores de forzamiento, como el clima, el tiempo y la precipitación.

#### **Definición operacional**

La variable dinámica glaciar se midió a través de la observación del clima, tiempo y precipitación a través del *software* ArcGIS en el campo de los "Sistemas de Información Geográfica".

#### **Dimensiones**

- Clima
- Tiempo
- Precipitación

### **3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis**

La población del presente trabajo fue el conjunto de individuos con características muy similares y determinados en un lugar geográfico específico conforme a Valderrama y Velásquez (2019). En ese sentido, se estableció a la población a los

dos nevados, el nevado Ausangate y nevado Verónica, dentro de los años 1990-2021. Esto implicó que, como población, fueron 62 unidades muestrales en total.

Respecto al muestreo, fue de tipo no probabilístico, ya que no se usó ninguna fórmula para determinar la muestra del estudio. En particular, se realizó un muestreo no probabilístico de tipo convencional, ya que los investigadores decidieron en base a los objetivos de la investigación, acceso a recursos económicos y la unidad muestral.

Por último, la unidad muestral fueron los dos nevados, el nevado Ausangate y nevado Verónica, dentro de los años 1990-2021.

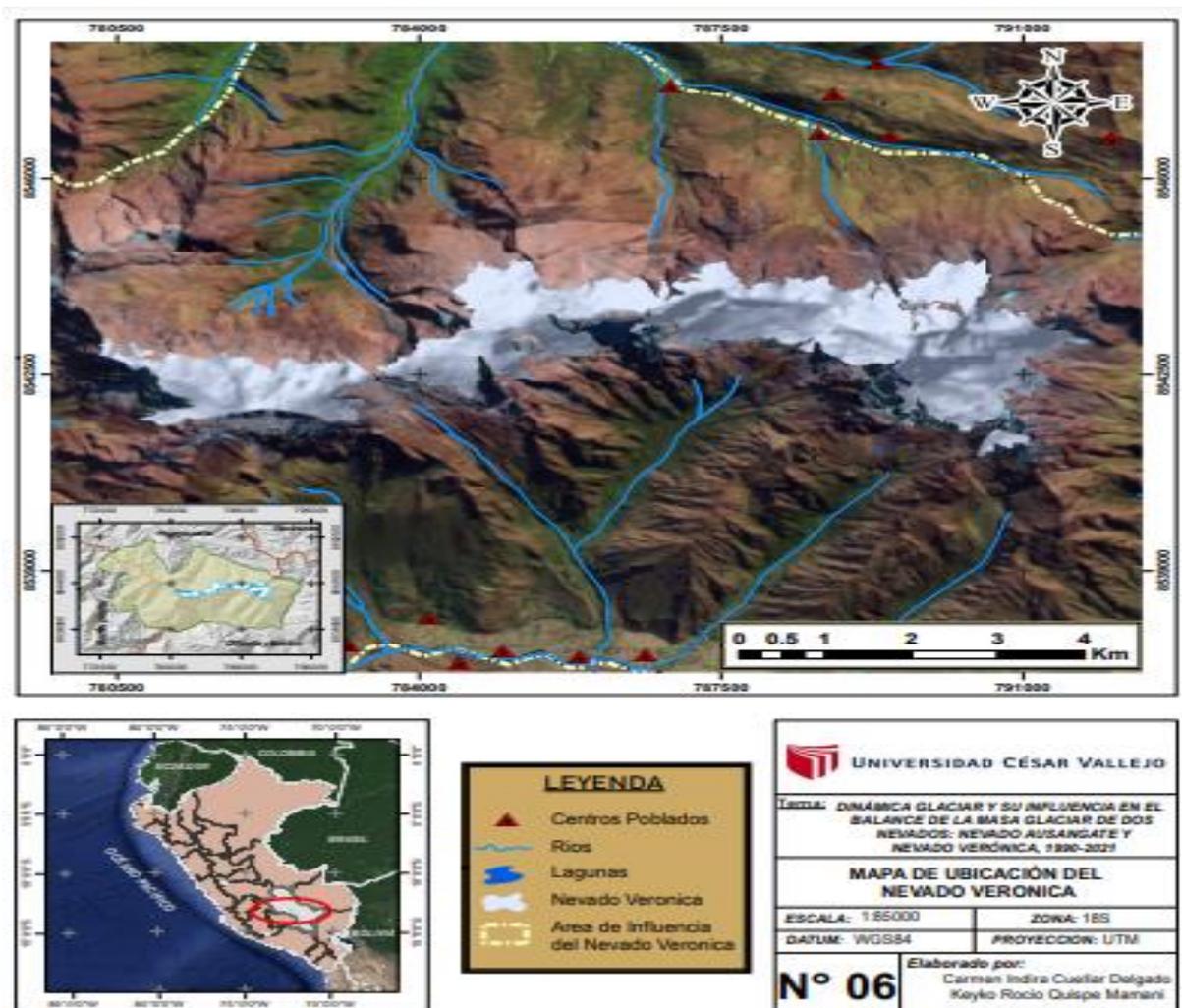
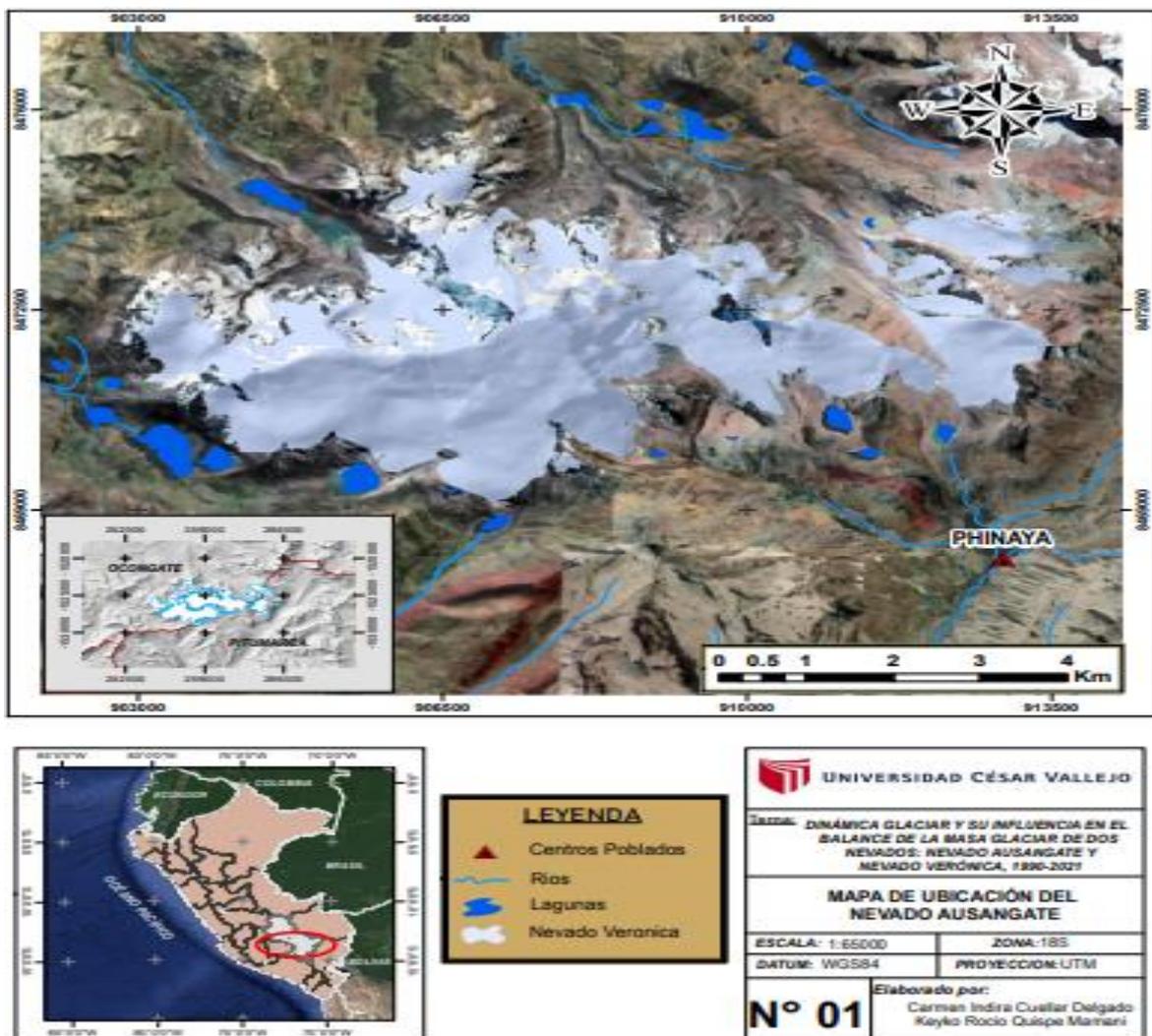


Figura 1. Mapa del nevado Verónica



*Figura 2. Mapa del nevado de Ausangate*

### 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En cuanto a la recopilación de datos, se utilizaron diferentes métodos cuantitativos, como el análisis de imágenes satelitales y fotografías aéreas para estimar los cambios en el tamaño del glaciar a lo largo del tiempo. También se utilizaron registros climáticos, datos de precipitación y datos meteorológicos para analizar las condiciones climáticas y su relación con la variación del balance de masa glaciar (Ver Anexo 2).

**Tabla 1.** *Tabla de instrumentos*

<b>Instrumento</b>	<b>Software</b>	<b>Definición</b>	<b>Etapa</b>
Imágenes satelitales	<i>ArcGis</i>	Es el <i>software</i> que contiene funcionalidades clásicas del SIG de escritorio. Este permite visualizar datos y manejo de información geográfica, tiene funcionalidades como <i>Spatial Analyst</i> , <i>3D Analyst</i> y de relieve.	En la recolección de datos
Pluviómetros totales	<i>ArcGis</i>	Son estructuras cilíndricas en las que se almacena el agua lluvia y tienen un aislante oleaginoso que evita que el agua se evapore. A través de esta manera se puede establecer el nivel de lluvia en un período determinado. Cuando un pluviómetro se llena es necesario bajarle el nivel y tomar el dato nuevo. Son estructuras pintadas de color naranja para que puedan ser fácilmente observables.	En la recolección de datos

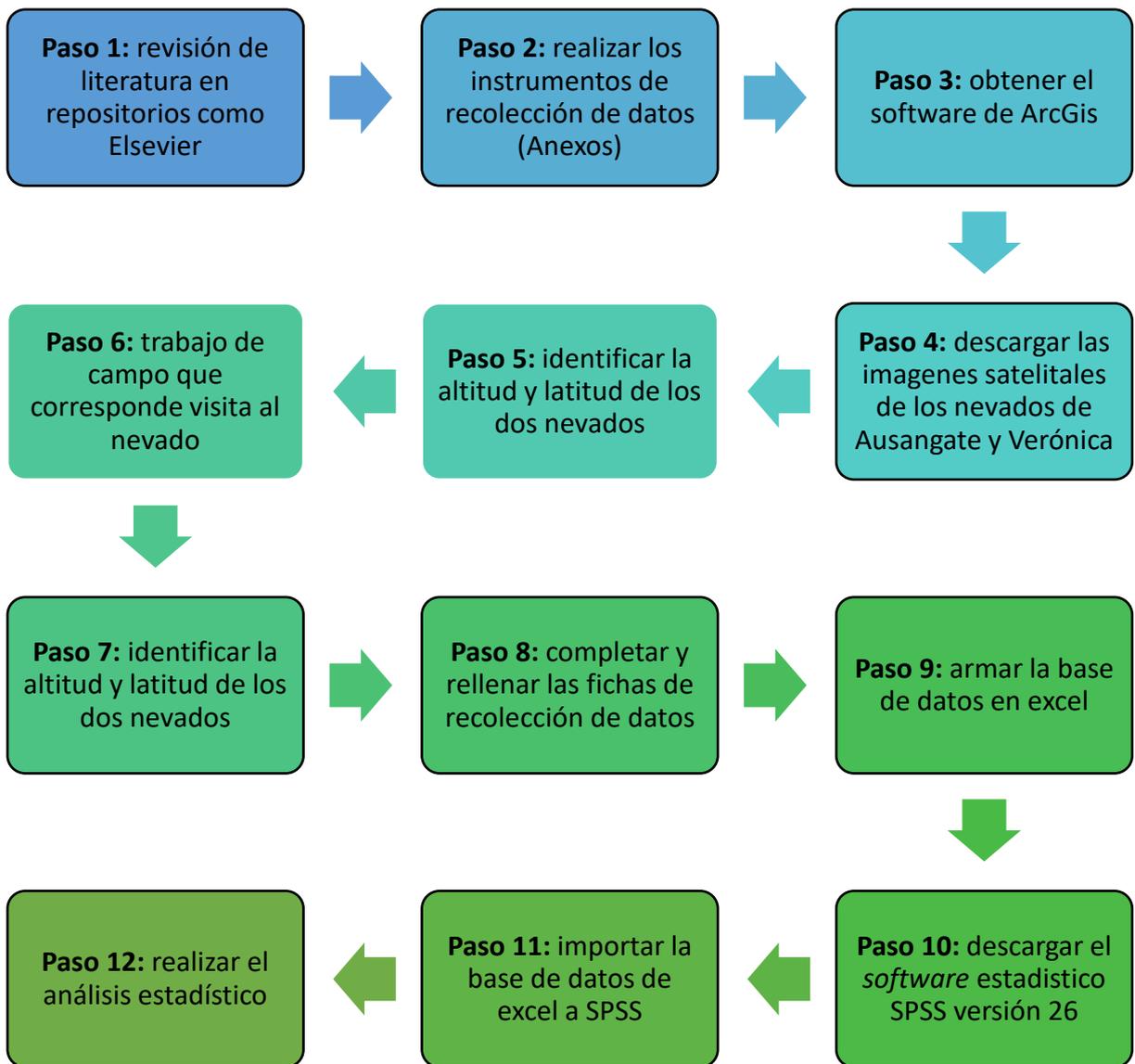
### **3.5. Procedimiento**

Para determinar los objetivos planeados en el presente trabajo, se llevaron a cabo una serie de pasos o procedimientos. Como primer paso, se desarrolló la revisión de fuentes confiables, como libros o artículos científicos, para abordar las

definiciones conceptuales y operacionales de ambas variables de análisis, es decir, el balance de masa glaciar y la dinámica glaciar.

Seguidamente, se procedió con la elaboración del instrumento de evaluación, el cual fue previamente validado por el juicio de expertos. Posteriormente, se llevó a cabo la recopilación de información mediante una ficha de recolección de imágenes satelitales, teniendo en cuenta los indicadores de evaluación para ambas variables: la variable dependiente (balance de la masa glaciar) y la variable independiente (dinámica glaciar). Estos indicadores incluyeron factores como el tiempo, el clima, la temperatura, la precipitación, el perímetro de la masa glaciar, el área (en kilómetros cuadrados), la altitud máxima, la altitud mínima, entre otros.

En particular, la observación del clima, el tiempo y la precipitación se realizó mediante el uso de sistemas de información geográfica por medio de imágenes satelitales (Rivera, 2008).



**Figura 3.** *Procesamiento de la investigación*

### 3.6. Método de análisis de datos

Una vez obtenida la información, se vaciaron los datos en una hoja de cálculo de Excel, se ordenaron y se sistematizó para luego proceder con el análisis de datos mediante la aplicación de aspectos estadísticos tales como el análisis de correlación, tendencia y regresión, para así poder determinar la influencia de la dinámica glaciaria en el balance de masa glaciaria en los dos nevados de análisis en el presente estudio; a modo de ejemplo, se analizó la correlación de la variación del perímetro del glaciar con las variables climáticas como la precipitación y temperatura. Asimismo, se usaron modelos estadísticos o modelos de balance de

masa glaciaria para simular y proyectar posibles escenarios futuros en relación con la pérdida de masa glaciaria.

### **3.7. Aspectos éticos**

El presente trabajo abordó los principios éticos de una investigación dando cumplimiento a las normas establecidas por la Universidad César Vallejo; por lo que, tanto la redacción y la estructura de la investigación se desarrolló teniendo en cuenta el manual APA séptima edición; para así cumplir con el respeto a la propiedad intelectual a través de las referencias y citas. Es así que, la conducta ética debe ser asumida por el investigador de manera responsable, dado que la ética es responsabilidad del individuo que desarrolla o aborda un estudio o tema en específico; por ende, el investigador ha velado por la dignidad, seguridad, derechos y el bienestar de quienes forman parte del presente estudio (Davison et al., 2021).

A partir de esta manera, se desarrolló una investigación con profesionalismo, objetividad y sobre todo velando por la dignidad, seguridad, derechos y el bienestar de quienes forman parte del presente estudio.

## IV. RESULTADOS

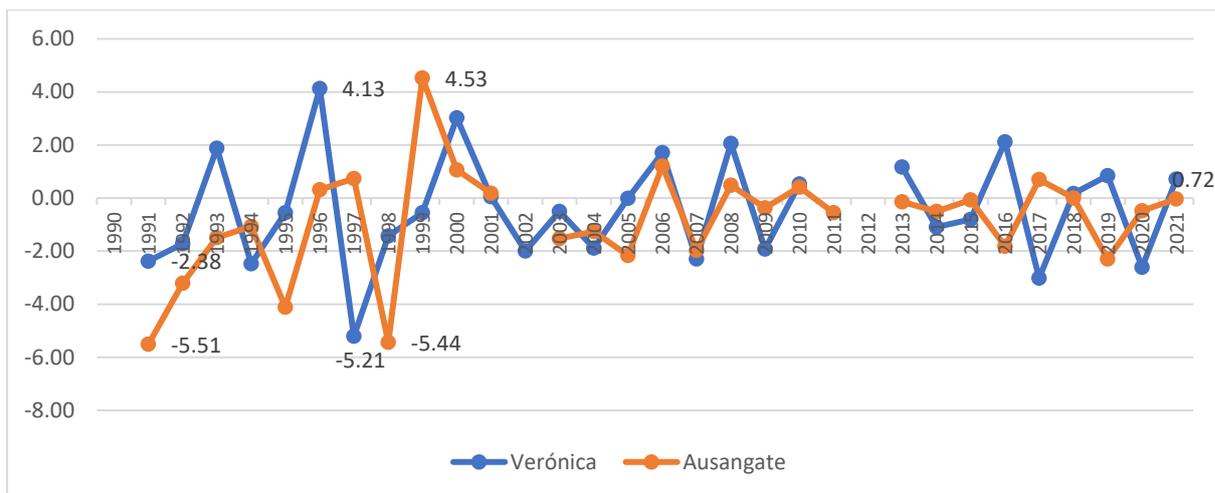
### 4.1. Resultados descriptivos

**Tabla 2.** Resultados descriptivos de la "Balance de la masa glaciar del nevado de Verónica" de los años 1990 a 2021

Balance de la masa glaciar	Nevado de Verónica	Nevado de Ausangate
N	29	29
Media	-0,38	-0,84
Mediana	-0,49	-0,48
Desviación	1,98	2,04
Mínimo	-5,21	-5,51
Máximo	4,13	4,53

Esta tabla es un resumen de estadísticas descriptivas de la variable "Balance de la masa glaciar del nevado de Verónica y Ausangate". El valor de "N": Este valor representa el tamaño de la muestra, es decir, el número de observaciones o mediciones que se tomaron para calcular las estadísticas. En este caso, se utilizaron 29 observaciones para calcular las estadísticas de los nevados. La media del "Balance de la masa glaciar del nevado de Verónica y Ausangate" fue aproximadamente  $-0,38\text{km}^2$  y  $-0,84\text{km}^2$  respectivamente.

Respecto a la mediana, que es el valor que se encuentra en el medio cuando los datos se ordenan de menor a mayor. En este caso, la mediana fue aproximadamente  $-0,49\text{km}^2$  para el nevado Verónica y  $-0,48\text{ km}^2$  para el nevado de Ausangate. La desviación estándar es una medida de dispersión que indica cuán dispersos están los valores con respecto a la media. En este caso, la desviación estándar del nevado de Verónica fue aproximadamente  $1,98\text{ km}^2$  y para Ausangate fue de  $2,04\text{ km}^2$ . El valor mínimo fue  $-5,21\text{ km}^2$  y  $-5,51\text{ km}^2$  para los nevados de Verónica y Ausangate respectivamente. El valor máximo es  $4,13\text{ km}^2$  para el nevado de Verónica y  $4,53\text{ km}^2$  para el nevado de Ausangate. Estas estadísticas indican que el balance de la masa glaciar entre los dos nevados es muy similar.

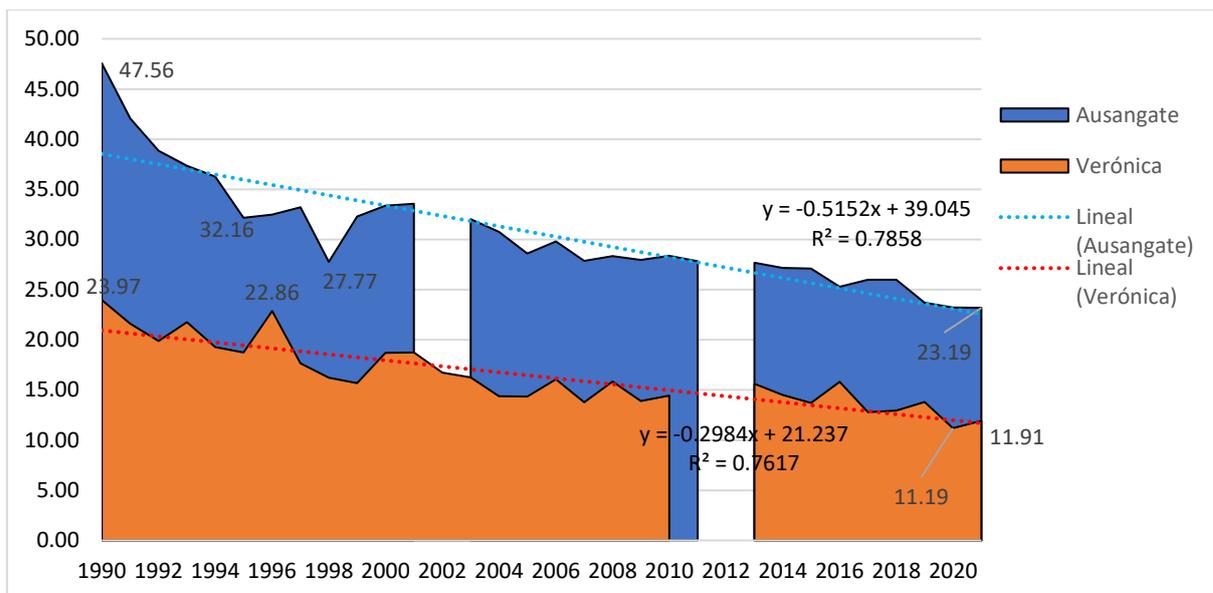


**Figura 4.** Evolución del balance de la masa glaciar del nevado de Verónica y Ausangate de los años 1990 a 2021

En la figura 4 se observa el comportamiento del balance de la masa glaciar en km<sup>2</sup> del glaciar del nevado Verónica y Ausangate durante los años 1990 al 2021. Para el nevado Verónica, se evidencia una significativa reducción de la masa glaciar dentro de estos años, siendo el punto donde se perdió más masa glaciar en el año 1991 con -5,51 km<sup>2</sup>, así mismo se observa que en total se perdió 12,05 km<sup>2</sup> del año 1990 al año 2021. Respecto al nevado de Ausangate se visualiza que el punto donde más se perdió masa glaciar fue el año 1997 con -5,21 km<sup>2</sup> y en total al comparar los años 1990 al 2021 se perdió 24,37 km<sup>2</sup> de balance de masa glaciar.

**Tabla 3.** Resultados descriptivos del “área de la masa glaciar del nevado de Verónica y Ausangate” de los años 1990 a 2021

Área de la masa glaciar (Km <sup>2</sup> )	Nevado de Verónica	Nevado de Ausangate
N	29	29
Media	16,43	30,59
Mediana	15,81	28,49
Desviación	3,26	5,58
Mínimo	11,19	23,18
Máximo	23,96	47,55



**Figura 5.** “Área de la masa glaciar del nevado de Verónica y Ausangate” de los años 1990 a 2021

Esta tabla presenta resultados descriptivos del "área de la masa glaciar del Nevado de Verónica y Ausangate" para los años 1990 a 2021. Para el Nevado de Verónica, la media es de aproximadamente 16,43 km<sup>2</sup>, mientras que para el Nevado de Ausangate es de aproximadamente 30,59 km<sup>2</sup>. Mientras que el valor de mediana, en el caso del Nevado de Verónica fue 15,81 km<sup>2</sup>, y para el Nevado de Ausangate es de aproximadamente 28,49 km<sup>2</sup>.

Para el Nevado de Verónica, la desviación estándar es de aproximadamente 3,26 km<sup>2</sup>, mientras que para el Nevado de Ausangate es de aproximadamente 5,58 km<sup>2</sup>. Esto indica la variabilidad de las mediciones en relación con la media. Para el Nevado de Verónica, el área mínima registrada es de aproximadamente 11,19 km<sup>2</sup>, y el área máxima es de aproximadamente 23,96 km<sup>2</sup>. Para el Nevado de Ausangate, el área mínima es de aproximadamente 23,18 km<sup>2</sup>, y el área máxima es de aproximadamente 47,55 km<sup>2</sup>.

En resumen, estos resultados descriptivos proporcionan un análisis de la evolución del área de los dos nevados, tanto del nevado de Verónica como Ausangate” de los años 1990 a 2021, se observa una tendencia decreciente, llegando al 2021 a 23,19 km<sup>2</sup> y 11,91 km<sup>2</sup> respectivamente.

**Tabla 4.** Resultados descriptivos de la “Perímetro de la masa glaciar del nevado de Verónica” de los años 1990 a 2021

Perímetro del glaciar	Nevado de Verónica	Nevado de Ausangate
N	30	30
Media	74,00	101,60
Mediana	74,65	98,62
Desviación	7,77	14,12
Mínimo	60,20	81,00
Máximo	88,91	131,02

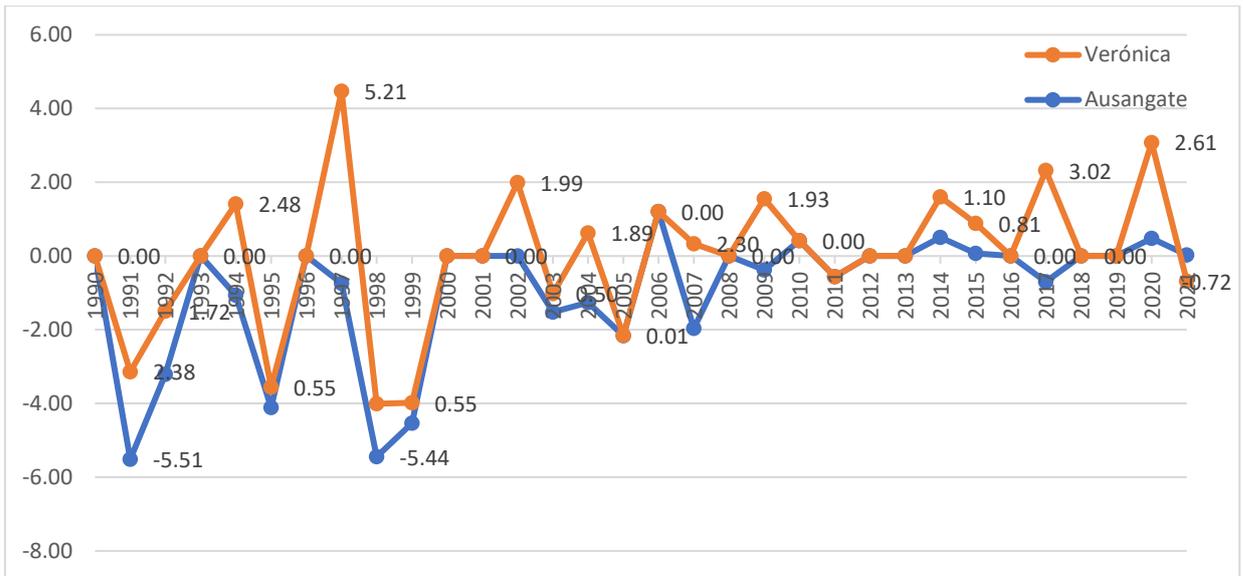
La tabla proporciona estadísticas descriptivas para una variable llamada "Perímetro del glaciar del nevado de Verónica". En este contexto, el promedio del perímetro del glaciar se encuentra alrededor de 74,38681 Km<sup>2</sup>. La mediana es el valor que se encuentra en el medio cuando los datos se ordenan de menor a mayor. En este caso, la mediana es aproximadamente 74,80000 Km<sup>2</sup>, la desviación estándar es aproximadamente 7,624031 Km<sup>2</sup>. Esto significa que los valores tienden a variar alrededor de 7,624031 Km<sup>2</sup> con respecto a la media. El mínimo es 60,200 Km<sup>2</sup> en el año 2020 y el valor máximo es 88,918 Km<sup>2</sup> en 1990.

Respecto al "Perímetro del glaciar del nevado de Ausangate". En este contexto, el promedio del perímetro del glaciar se encuentra alrededor 101,60 Km<sup>2</sup>. La mediana es el valor que se encuentra en el medio cuando los datos se ordenan de menor a mayor. En este caso, la mediana es aproximadamente 98,62 Km<sup>2</sup>, la desviación estándar es aproximadamente 14,12 Km<sup>2</sup>. Esto significa que los valores tienden a variar alrededor de 14,12 Km<sup>2</sup> con respecto a la media. El mínimo es 81 Km<sup>2</sup> y el valor máximo es 131,02 Km<sup>2</sup>.

### Dimensión 1: Ablación

**Tabla 5.** Resultados descriptivos de la “Ablación de la masa glaciar del nevado de Verónica y Ausangate” de los años 1990 a 2021

Ablación de la masa glaciar (km <sup>2</sup> )	Nevado de Verónica	Nevado de Ausangate
N	29	29
Media	0,991	0,743
Mediana	0,523	0,016
Desviación	1,31	1,918
Mínimo	-0,717	-4,53
Máximo	5,211	5,51



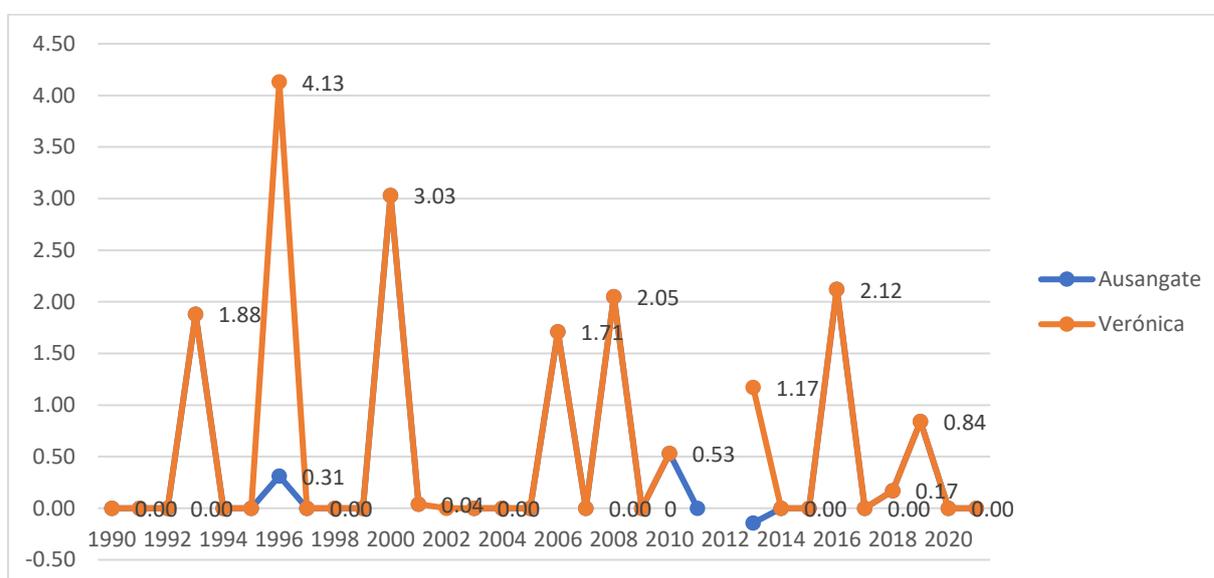
**Figura 6.** Evolución de la ablación de la masa glaciar del nevado de Verónica y Ausangate” de los años 1990 a 2021

Esta tabla presenta estadísticas descriptivas para una variable llamada "Ablación de la masa glaciar (km<sup>2</sup>) del glaciar del nevado de Verónica". La media es aproximadamente 1.05039 Km<sup>2</sup>. La mediana es el valor que se encuentra en el medio cuando los datos se ordenan de menor a mayor. En este caso, la mediana de la "Ablación de la masa glaciar del glaciar del nevado de Verónica" es aproximadamente 0.55006 Km<sup>2</sup>. La desviación estándar es aproximadamente 1.297099 Km<sup>2</sup>. Por último, el valor mínimo es 0.000 Km<sup>2</sup>, lo que indica que la ablación mínima observada fue 0.000Km<sup>2</sup> en varios años como (1993, 1996, 2000, 2001, 2006, 2008, 2010, 2013, 2016, 2018 y 2019). El valor máximo es el valor más alto en la muestra de datos. En este caso, el valor máximo fue de 5.211 Km<sup>2</sup> registrado en el año 1997. Respecto al nevado Ausangate, la media es aproximadamente 0,743 Km<sup>2</sup>. En este caso, la mediana de la "Ablación de la masa glaciar del glaciar" es aproximadamente 0,016 Km<sup>2</sup>. La desviación estándar es aproximadamente 1,918 Km<sup>2</sup>. Por último, el valor mínimo es -4,53 Km<sup>2</sup>, lo que indica que la ablación mínima observada fue -4,53 Km<sup>2</sup> en varios años. El valor máximo es el valor más alto en la muestra de datos. En este caso, el valor máximo fue de 5,51 Km<sup>2</sup> registrado en el año 1991.

## Dimensión 2: Acumulación

**Tabla 6.** Resultados descriptivos de la “Acumulación de la masa glaciar del nevado de Verónica”

Acumulación de la masa glaciar (km <sup>2</sup> )	Nevado de Verónica	Nevado de Ausangate
N	29	29
Media	1.1069	1,035
Mediana	0.0000	0,000
Desv. Desviación	2.989	2,901
Mínimo	0.00	0,000
Máximo	15.60	15,60



**Figura 7.** Evolución de la acumulación de la masa glaciar del nevado de Verónica y Ausangate” de los años 1990 a 2021

Esta tabla 6 presenta estadísticas descriptivas para una variable llamada "Acumulación de la masa glaciar (km<sup>2</sup>) del glaciar del nevado de Verónica y Ausangate": La media de la "Acumulación de la masa glaciar del glaciar del nevado de Verónica" es aproximadamente 1,1069 km<sup>2</sup>. Esto indica que, en promedio, la acumulación de la masa glaciar es de alrededor de 1,1069 km<sup>2</sup>. La mediana es 0,0000 km<sup>2</sup>. Esto significa que la mitad de las observaciones tienen una acumulación igual o inferior a cero. En este caso, la desviación estándar es aproximadamente 2,98950 kilómetros cuadrados. Esto implica que los valores

tienden a variar alrededor de 2,98950 kilómetros cuadrados con respecto a la media. El valor mínimo es 0,00 km<sup>2</sup>, lo que indica que la acumulación mínima observada fue cero. El valor máximo de la "Acumulación de la masa glaciar del glaciar del nevado de Verónica" es 15,60 kilómetros cuadrados, lo que indica que la acumulación máxima observada fue 15,60 kilómetros cuadrados.

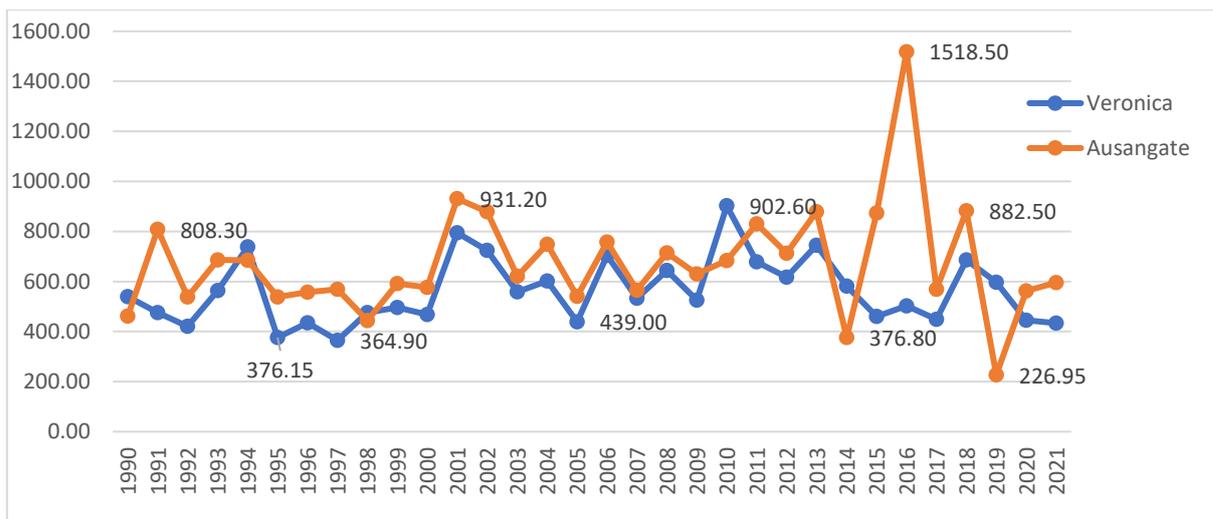
Respecto a la media de la "Acumulación de la masa glaciar del glaciar del nevado de Ausangate" es aproximadamente 1,035 km<sup>2</sup>. La mediana es 0,0000 km<sup>2</sup>. Esto significa que la mitad de las observaciones tienen una acumulación igual o inferior a cero. En este caso, la desviación estándar de la "Acumulación de la masa glaciar del glaciar del nevado de Ausangate" es aproximadamente 2,901 km<sup>2</sup>. Esto implica que los valores tienden a variar alrededor de 2,901 km<sup>2</sup> con respecto a la media. El valor mínimo es 0,00 km<sup>2</sup>, lo que indica que la acumulación mínima observada fue cero. El valor máximo es 15,60 km<sup>2</sup>, lo que indica que la acumulación máxima observada fue 15,60 km<sup>2</sup>.

- **Dinámica glaciar**

### **Precipitación**

**Tabla 7.** Resultados descriptivos de la "Precipitación del nevado Verónica y Ausangate"

<b>Precipitación acumulada anual (mm/año)</b>	<b>Nevado de Verónica</b>	<b>Nevado de Ausangate</b>
N	32	32
Media	561,85	673,62
Mediana	536,75	625,85
Desv. Desviación	131,39	222,39
Mínimo	364,90	226,95
Máximo	902,60	1518,50



**Figura 8.** Evolución de la “Precipitación del nevado Verónica y Ausangate de los años 1990 a 2021”

Estos resultados proporcionan información sobre la precipitación acumulada anual (en milímetros por año) para dos lugares específicos: Nevado de Verónica y Nevado de Ausangate. En el Nevado de Verónica, la media es de aproximadamente 561,85 mm/año, mientras que en el Nevado de Ausangate es de aproximadamente 673,62 mm/año. En el Nevado de Verónica, la mediana es de aproximadamente 536,75 mm/año, y en el Nevado de Ausangate es de aproximadamente 625,85 mm/año.

Respecto a la desviación estándar para el Nevado de Verónica es de aproximadamente 131,39 mm/año, mientras que para el Nevado de Ausangate es considerablemente mayor, con aproximadamente 222,39 mm/año.

Por último, en el Nevado de Verónica, la precipitación mínima fue de 364,90 mm/año, y la máxima fue de 902,60 mm/año. En el Nevado de Ausangate, la precipitación mínima fue de 226,95 mm/año, y la máxima fue de 1518,50 mm/año.

En síntesis, se puede observar la variabilidad en la precipitación anual en ambos lugares. El Nevado de Ausangate tiene, en promedio, una precipitación anual más alta que el Nevado de Verónica. Además, la desviación estándar más alta en el Nevado de Ausangate sugiere una mayor variabilidad en los datos, lo que indica

que las precipitaciones pueden ser más inconsistentes en ese lugar en comparación con el Nevado de Verónica.

## Temperatura

**Tabla 8.** Resultados descriptivos de la “Temperatura promedio del nevado Verónica y Ausangate”

Temperatura (°C)	Nevado de Verónica	Nevado de Ausangate
N	32	32
Media	17,41	14,99
Mediana	22,23	15,00
Desv. Desviación	9,41	1,087
Mínimo	0,00	10,21
Máximo	24,21	16,60

Estos resultados proporcionan información sobre las temperaturas (en grados Celsius) en dos lugares específicos, Nevado de Verónica y Nevado de Ausangate. En el Nevado de Verónica, la media es de aproximadamente 17,41°C, mientras que en el Nevado de Ausangate es de aproximadamente 14,99°C. Esto sugiere que, en promedio, el Nevado de Verónica es más cálido que el Nevado de Ausangate. En el Nevado de Verónica, la mediana es de aproximadamente 22,23°C, mientras que en el Nevado de Ausangate es de aproximadamente 15,00°C.

La diferencia entre la media y la mediana podría indicar la presencia de valores atípicos (*outliers*) que afectan la media en el Nevado de Verónica. En el Nevado de Verónica, la desviación estándar es de aproximadamente 9,41°C, lo que sugiere una variabilidad significativa en las temperaturas. En el Nevado de Ausangate, la desviación estándar es mucho más baja, indicando una menor variabilidad en las temperaturas.

En el Nevado de Verónica, la temperatura mínima fue de 0,00°C, y la máxima fue de 24,21°C. En el Nevado de Ausangate, la temperatura mínima fue de 10,21°C, y la máxima fue de 16,60°C. En resumen, estos resultados indican que, en promedio, el Nevado de Verónica es más cálido que el Nevado de Ausangate. Sin embargo, el Nevado de Verónica también muestra una mayor variabilidad en las temperaturas, con una diferencia significativa entre la media y la mediana. El

Nevado de Ausangate, en cambio, tiene temperaturas más estables y menos variables.

#### 4.2. Resultados inferenciales

- **Hipótesis general**

**H0:** “La dinámica glaciaria no tiene una influencia significativa sobre el balance de la masa glaciaria de los nevados de Ausangate y Verónica en el periodo de 1990 al 2021.”

**H1:** “La dinámica glaciaria tiene una influencia significativa sobre el balance de la masa glaciaria de los nevados de Ausangate y Verónica en el periodo de 1990 al 2021.”

$$Y_i = B_0 + B_1x_1 + u$$

Donde:

$Y_i$  : balance de la masa glaciaria de los nevados Ausangate y Verónica de 1990 – 2021( $i$ ) (Variable dependiente)

$x_1$  : dinámica glaciaria de los nevados Ausangate y Verónica de 1990 – 2021 ( $i$ ) (Variable independiente)

$u$  : término de error

$B_1$ : coeficiente de influencia de la variable  $x_1$  sobre  $Y_i$

**Tabla 9.** Resultados inferenciales de la hipótesis general

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Sig.
1	0,895 <sup>a</sup>	0,838	0,733	0,02424	0,0432

a. Predictores: (Constante), Temperatura Mínima (°C), Precipitación Acumulada - Anual (mm/año), Temperatura Máxima (°C)

Esta tabla resume la calidad del ajuste del modelo de regresión con respecto a la variable dependiente y los predictores utilizados. Primero, el coeficiente R de correlación de Pearson entre la variable dependiente y los predictores. En este caso, el valor es 0,895, lo que indica una correlación fuerte entre las variables utilizadas en el modelo. Segundo, el valor de  $R^2$ , que es la proporción de la variación de la variable dependiente que es explicada por los predictores en el modelo. En este caso, el  $R^2$  es 0,838, lo que significa que aproximadamente el 83,8% de la variabilidad en la variable dependiente (Balance de la masa glaciaria en  $KM^2$ ) es explicada por los predictores incluidos en el modelo. Tercero, el valor de  $R^2$

ajustado, esta métrica ajusta el R cuadrado en función del número de predictores en el modelo y la cantidad de datos. En este caso, el valor es 0,733, lo que indica que el 73,3% de la variabilidad en la variable dependiente es explicada por los predictores, ajustando la complejidad del modelo. Por último, el valor p general del modelo indica si al menos uno de los predictores es significativo para predecir la variable dependiente. Aquí, el valor es 0,0432, lo que sugiere que el modelo en su conjunto tiene significancia estadística, es decir, la dinámica glacial expresado por los predictores tiene un impacto significativo en la variable dependiente, balance de la masa glacial en KM<sup>2</sup>.

- **Hipótesis específicas**
- **Primera hipótesis específicas**

**H0:** “El clima no tiene una influencia significativa sobre el balance de la masa glacial de los nevados de Ausangate y Verónica en el periodo de 1990 al 2021.”

**H1:** “El clima tiene una influencia significativa sobre el balance de la masa glacial de los nevados de Ausangate y Verónica en el periodo de 1990 al 2021.”

$$Y_i = B_0 + B_1x_1 + u$$

Donde:

$Y_i$  : balance de la masa glacial de los nevados Ausangate y Verónica de 1990 – 2021( $i$ ) (Variable dependiente)

$x_1$  : clima de los nevados Ausangate y Verónica de 1990 – 2021 ( $i$ ) (Variable independiente)

$u$  : término de error

$B_1$ : coeficiente de influencia de la variable  $x_1$  sobre  $Y_i$

**Tabla 10.** Resultados inferenciales de la primera hipótesis específica

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		
	B	Desv. Error	Beta	t	Sig.
1 (Constante)	-0,006	0,120		-0,329	0,012
Temperatura máxima (°C)	-0,086	0,115	-0,028	0,075	0,003
Temperatura mínima (°C)	0,024	0,359	0,088	0,067	0,000

a. Variable dependiente: balance de la masa glaciar KM<sup>2</sup>

La tabla presenta los resultados de la regresión para la primera hipótesis específica. Estos son los coeficientes asociados con las variables climáticas (temperatura máxima y temperatura mínima) en relación con el balance de la masa glaciar (medido en KM<sup>2</sup>) de los nevados de Ausangate y Verónica durante el período de 1990 al 2021.

Respecto a la temperatura máxima (°C), el coeficiente asociado es -0,086, indica que ante un incremento de 1 °C de la temperatura máxima causará una disminución de 8% del balance de la masa glaciar. Aunque tiene un valor negativo, también es estadísticamente significativo (Sig. = 0,003 < 0,05). Esto sugiere que la temperatura máxima tiene una influencia significativa en el balance de la masa glaciar en el período analizado. Así mismo, la Temperatura mínima (°C), el coeficiente asociado es 0,024, indica que ante un incremento de 1 °C de la temperatura mínima causará un aumento de 2,4% del balance de la masa glaciar. Este valor es positivo y estadísticamente significativo, de acuerdo al valor de Sig. = 0,000 < 0,05 (nivel de error al 5%), lo que indica que la temperatura mínima sí tiene una influencia significativa y positiva en el balance de la masa glaciar. Cada aumento en la temperatura mínima está asociado con un aumento significativo en el balance de la masa glaciar.

En resumen, se acepta la hipótesis de la investigación: “El clima, mediante los indicadores de temperatura máxima y mínima, tiene una influencia significativa sobre el balance de la masa glaciar de los nevados de Ausangate y Verónica en el periodo de 1990 al 2021.”

- **Segunda hipótesis específicas**

**H0:** “El tiempo no tiene una influencia significativa sobre el balance de la masa glaciar de los nevados de Ausangate y Verónica en el periodo de 1990 al 2021”

**H1:** “El tiempo tiene una influencia significativa sobre el balance de la masa glaciar de los nevados de Ausangate y Verónica en el periodo de 1990 al 2021”

$$Y_i = B_0 + B_1x_1 + u$$

Donde:

$Y_i$  : balance de la masa glaciar de los nevados Ausangate y Verónica de 1990 – 2021( $i$ ) (variable dependiente)

$x_1$  : tiempo en años de los nevados Ausangate y Verónica de 1990 – 2021 ( $i$ ) (variable independiente)

$u$  : término de error

$B_1$ : coeficiente de influencia de la variable  $x_1$  sobre  $Y_i$

**Tabla 11.** Resultados inferenciales de la segunda hipótesis específica

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		
	B	Desv. Error	Beta	t	Sig.
1 (Constante)	-4,31	1,00		-4,275	0,000
Tiempo en años	-0,236	0,052	-0,513	4,508	0,000

a. "Variable dependiente: Balance de masa glaciar KM<sup>2</sup>

La tabla presenta los resultados de la regresión para la segunda hipótesis específica. Estos son los coeficientes asociados con el tiempo (en años) en relación con el balance de la masa glaciar (medido en KM<sup>2</sup>) de los nevados de Ausangate y Verónica en el periodo de 1990 al 2021. El coeficiente asociado a la variable tiempo en años, es 0,236. Este valor es negativo y estadísticamente significativo (Sig. = 0,000 < 0,05), lo que indica que el tiempo tiene una influencia significativa y negativa en el balance de la masa glaciar. Cada año adicional se asocia con una disminución de 0,236 unidades en el balance de la masa glaciar.

En resumen, los resultados rechazan la hipótesis nula, mostrando una influencia significativa y negativa del tiempo en el cambio del balance de la masa glaciar de los nevados de Ausangate y Verónica durante el periodo de 1990 al 2021. Esto sugiere que a medida que transcurren los años, hay un impacto significativo en el balance de la masa glaciar de estos nevados.

- **Tercera hipótesis específicas**

**H0:** "La precipitación no tiene una influencia significativa sobre el balance de la masa glaciar de los nevados de Ausangate y Verónica en el periodo de 1990 al 2021"

**H1:** “La precipitación tiene una influencia significativa sobre el balance de la masa glaciar de los nevados de Ausangate y Verónica en el periodo de 1990 al 2021”

$$Y_i = B_0 + B_1x_1 + u$$

Donde:

$Y_i$  : balance de la masa glaciar de los nevados Ausangate y Verónica de 1990 – 2021( $i$ ) (Variable dependiente)

$x_1$ : precipitación acumulada anual de los nevados Ausangate y Verónica de 1990 – 2021 ( $i$ ) (Variable independiente)

$u$  : término de error

$B_1$ : coeficiente de influencia de la variable  $x_1$  sobre  $Y_i$

**Tabla 12.** Resultados inferenciales de la tercera hipótesis específica

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		
		B	Desv. Error	Beta	t	Sig.
1	(Constante)	-1,143	0,886		-1,290	0,202
	Precipitación Acumulada - Anual (mm/año)	0,009	0,001	0,083	0,033	0,003

a. Variable dependiente: Balance KM<sup>2</sup>

Los resultados del modelo de regresión muestran la relación entre la variable dependiente "Balance de la masa glaciar en KM<sup>2</sup>" y la variable independiente "Precipitación Acumulada Anual (mm/año)". El coeficiente asociado a esta variable es 0,009. Indica que, manteniendo todas las demás variables constantes, un aumento de 1 unidad en la precipitación acumulada anual se asocia con un aumento de 0,009 unidades en la variable dependiente (Balance de la masa glaciar en KM<sup>2</sup>). El valor "t" es la estadística t asociada al coeficiente de la precipitación acumulada. En este caso, el valor de t es 0,033, y el valor de Sig. (p-valor) es 0,003. El p-valor es menor que un umbral de significancia común (0,05, nivel de error al 5%), lo que sugiere que el coeficiente de la precipitación acumulada es estadísticamente significativo. Esto significa que hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula. En resumen, los resultados indican que hay una relación estadísticamente significativa entre la precipitación acumulada anual y la variable

dependiente "Balance de la masa glaciario en  $\text{KM}^2$ ". Sin embargo, la magnitud de esta relación es relativamente pequeña, según el coeficiente de 0,009.

## V. DISCUSIÓN

Al analizar los resultados de los estudios específicos y contrastarlos con los objetivos y descubrimientos de la investigación en los nevados de Ausangate y Verónica, se revela una diversidad de perspectivas que enriquecen la comprensión integral de la dinámica glaciar.

El estudio de Recio (2019), establece una sólida base al evidenciar la significativa disminución en las densidades medias de los glaciares Hurd y Johnsons. Los datos indican una tendencia decreciente de  $-1,76$  y  $-1,87$   $\text{kg m}^{-3}$  entre 2004 y 2016, lo que se traduce en descensos anuales de  $-21$   $\text{kg m}^{-3}$  durante el invierno y  $-22$   $\text{kg m}^{-3}$  durante el verano. Estos resultados se alinean con la relevancia del clima, la temperatura y la precipitación en la variabilidad de la masa glaciar, corroborando patrones observados en los nevados de Ausangate y Verónica. La influencia climática, expresada a través de la temperatura mínima y máxima, destaca la complejidad de las interrelaciones entre las variables climáticas y el balance de masa glaciar.

La investigación de Ohata y Higuchi (2017) aporta una perspectiva única al resaltar la aparente insignificancia de la evaporación en ciertas estaciones, pero destaca su importancia crucial durante la temporada de fusión. Se evidencia que la evaporación total puede considerarse insignificante durante las temporadas de otoño, invierno y primavera, con valores de  $0,21$ ,  $0,13$  y  $-0,25$  ( $\text{mmd}^{-1}$ ) respectivamente. Este hallazgo puede arrojar luz sobre los procesos que afectan a los glaciares de tipo continental, lo cual se alinea con la influencia significativa del tiempo observada en los nevados de Ausangate y Verónica en el periodo de 1990 al 2021; de acuerdo al valor de significancia igual a  $0,00$ , menor a  $0,05$ , nivel de error estadístico al 5%.

Taveirne et al. (2021) profundiza en la sensibilidad climática, revelando la vulnerabilidad del balance de masa glaciar de verano a las temperaturas y la marcada sensibilidad del balance de masa invernal a la precipitación. Se destaca que el balance de masa de verano es más vulnerable a las temperaturas (sensibilidad de  $-0,31$   $\text{m we}$  por cada cambio de  $1^\circ\text{C}$ ), mientras que el balance de masa de invierno es más sensible a la precipitación (sensibilidad de  $0,94$   $\text{m we}$  por cada aumento del 1% en la precipitación). En el análisis de los glaciares del nevado Verónica y Ausangate, se destaca una discrepancia en las sensibilidades climáticas

y las tendencias de pérdida de masa glaciar en comparación con el estudio previo. Específicamente, se observa una pérdida máxima de  $-5,51 \text{ km}^2$  en 1991 para el nevado Verónica, con una pérdida total de  $12,05 \text{ km}^2$  entre 1990 y 2021. En el caso de Ausangate, se registra una pérdida máxima de  $-5,21 \text{ km}^2$  en 1997, con una pérdida acumulada de  $24,37 \text{ km}^2$  durante el período analizado. En relación con la acumulación media de masa glaciar, el nevado Verónica presenta un promedio de aproximadamente  $1,1069 \text{ km}^2$ , con una mediana de  $0,0000 \text{ km}^2$  y una desviación estándar de aproximadamente  $2,98950 \text{ km}^2$ , indicando una considerable variabilidad en la acumulación a lo largo del tiempo, con valores que varían entre  $0,00 \text{ km}^2$  y  $15,60 \text{ km}^2$ . De manera similar, Ausangate muestra una media de acumulación cercana a  $1,035 \text{ km}^2$ , una mediana de  $0,0000 \text{ km}^2$  y una desviación estándar de aproximadamente  $2,901 \text{ km}^2$ , demostrando una variabilidad comparable en los valores de acumulación.

Torres (2020) agrega una dimensión esencial al emplear modelos de balance de energía y masa para calcular la disponibilidad del agua de deshielo. Sus resultados, con coeficientes de determinación cercanos a la perfección, respaldan la utilidad de modelos acoplados para comprender la dinámica glaciar en la Cordillera Blanca del Perú. Este enfoque modelístico se complementa con la influencia significativa y positiva de la precipitación acumulada en los nevados de Ausangate y Verónica.

Los resultados obtenidos coinciden con la investigación de Taveirne et al. (2021), quienes calcularon la sensibilidad climática del balance de masa, evaluando la relación entre dicho balance y los cambios climáticos. En consonancia con sus hallazgos, nuestro estudio revela que el balance de masa de verano es más susceptible a las variaciones de temperatura, con una sensibilidad de  $-0,31 \text{ m we}$  por cada cambio de  $1 \text{ }^\circ\text{C}$ , mientras que el balance de masa invernal responde de manera más pronunciada a las variaciones en la precipitación, mostrando una sensibilidad de  $0,94 \text{ m we}$  por cada aumento del 1% en la precipitación.

Los resultados de Taveirne et al. (2021) y el estudio sobre los nevados de Ausangate y Verónica durante 1990-2021 revelan perspectivas contrastantes sobre la influencia del clima en el balance de masa glaciar. Mientras Taveirne et al. destacan la vulnerabilidad estacional, con el balance de masa de verano más sensible a las temperaturas y el invernal a la precipitación, proyectando una

disminución dramática bajo RCP 8,5, el estudio de Ausangate y Verónica subraya la significativa influencia de la temperatura mínima y máxima, con aumentos asociados al balance y reducciones, respectivamente. Se señala también una influencia negativa del tiempo, evidenciando una disminución anual promedio del 23% en Ausangate, y una pequeña pero significativa influencia positiva de la precipitación acumulada anual en el balance de masa glaciar. Ambos enfoques resaltan la complejidad y la necesidad de considerar múltiples variables para comprender los cambios en el equilibrio de masa glaciar en diferentes contextos geográficos y temporales.

Schuler (2020) aborda la determinación de la relación entre el balance de masa superficial específico medido y el tamaño del glaciar, revelando una conexión directa y fuerte entre estas variables. Los resultados indican que la pérdida de masa en clases de área específicas asciende a  $-2,1$ ,  $-3,3$ ,  $-1,4$  y  $-0,2$  Gt a $^{-1}$  para las clases de área  $>10$ ,  $10-100$ ,  $100-500$  y  $< 500$  km $^2$ , respectivamente. Estos hallazgos sugieren una relación consistente entre el tamaño del glaciar y su pérdida de masa, proporcionando insights valiosos para comprender la dinámica glaciar en función del tamaño. Por otro lado, la investigación sobre los nevados de Ausangate y Verónica durante 1990-2021 destaca una influencia significativa del clima, con un nivel de confianza del 95%, donde un aumento de 1 °C en la temperatura mínima se asocia con un incremento en el balance de masa glaciar, mientras que un aumento de 1 °C en la temperatura máxima ocasiona una reducción en la masa glaciar, con niveles de significancia menores o iguales a 0,05. Asimismo, se señala una influencia negativa y significativa del tiempo en el balance de la masa glaciar, específicamente en el nevado de Ausangate, con una disminución anual promedio del 23%.

Comparativamente, Torres (2020) examina el deshielo de los glaciares en la cordillera blanca del Perú. Se destaca una influencia significativa de las temperaturas mínimas y máximas en el balance de la masa glaciar de los nevados de Ausangate y Verónica. Un aumento de 1 °C en la temperatura mínima se asocia con un incremento del balance de masa glaciar, mientras que un aumento de 1 °C en la temperatura máxima causa una reducción. Además, se observa una influencia negativa significativa del tiempo, con una disminución anual promedio del 23% en el nevado de Ausangate.

En el estudio de León (2023) sobre la cordillera Blanca entre 1962 y 2020, se observa una significativa disminución en el balance de masa glaciar, evidenciando pérdidas considerables en las unidades hidrográficas Llullán, Quillcay y Yanayacu, así como una reducción total de 327,056 km<sup>2</sup> (56%) en toda la cordillera. En comparación, el análisis de los nevados de Ausangate y Verónica durante 1990-2021 muestra una influencia significativa del clima, donde un incremento de 1 °C en la temperatura mínima se asocia con un aumento en el balance de masa glaciar, mientras que un aumento de 1 °C en la temperatura máxima resulta en una reducción de la masa glaciar. Se destaca una influencia negativa y significativa del tiempo, especialmente en el nevado de Ausangate, con una disminución anual promedio del 23%. Además, la precipitación acumulada anual presenta una influencia significativa y positiva, aunque pequeña, en el equilibrio de la masa glaciar.

El estudio de Santiago (2023) se enfoca en el balance de masa del glaciar Pastoruri en el año 2016, destacando una pérdida neta de masa glaciar, con un valor total de -2,620 metros de equivalente de agua por año y un margen de error de ±0,245. Se subraya que la metodología empleada, utilizando tecnología RPA y/o modelos digitales de terreno, resulta óptima para investigaciones glaciológicas y podría ser aplicada en diversas áreas glaciares del país. Por otro lado, la investigación sobre los nevados de Ausangate y Verónica durante 1990-2021 resalta una influencia significativa del clima, con un nivel de confianza del 95%, donde un aumento de 1°C en la temperatura mínima se relaciona con un incremento en el balance de la masa glaciar, mientras que un aumento de 1 °C en la temperatura máxima causa una reducción en la masa glaciar, con significancia estadística ( $p < 0,05$ ). Se destaca también una influencia negativa y significativa del tiempo sobre el balance de masa glaciar, específicamente en el nevado de Ausangate, con una disminución anual promedio del 23%, respaldado por un valor beta de 0,236.

El trabajo de Rojas (2018) se centra en determinar una relación simple entre variables meteorológicas y la fusión glaciar, revelando un volumen estimado de agua de 58,992,682.00 m<sup>3</sup> durante el periodo de 2004 a 2016. El coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0.516 indica que aproximadamente el 51,6% de la fusión glaciar se explica conjuntamente a través de las variables meteorológicas

analizadas. En contraste, el estudio de los nevados de Ausangate y Verónica durante 1990-2021 destaca una significativa influencia del clima, donde un aumento de 1 °C en la temperatura mínima se relaciona con un incremento en el balance de masa glaciar, mientras que un aumento de 1 °C en la temperatura máxima causa una reducción en la masa glaciar, con niveles de significancia menores o iguales a 0,05 y un nivel de confianza del 95%. Asimismo, se subraya una influencia negativa y significativa del tiempo sobre el balance de masa glaciar, especialmente en el nevado de Ausangate, con una disminución anual promedio del 23%. La precipitación acumulada anual muestra una influencia positiva y pequeña, siendo significativa, con un coeficiente asociado de 0,009; lo que implica que, manteniendo constantes las demás variables, un aumento de una unidad en la precipitación acumulada anual se asocia con un incremento de 0,009 unidades en el equilibrio de la masa glaciar.

El trabajo de Alva y Ramos (2018) se centra en la dinámica del área glaciar de los nevados Collquepucre, Llongote, Pariacaca y Ticcla utilizando imágenes satelitales del periodo 1990 al 2015. Los resultados revelan una fuerte correlación con un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0,93, estadísticamente significativo, indicando una disminución de 2 a 7 km<sup>2</sup> en la superficie glaciar de los nevados Llongote, Collquepucre, Pariacaca y Ticcla cada cinco años. Además, se destaca un retroceso constante de los glaciares en la cuenca del río Cañete durante más de 37 años. En comparación, la investigación sobre los nevados de Ausangate y Verónica durante 1990-2021 subraya una influencia significativa del clima, con un nivel de confianza del 95%, donde un aumento de 1 °C en la temperatura mínima se asocia con un incremento en el balance de la masa glaciar, mientras que un aumento de 1 °C en la temperatura máxima ocasiona una reducción en la masa glaciar, con niveles de significancia menores o iguales a 0,05. Asimismo, se evidencia una influencia negativa y significativa del tiempo en el balance de la masa glaciar, especialmente en el nevado de Ausangate, con una disminución anual promedio del 23%.

## VI. CONCLUSIONES

Primera, se concluye que existe una influencia significativa de la dinámica glaciar expresado por los predictores (clima, precipitación y tiempo) en la variable dependiente, balance de la masa glaciar en  $\text{KM}^2$ , de los nevados de Ausangate y Verónica en el periodo de 1990 al 2021; de acuerdo al valor de significancia igual a 0,00, menor a 0,05, nivel de error estadístico al 5%.

Segunda, se concluye que existe una influencia significativa, con un nivel de confianza al 95%, del clima expresado por los predictores (temperatura mínima y máxima) en la variable dependiente, balance de la masa glaciar en  $\text{KM}^2$ , de los nevados de Ausangate y Verónica en el periodo de 1990 al 2021; de acuerdo al valor de significancia de los indicadores menores iguales a 0,05, nivel de error estadístico al 5%. Ante un incremento de  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$  de la temperatura mínima influye en un incremento del balance de la masa glaciar y ante un incremento  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$  de la temperatura máxima causa una reducción de la masa glaciar.

Tercero, existe una influencia negativa y significativa del tiempo sobre el balance de la masa glaciar en  $\text{KM}^2$ , de los nevados de Ausangate y Verónica en el periodo de 1990 al 2021; de acuerdo al valor de significancia igual a 0,00, menor a 0,05, nivel de error estadístico al 5%. En específico, en el nevado de Ausangate disminuye anualmente en un 23% en promedio durante los años analizados, de acuerdo al valor beta igual a 0,236.

Cuarta, la variable independiente "Precipitación Acumulada Anual (mm/año)" tiene una influencia significativa, positiva y pequeña sobre la variable dependiente "Balance de la masa glaciar en  $\text{KM}^2$  de los nevados de Ausangate y Verónica en el periodo de 1990 al 2021. De acuerdo al coeficiente asociado a la precipitación acumulada es de 0,009, lo que significa que, manteniendo constantes las demás variables, un aumento de una unidad en la precipitación acumulada anual se asocia con un incremento de 0,009 unidades en el equilibrio de la masa glaciar.

## VII.RECOMENDACIONES

1. Se recomienda fortalecer los sistemas de vigilancia climática en la región. Implementar estaciones meteorológicas adicionales y avanzadas podría proporcionar datos más precisos y en tiempo real, permitiendo una mejor comprensión y predicción de las variaciones en la masa glaciar.
2. Se recomienda desarrollar estrategias de mitigación del cambio climático a nivel local; la cual podría incluir medidas de conservación de la biodiversidad, promoción de prácticas sostenibles en la región, y campañas de concientización sobre la importancia de la conservación de los glaciares.
3. Se sugiere establecer un programa de monitoreo continuo de la precipitación acumulada anual; que permitirá una gestión más efectiva de los recursos hídricos provenientes del deshielo glaciar, contribuyendo así a la planificación sostenible de proyectos hidroeléctricos y de abastecimiento de agua.
4. Se sugiere apoyar y financiar estudios, proyectos y programas de investigación relacionados con los glaciares. Esto podría abarcar desde entender la dinámica de los glaciares hasta su impacto en el cambio climático, la hidrología y los ecosistemas. Además, se podría explorar el desarrollo de tecnologías innovadoras, como el uso de sensores remotos y modelos predictivos avanzados, para mejorar la capacidad de monitoreo y predicción de los cambios en la masa glaciar.

## REFERENCIAS

- Agencia Internacional de las Energías Renovables. (n.d.). *Glaciares*.
- Alva Huayaney, M., & Ramos Alonzo, R. (2018). Evolución de los glaciares de los nevados Collquepucre, Llongote, Pariacaca y Ticcla en la cuenca del río Cañete. *Investigaciones Sociales*, 21(38), 97–106. <https://doi.org/10.15381/is.v21i38.14219>
- Barcena, A., Samaniego, J., Peres, W., & Alatore, E. (2020). *La emergencia del cambio climático en América Latina y el Caribe ¿Seguimos esperando la catástrofe o pasamos a la acción?* (Libros de). <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/68d30fbe-9c44-4848-867f-59bbdec62992/content>
- Bonekamp, P., Kok, R., Collier, E., & Immerzeel, W. (2019). Contrasting Meteorological Drivers of the Glacier Mass Balance Between the Karakoram and Central Himalaya. *Frontiers in Earth Science*, 7. <https://doi.org/10.3389/feart.2019.00107>
- Brun, F., Berthier, E., Wagnon, P., Kääh, A., & Treichler, D. (2017). A spatially resolved estimate of High Mountain Asia glacier mass balances from 2000 to 2016. *Nature Geoscience*, 10(9), 668–673. <https://doi.org/10.1038/ngeo2999>
- Bussh, A. (2022). Forzamiento antropogénico y dinámica del clima y los glaciares. *Sciendirect*, 2(1), 11–16. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809665-9.09795-0>
- Carrivick, J., Boston, C., King, O., James, W., Quincey, D., Smith, M., Grimes, M., & Evans, J. (2019). Accelerated Volume Loss in Glacier Ablation Zones of NE Greenland, Little Ice Age to Present. *Geophysical Research Letters*, 46(3), 1476–1484. <https://doi.org/10.1029/2018GL081383>
- CONCYTEC. (2018). Reglamento de calificación, clasificación y registro de los investigadores del sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación tecnológica - reglamento renacyt. In *CONCYTEC*.
- Dai, A., Zhao, T., & Chen, J. (2018). Climate Change and Drought: a Precipitation and Evaporation Perspective. *Current Climate Change Reports*, 4(3), 301–312. <https://doi.org/10.1007/s40641-018-0101-6>
- Davison, R. M., Martinsons, M. G., & Wong, L. H. M. (2021). The ethics of action research participation. *Information Systems Journal*, 32(3), 573–594. <https://doi.org/10.1111/isj.12363>
- De Franca, M., Garcia, M., & Mancilla, G. (2021). *Estrategias para el aumento de la disponibilidad y mejoramiento de la eficiencia hídrica en América Latina y El Caribe*.
- Dehecq, A., Gourmelen, N., Gardner, A. S., Brun, F., Goldberg, D., Nienow, P. W., Berthier, E., Vincent, C., Wagnon, P., & Trouvé, E. (2019). Twenty-first century glacier slowdown driven by mass loss in High Mountain Asia. *Nature Geoscience*, 12(1), 22–27. <https://doi.org/10.1038/s41561-018-0271-9>
- Dietz, T., Shwom, R., & Whitley, C. (2020). Climate Change and Society. *Annual Review of Sociology*, 46(1), 135–158. <https://doi.org/10.1146/annurev-soc->

121919-054614

- Dobhal, D., Pratap, B., Bhambri, R., & Mehta, M. (2021). Mass balance and morphological changes of Dokriani Glacier (1992–2013), Garhwal Himalaya, India. *Quaternary Science Advances*, 4, 100033. <https://doi.org/10.1016/j.qsa.2021.100033>
- Drenkhan, F., Buytaert, W., Rau, P., & Cachay, W. (2021). *Incrementando la seguridad hídrica en el contexto del derretimiento glaciar en la cuenca del Vilcanota-Urubamba*.
- Estévez, C., Herrera, P., & Tiribocchi, A. (2019). *Garantizar la disponibilidad de agua, su gestión sostenible y el saneamiento para todos: implementación de políticas públicas en América Latina y el Caribe*.
- Flores, R. (2019). *Relación entre el comportamiento dinámico del área glaciar del nevado Santocoronado y las variaciones climáticas del entorno, Moquegua 2019*. Universidad Nacional de Moquegua.
- Harding, E., Franks, N., & Wisden, W. (2019). The Temperature Dependence of Sleep. *Frontiers in Neuroscience*, 13. <https://doi.org/10.3389/fnins.2019.00336>
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. P. (2018). *Metodología de la Investigación : Las Rutas Cuantitativas, Cualitativa y Mixta* (McGRAW-HILL (Ed.); I).
- Hock, R., Bliss, A., Marzeion, B. E. N., Giesen, R. H., Hirabayashi, Y., Huss, M., & C, V. R. (2019). GlacierMIP – A model intercomparison of global-scale glacier mass-balance models and projections. *Revista de Glaciología*, 65(251), 453–467. <https://doi.org/10.1017/jog.2019.22>
- Hugonet, R., McNabb, R., Berthier, É., Menounos, B., Nuth, C., Girod, L., Farinotti, D., Huss, M., Dussaillant, I., Brun, F., & Kaab, A. (2021). *Pérdida global acelerada de masa de glaciares a principios del siglo XXI*.
- Iberdrola. (2023). *Glaciares, los grandes guardianes de la estabilidad del clima del planeta*.
- Inventario de glaciares del peru*. (2014).
- Kok, R. J. De, Kraaijenbrink, P. D. A., Tuinenburg, O. A., & Bonekamp, P. N. J. (2020). Towards understanding the pattern of glacier mass balances in High Mountain Asia using regional climatic modelling. *The Cryosphere*, 1(14), 3215–3234. <https://doi.org/https://doi.org/10.5194/tc-14-3215-2020>
- La República. (2022, May). Cusco: deglaciación del Ausangate causa pánico y destrucción en comunidad de Ocongata. *La República*.
- Leon, E. (2023). *Influencia de la temperatura y la precipitación en el balance de masa glaciar en la cordillera blanca, 1962 - 2020*. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo.
- Liu, Y., Wang, H., Chen, H., Zhang, Z., Li, H., & Liu, B. (2023). Anthropogenic forcing and Pacific internal variability-determined decadal increase in summer

- precipitation over the Asian water tower. *Climate and Atmospheric Science*, 6(1). <https://doi.org/10.1038/s41612-023-00369-4>
- López, C., & De Guzmán, J. P. (2014). Sistemas de navegación satelital. Desarrollo, reglamentación jurídica y trascendencia en el mundo contemporáneo. *Revista de Derecho, Comunicaciones y Nuevas Tecnologías*, 12, 1–17. <https://doi.org/10.15425/redecom.12.2014.09>
- Marzeion, B., Kaser, G., Maussion, F., & Champollion, N. (2018). Limited influence of climate change mitigation on short-term glacier mass loss. *Nature Climate Change*, 8, 305–308.
- Masferrer, C. (2019). Racismo y daguerrotipos. Retratos de personas de origen africano y asiático para Louis Agassiz, 1850. *Panambí. Revista de Investigaciones Artísticas*. <https://doi.org/10.22370/panambi.2019.8.1457>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (1997). *Uso y consumo del agua*.
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, & ANA. (2020). *Perú perdió el 51% de sus glaciares debido al cambio climático*. ANA.
- Mukherjee, K., Bhattacharya, A., Pieczonka, T., Ghosh, S., & Bolch, T. (2018). Glacier mass budget and climate reanalysis data indicate a climatic shift around 2000 in Lahaul-Spiti, western Himalaya. *Climatic Change*, 148(1–2), 219–233. <https://doi.org/10.1007/s10584-018-2185-3>
- Naciones, U. (2018). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe*.
- Norbert, E. (2021). *Sobre el tiempo*.
- Ohno, H., Ohata, T., & Higuchi, K. (2017). *La influencia de la humedad en la ablación de los glaciares de tipo continental*. <https://doi.org/https://doi.org/10.3189/1992AoG16-1-107-114>
- Pradhananga, D., & Pomeroy, J. (2022). Diagnosing changes in glacier hydrology from physical principles using a hydrological model with snow redistribution, sublimation, firnification and energy balance ablation algorithms. *Journal of Hydrology*, 608, 127545. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.127545>
- Recio Blitz, D. P. C. (2019). Balance de masa reciente y dinámica de los glaciares de la Península Hurd (Isla Livingstone, Antártida) en un contexto de clima cambiante. In *Cambridge Univ Press*. Tesis de posgrado, Universidad Complutense de Madrid.
- Rojas, D. (2018). *Relación de las variables meteorológicas y la fusión glaciar de la zona de ablación y acumulación del glaciar Artesonraju y la estimación del volumen de agua aportado a la microcuenca, para los años hidrológicos 2004 al 2016*. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo.
- Sakai, A., & Fujita, K. (2017). Contrasting glacier responses to recent climate change in high-mountain Asia. *Scientific Reports*, 7(1), 1–9. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-14256-5>
- Santiago, A. (2023). *Balance de masa del glaciar Pastoruri mediante el método*

*geodésico empleando tecnología RPA en el periodo 2016*. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo.

Schultz, M., Betancourt, C., Gong, B., Kleinert, F., Langguth, M., Leufen, L., Mozaffari, A., & Stadtler, S. (2021). Can deep learning beat numerical weather prediction? *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 379(2194), 20200097. <https://doi.org/10.1098/rsta.2020.0097>

Seehaus, T., Cook, A., Silva, A., & Braun, M. (2018). Changes in glacier dynamics in the northern Antarctic Peninsula since 1985. *The Cryosphere*, 12(2), 577–594. <https://doi.org/10.5194/tc-12-577-2018>

Sequeiros, L. (2019). 50 años de la teoría de Gaia en el centenario del nacimiento James Lovelock (1919-2019). *Ciencia Religión*.

Taveirne, L., Ekemar, L., Gonzales, B., Axelsson, J., & Zhang, Q. (2021). *Sensibilidad del balance de masa y proyecciones futuras de Rabots Glaciär, Suecia*. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/cli9080126>

Torres Ramos, C. M. (2020). *Modelamiento del balance de energía superficial y masa del glaciar Artesonraju localizado al norte de la Cordillera Blanca – Perú*. Tesis de posgrado, Universidade Federal do Rio Grande.

United Nations Climate Change. (1994). *Qué es la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*.

Valderrama, S., & Velásquez, C. (2019). *El desarrollo de la Tesis* (Editorial).

Vargas, D., Araca, L., Vargas, W., Ochoa, P., Vásquez, A., & Vargas, R. (2020). Desglaciación inducida y cambio local: Nervado Barroso. *Revista Entornos Naturales*, 1. <https://doi.org/https://doi.org/10.51251/revciidi01.v1i1.21>

Zemp, M., Sr, H., Thibert, E., Eckert, R., McNabb, Huber, J., Barandún, M., Machguth, H., SU Nussbaumer, I. G.-R., Thomson, L., Pablo, F., Maussion, F., Kutúzov, S., & Cogley, J. (2019). Cambios en la masa de los glaciares globales y sus contribuciones al aumento del nivel del mar desde 1961 hasta 2016. *Nature*.

### Anexo 1: Matriz de consistencia

#### DINÁMICA GLACIAR Y SU INFLUENCIA EN EL BALANCE DE LA MASA GLACIAR DE DOS NEVADOS: NEVADO AUSANGATE Y NEVADO VERONICA, 1990- 2021

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Definición conceptual	Operacionalización de la variable	Dimensiones	Indicadores	Escala
General	General	General	Variable depen.					
¿Cuál es la influencia de la dinámica glaciar en el balance de masa glaciar de los nevados de Ausangate y Verónica en el periodo de 1990 al 2021?	Determinar la influencia de la dinámica glaciar sobre el balance de la masa glaciar de los nevados de Ausangate y Verónica en el periodo de 1990 al 2021	La dinámica glaciar tiene una influencia significativa sobre el balance de la masa glaciar de los nevados de Ausangate y Verónica en el periodo de 1990 al 2021	Balance de la masa glaciar	El "balance de masa del glaciar" es el cambio neto en el área y perímetro de masa glaciar, que se obtiene de la diferencia entre los componentes de acumulación y ablación de hielo en un glaciar durante un período determinado. Si el balance de masa es positivo, significa que el glaciar ha ganado un espesor y peso, así como en su velocidad de flujo, lo que resulta en un avance del frente	El balance de la masa glaciar se medirá a través de la observación de la acumulación y ablación del hielo través del <i>software</i> ArcGIS en el campo de los "Sistemas de Información Geográfica".	Acumulación de la masa glaciar	Área de masa glaciar acumulada Perímetro de masa glaciar acumulada	Km <sup>2</sup>
						Ablación de la masa glaciar	Área de masa glaciar pérdida Perímetro de masa glaciar pérdida	

				glaciar. Si es negativo, la zona de ablación es mayor que la zona de acumulación, lo que significa que el espesor y el perímetro disminuyen, lo que hace que el frente retroceda (Hock et al., 2019).				
Específicos	Específicos	Específicos	Variable indep.	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	
¿Cuál es la influencia del clima en el balance de masa glaciar de los nevados de Ausangate y Verónica en el periodo de 1990 al 2021?	Determinar la influencia del clima sobre el balance de la masa glaciar de los nevados de Ausangate y Verónica en el periodo de 1990 al 2021	El clima tiene una influencia significativa sobre el balance de la masa glaciar de los nevados de Ausangate y Verónica en el periodo de 1990 al 2021	Dinámica glaciar	Según Bussh (2022), la dinámica glaciar representa las interacciones complejas entre varios sistemas, mecanismos de retroalimentación y procesos. Los factores que influyen en la dinámica glaciar dependen de la variedad de	La variable dinámica glaciar se medirá a través de la observación del clima, tiempo y precipitación a través del <i>software</i> ArcGIS en el campo de los "Sistemas de Información Geográfica".	Clima	Temperatura mínima  Temperatura máxima	Grados Celsius

<p>¿Cuál es la influencia del tiempo en el balance de masa glaciar de los nevados de Ausangate y Verónica en el periodo de 1990 al 2021?</p>	<p>Determinar la influencia del tiempo sobre el balance de la masa glaciar de los nevados de Ausangate y Verónica en el periodo de 1990 al 2021</p>	<p>El tiempo tiene una influencia significativa sobre el balance de la masa glaciar de los nevados de Ausangate y Verónica en el periodo de 1990 al 2021</p>	<p>factores de forzamiento, como el clima, el tiempo y la precipitación.</p>		<p>Tiempo</p>	<p>Años</p>	<p>Año</p>
<p>¿Cuál es la influencia de la precipitación en el balance de masa glaciar de los nevados de Ausangate y Verónica en el periodo de 1990 al 2021?</p>	<p>Determinar la influencia de la precipitación sobre el balance de la masa glaciar de los nevados de Ausangate y Verónica en el periodo de 1990 al 2021</p>	<p>La precipitación tiene una influencia significativa sobre el balance de la masa glaciar de los nevados de Ausangate y Verónica en el periodo de 1990 al 2021</p>				<p>Precipitación</p>	<p>Precipitación</p>

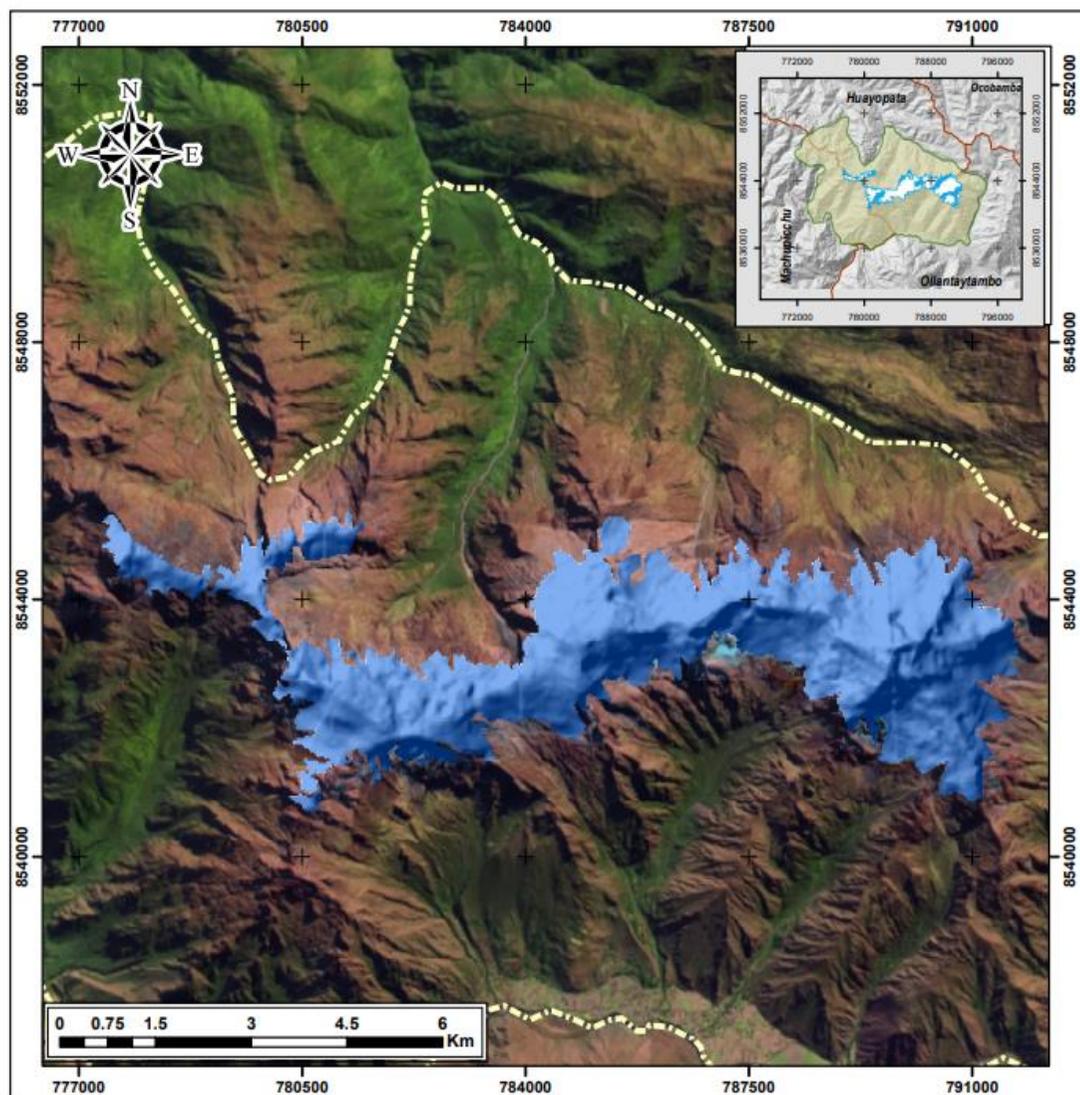
Anexo 2: Instrumento de recolección de datos

 <b>Universidad César Vallejo</b>		<b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL</b>							
<b>FICHA DE RECOLECCIÓN DEL NEVADO</b>									
<b>TITULO DEL PROYECTO</b>		Dinámica glaciar y su influencia en el Balance de la masa glaciar de dos nevados: nevado Ausangate y nevado Verónica, 1990-2021							
<b>RESPONSABLES</b>		Bach. Quispe Mamani Keyko Rocio Bach. Cuellar Delgado Carmen Indira							
<b>Asesor</b>		Dr. Fernando Antonio Sernaque Aucchuasi							
<b>COORDENADAS</b>		<b>NORTE</b>			<b>ESTE</b>				
<b>ALTITUD MAX</b>									
<b>ALTITUD MIN</b>									
		<b>Balance de la masa glaciar</b>			<b>Dinámica de la masa glaciar</b>				
		<b>Acumulación de la masa glaciar</b>		<b>Ablación de la masa glaciar</b>		<b>Clima</b>		<b>Tiempo</b>	<b>Precipitación</b>
<b>ID</b>	<b>Área de masa glaciar acumulado (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Perímetro de masa glaciar acumulado (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Área de masa glaciar perdida (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Perímetro de masa glaciar perdida (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Temperatura máxima (Grados Celsius)</b>	<b>Temperatura mínima (Grados Celsius)</b>	<b>Año</b>	<b>Precipitación (mm/año)</b>	
M1									

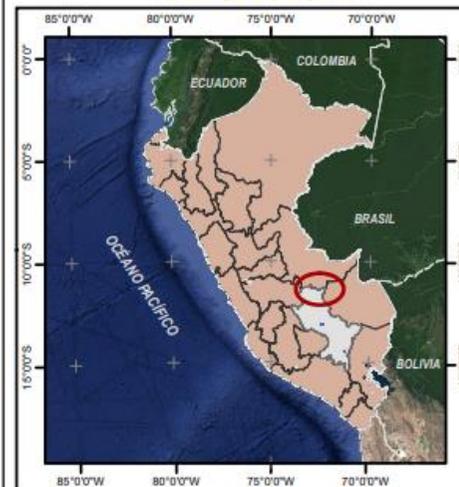
M2								
M3								
M4								
M5								
M6								
M7								
M8								
M9								
M10								
M11								
M12								
M13								
M14								
M15								
M16								
M17								
M18								
M19								
M20								
M21								
M22								
M23								
M24								
M25								
M26								
M27								
M28								
M29								

M30								
M31								
M32								

### Anexo 3: Mapas de los nevados



### UBICACIÓN



### LEYENDA

-  NEVADO VERONICA
-  ÁREA DE ESTUDIO DEL NEVADO VERONICA



**Tema:** DINÁMICA GLACIAR Y SU INFLUENCIA EN EL BALANCE DE LA MASA GLACIAR DE DOS NEVADOS: NEVADO AUSANGATE Y NEVADO VERÓNICA, 1990-2021

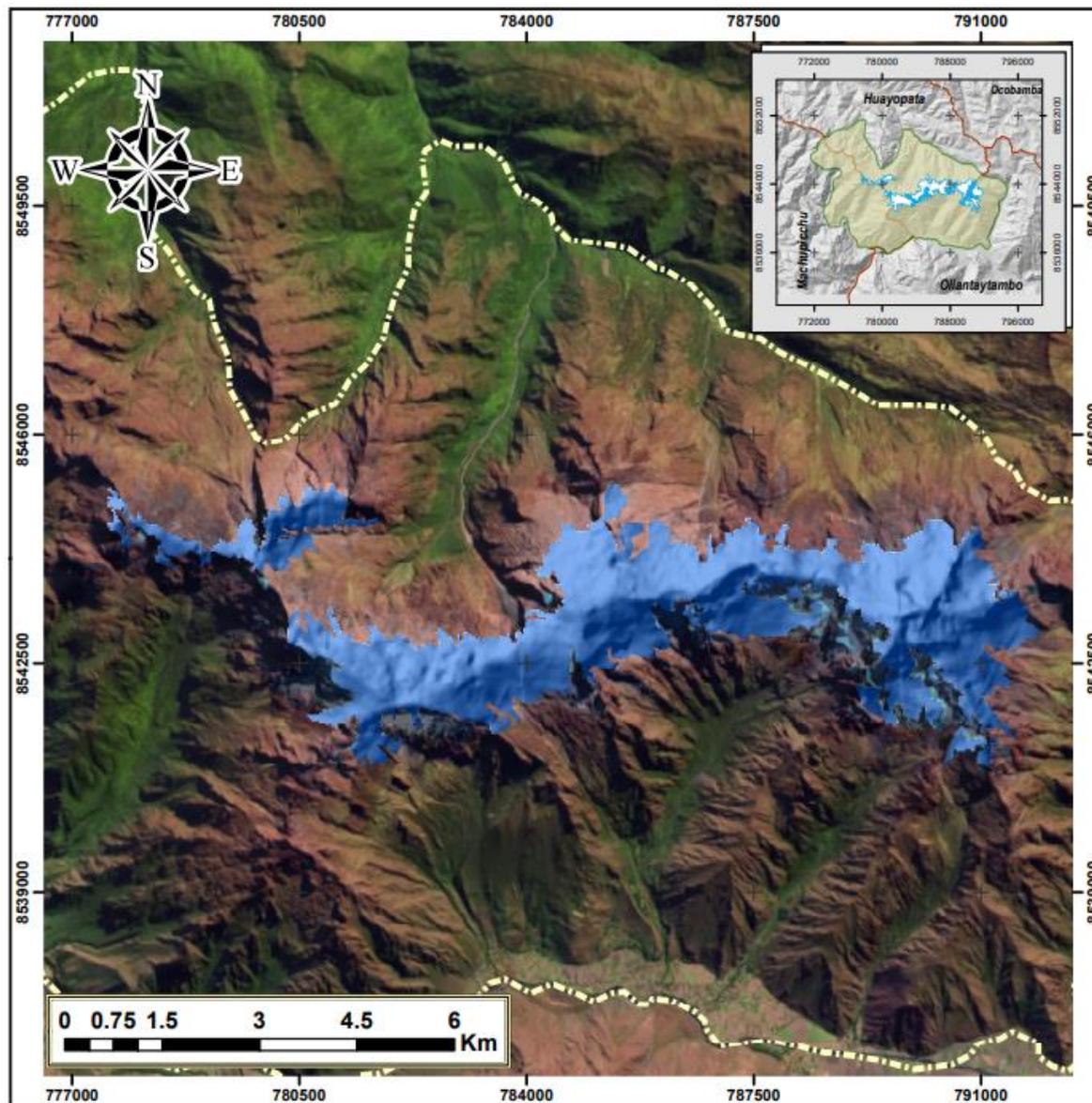
### NEVADO VERONICA DEL AÑO 1990

**ESCALA:** 1:85000      **ZONA:** 18S

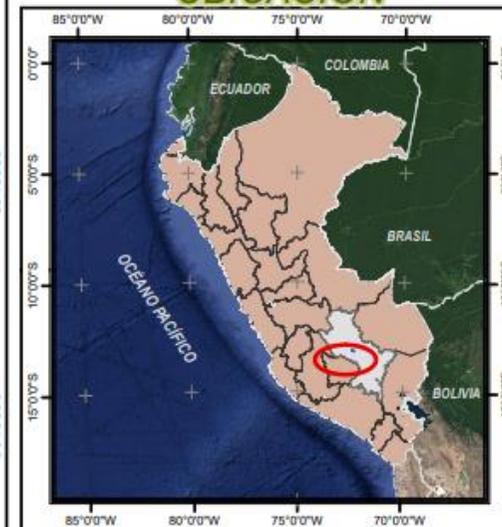
**DATUM:** WGS84      **PROYECCION:** UTM

**N° 07**

**Elaborado por:**  
Carmen Indira Cuellar Delgado  
Keyko Rocío Quispe Mamani



## UBICACIÓN



## LEYENDA

-  NEVADO VERONICA
-  ÁREA DE ESTUDIO DEL NEVADO VERONICA



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

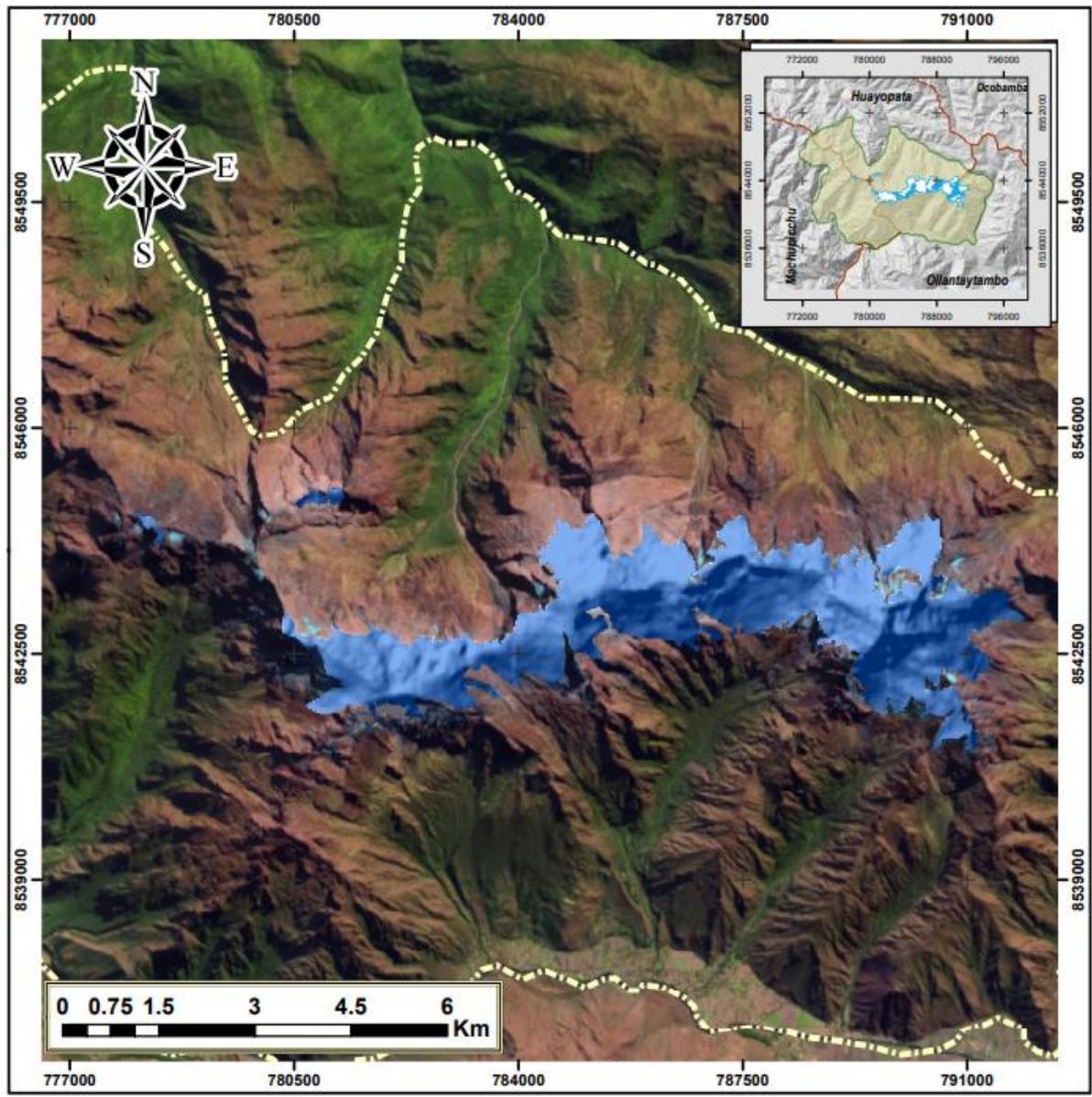
Tema: *DINÁMICA GLACIAR Y SU INFLUENCIA EN EL BALANCE DE LA MASA GLACIAR DE DOS NEVADOS: NEVADO AUSANGATE Y NEVADO VERÓNICA, 1990-2021*

**NEVADO VERONICA DEL AÑO 2000**

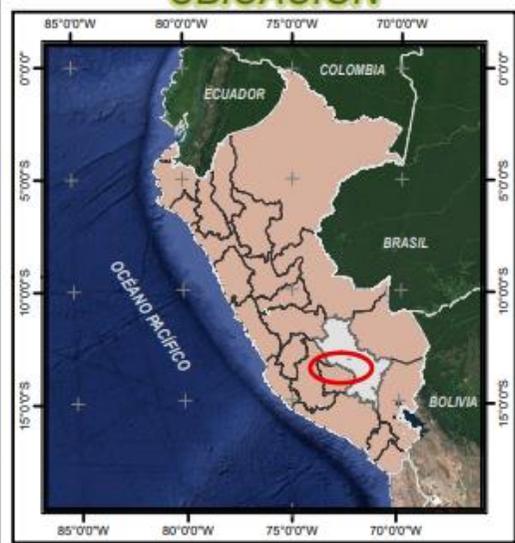
ESCALA: 1:85000	ZONA: 18S
DATUM: WGS84	PROYECCION: UTM

**N° 08**

Elaborado por:  
Carmen Indira Cuellar Delgado  
Keyko Rocío Quispe Mamani



## UBICACIÓN



**LEYENDA**

-  NEVADO VERONICA
-  ÁREA DE ESTUDIO DEL NEVADO VERONICA

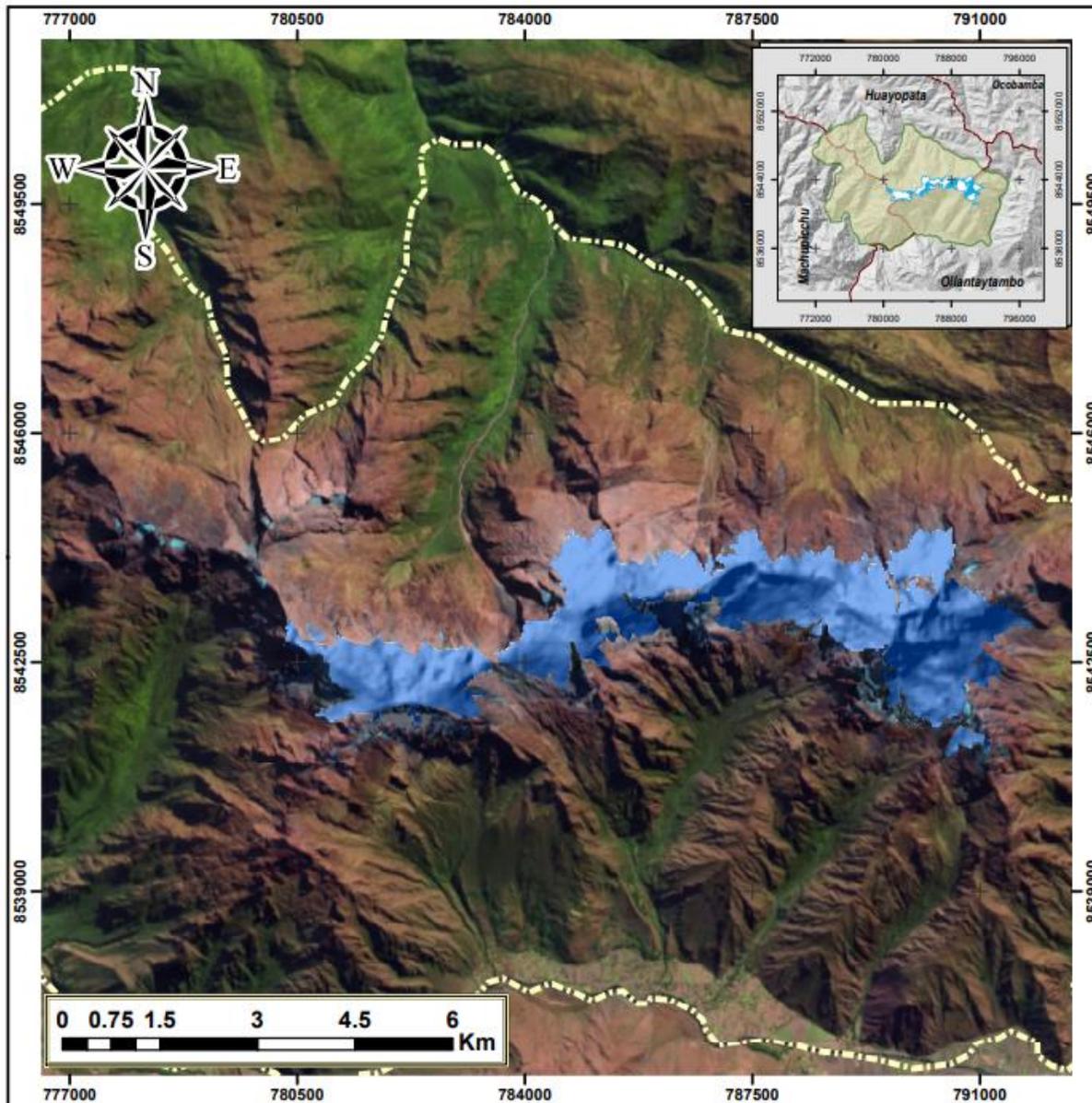
 **UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**Tema:** DINÁMICA GLACIAR Y SU INFLUENCIA EN EL BALANCE DE LA MASA GLACIAR DE DOS NEVADOS: NEVADO AUSANGATE Y NEVADO VERÓNICA, 1990-2021

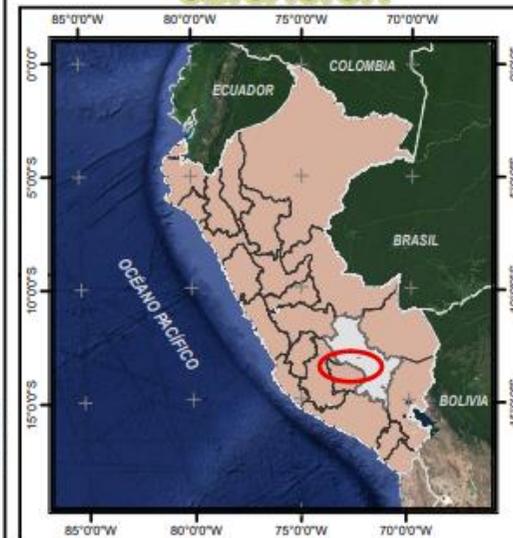
**NEVADO VERONICA DEL AÑO 2010**

<b>ESCALA:</b> 1:85000	<b>ZONA:</b> 18S
<b>DATUM:</b> WGS84	<b>PROYECCION:</b> UTM

**N° 09** *Elaborado por:*  
Carmen Indira Cuellar Delgado  
Keyko Rocio Quispe Mamani



## UBICACIÓN



### LEYENDA

-  NEVADO VERONICA
-  ÁREA DE ESTUDIO DEL NEVADO VERONICA



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

Tema: **DINÁMICA GLACIAR Y SU INFLUENCIA EN EL BALANCE DE LA MASA GLACIAR DE DOS NEVADOS: NEVADO AUSANGATE Y NEVADO VERÓNICA, 1990-2021**

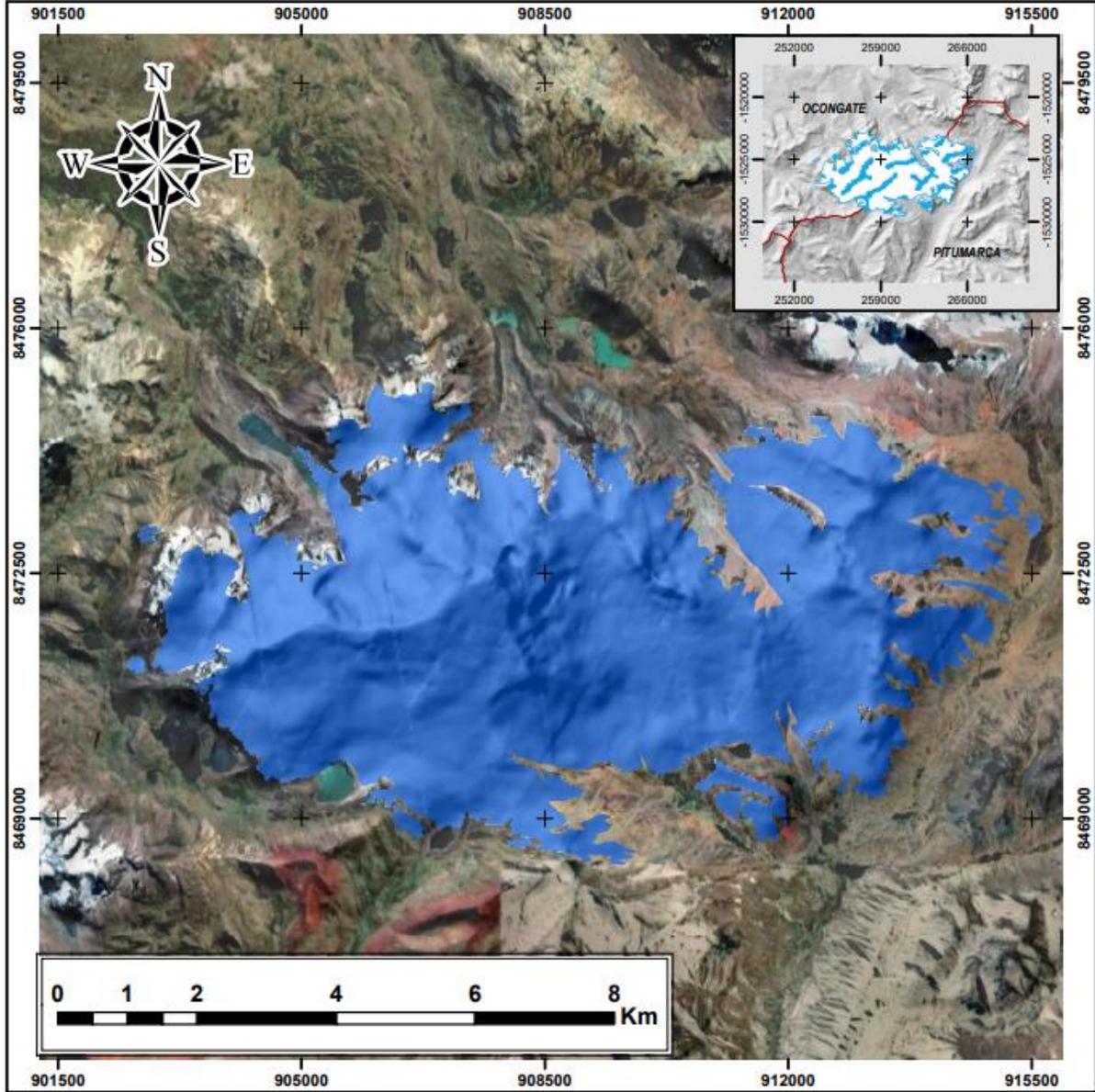
**NEVADO VERONICA DEL AÑO 2020**

ESCALA: 1:85000      ZONA: 18S

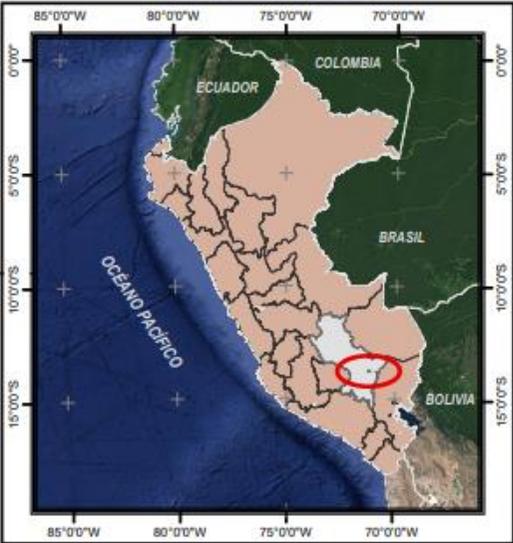
DATUM: WGS84      PROYECCION: UTM

**N° 10**

Elaborado por:  
Carmen Indira Cuellar Delgado  
Keyko Rocio Quispe Mamani



### UBICACIÓN



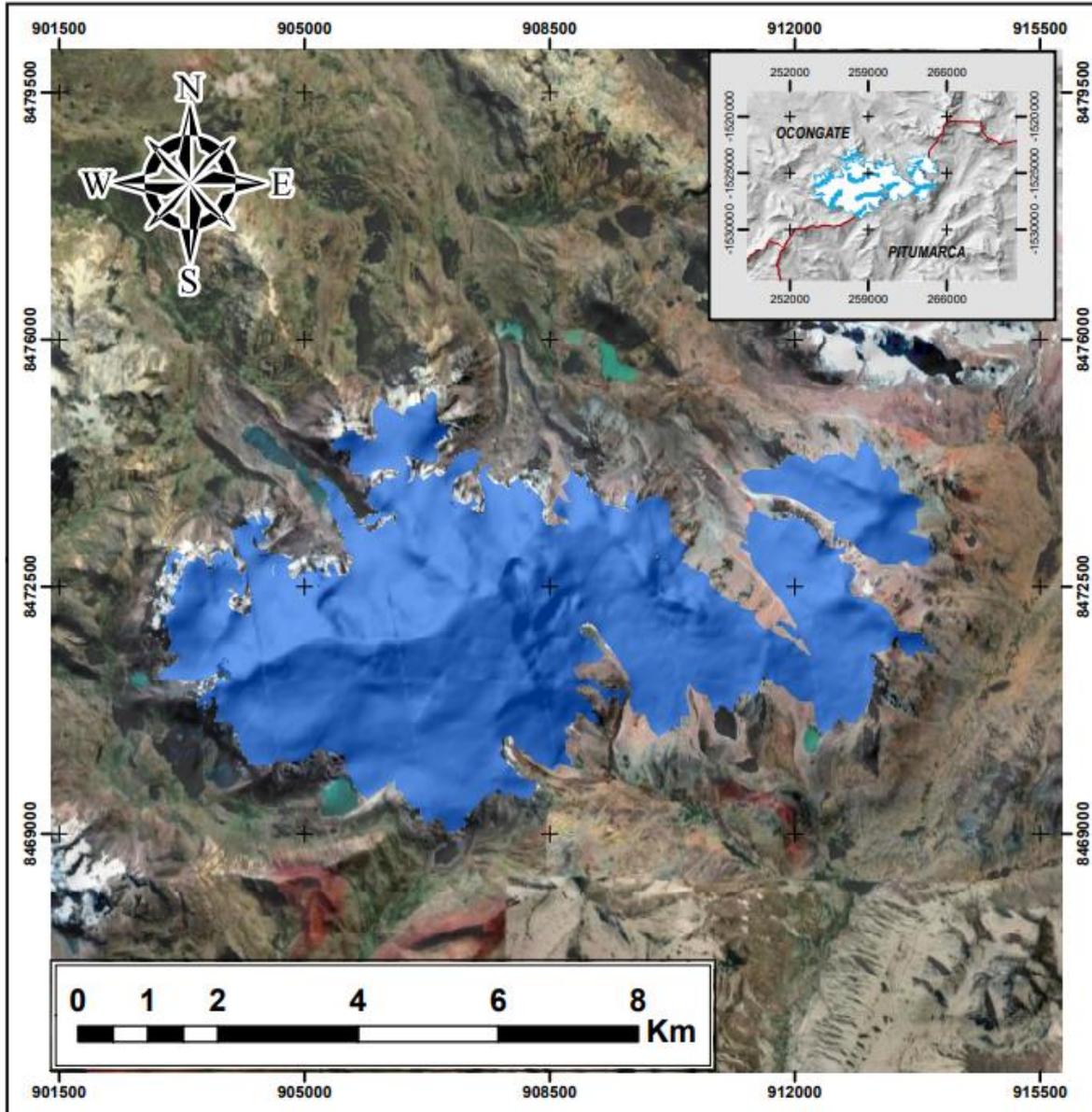
 **UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

Tema: **DINÁMICA GLACIAR Y SU INFLUENCIA EN EL BALANCE DE LA MASA GLACIAR DE DOS NEVADOS: NEVADO AUSANGATE Y NEVADO VERÓNICA, 1990-2021**

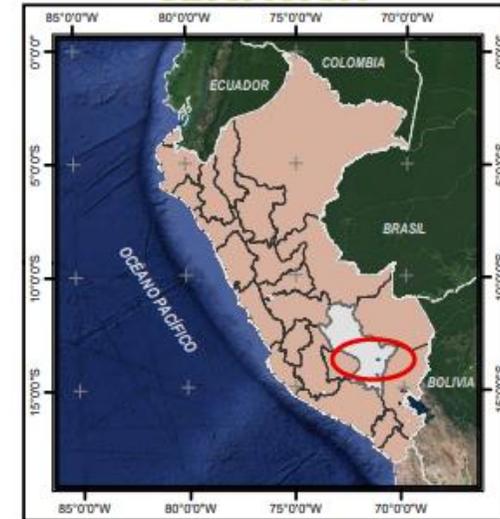
**NEVADO AUSANGATE DEL AÑO 1990**

ESCALA: 1:80000	ZONA: 18S
DATUM: WGS84	PROYECCION: UTM

**N° 02** Elaborado por: Carmen Indira Cuellar Delgado  
Keyko Rocio Quispe Mamani



## UBICACIÓN



## LEYENDA

 NEVADO AUSANGATE

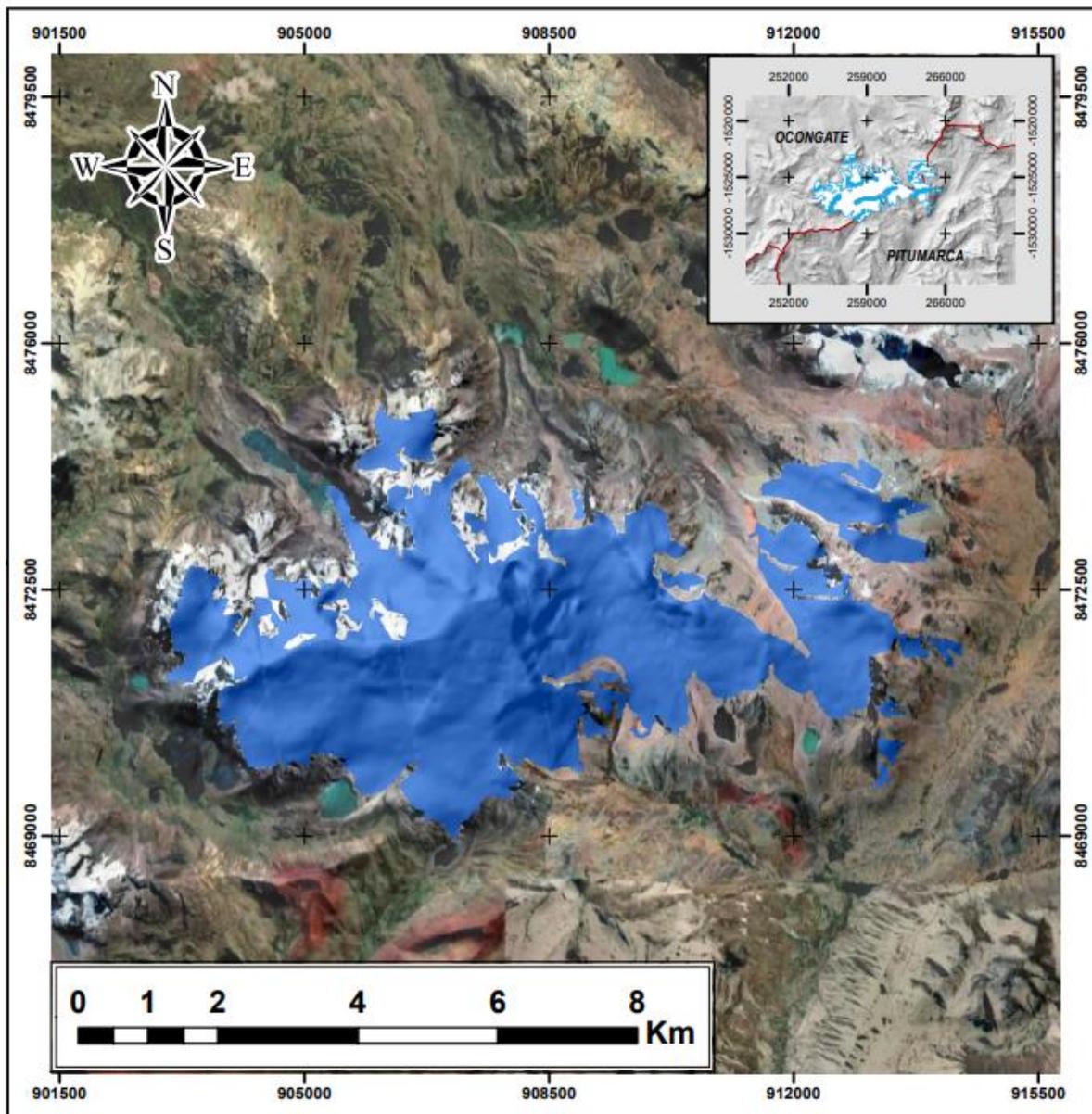


Tema: *DINÁMICA GLACIAR Y SU INFLUENCIA EN EL BALANCE DE LA MASA GLACIAR DE DOS NEVADOS: NEVADO AUSANGATE Y NEVADO VERÓNICA, 1990-2021*

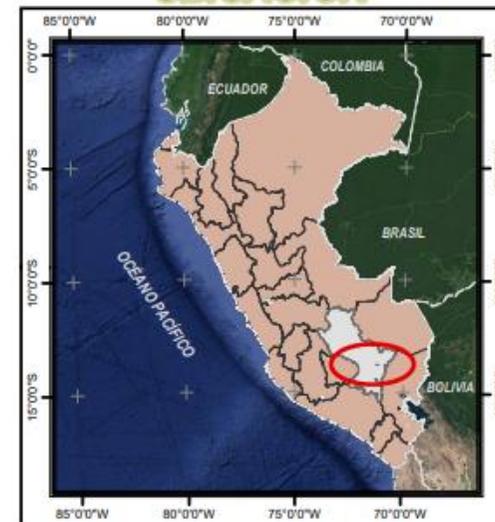
**NEVADO AUSANGATE DEL AÑO 2000**

ESCALA: 1:80000      ZONA: 18S  
 DATUM: WGS84      PROYECCION: UTM

**N° 03**      Elaborado por: Carmen Indira Cuellar Delgado  
 Keyko Rocio Quispe Mamani



## UBICACIÓN



## LEYENDA

 NEVADO AUSANGATE



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

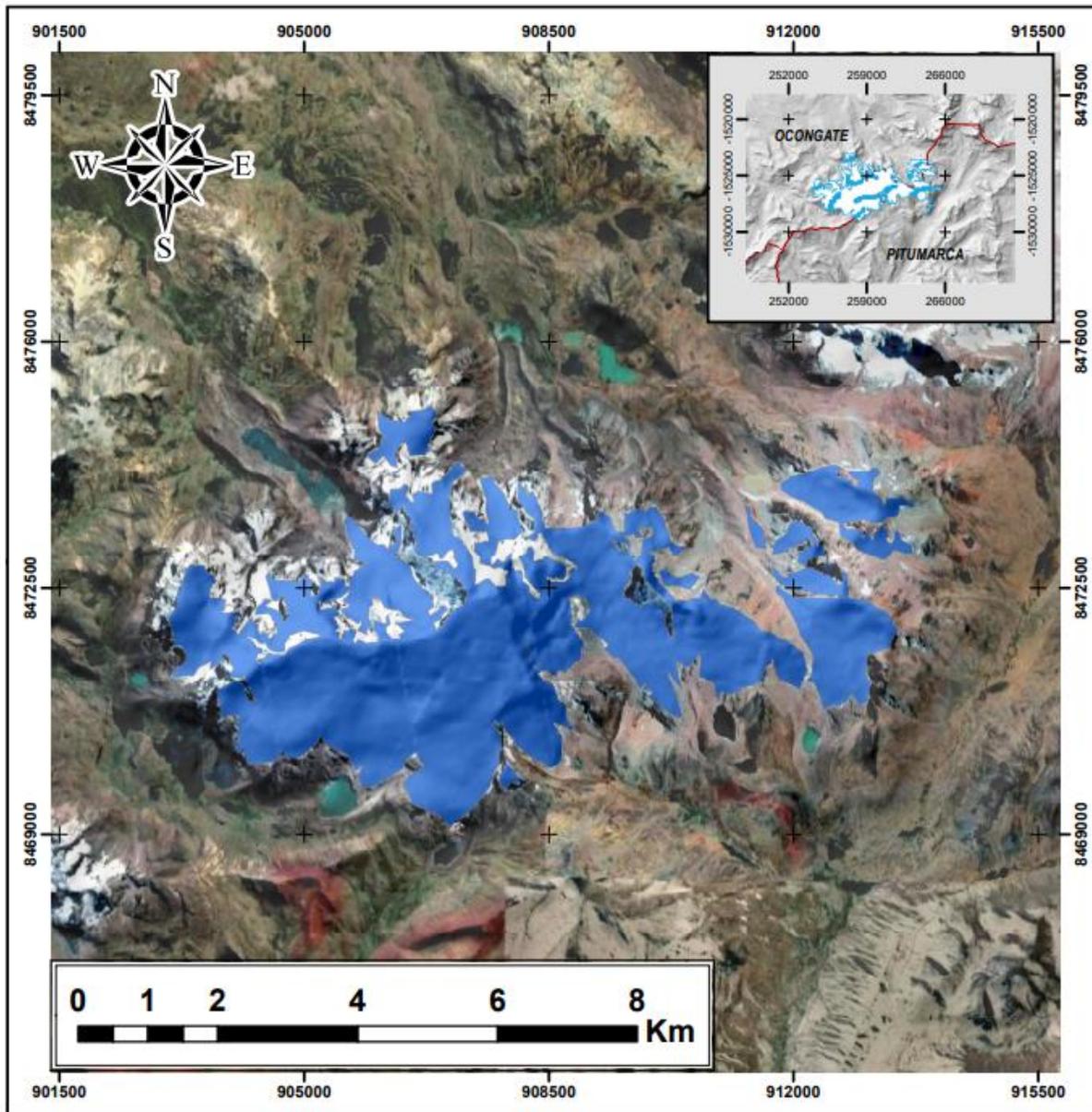
Tema: **DINÁMICA GLACIAR Y SU INFLUENCIA EN EL BALANCE DE LA MASA GLACIAR DE DOS NEVADOS: NEVADO AUSANGATE Y NEVADO VERÓNICA, 1990-2021**

**NEVADO AUSANGATE DEL AÑO 2010**

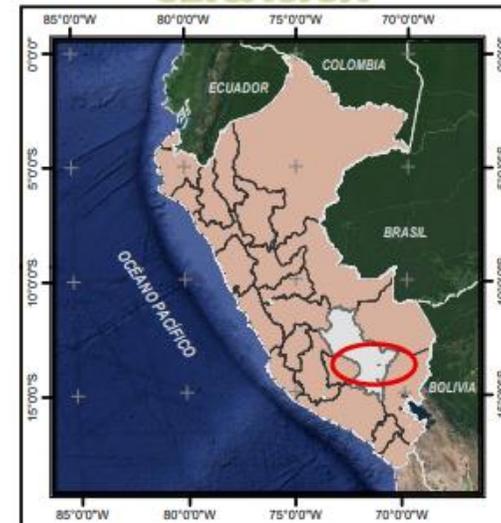
ESCALA: 1:80000      ZONA: 18S

DATUM: WGS84      PROYECCION: UTM

**N° 04** Elaborado por: Carmen Indira Cuellar Delgado  
Keyko Rocio Quispe Mamani



## UBICACIÓN



## LEYENDA

 NEVADO AUSANGATE



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Tema: *DINÁMICA GLACIAR Y SU INFLUENCIA EN EL BALANCE DE LA MASA GLACIAR DE DOS NEVADOS: NEVADO AUSANGATE Y NEVADO VERÓNICA, 1990-2021*

**NEVADO AUSANGATE DEL AÑO 2020**

ESCALA: 1:80000

ZONA: 18S

DATUM: WGS84

PROYECCION: UTM

**N° 05**

Elaborado por: Carmen Indira Cuellar Delgado  
Keyko Rocio Quispe Mamani

## Anexo 4: Validación de instrumentos

### Primer validador

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Mg. Cabello Torres Rita Jaqueline
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad César Vallejo
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Recursos Naturales
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: : Ficha de recolección de datos para determinar la influencia de la dinámica glaciar sobre el balance de la masa glaciar de los nevados de Ausangate y Verónica
- 1.5. Autor (A) de Instrumento: Keyko Rocio Quispe Mamani – Carmen Indira Cuellar Delgado

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

X

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%
-----



Lima, 24 de Diciembre de 2023

NOMBRE: Mg. Cabello Torres Rita Jaqueline

CIP: 145791

## Segundo validador

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. Eduardo Ronald Espinoza Farfan
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad César Vallejo
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Recursos Naturales
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: : Ficha de recolección de datos para determinar la influencia de la dinámica glaciaria sobre el balance de la masa glaciaria de los nevados de Ausangate y Verónica
- 1.5. Autor (A) de Instrumento: Keyko Rocío Quispe Mamani – Carmen Indira Cuellar Delgado

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

X

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%
-----



Lima, 24 de Diciembre de 2023

NOMBRE: Dr. Eduardo Ronald Espinoza Farfan  
CIP: 92135

## Tercer validador

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Mg. Alcides Garzon Flores
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad César Vallejo
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Recursos Naturales
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: : Ficha de recolección de datos para determinar la influencia de la dinámica glaciar sobre el balance de la masa glaciar de los nevados de Ausangate y Verónica
- 1.5. Autor (A) de Instrumento: Keyko Rocio Quispe Mamani – Carmen Indira Cuellar Delgado

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN



Lima, 24 de Diciembre de 2023

NOMBRE: Mg. Alcides Garzon Flores  
CIP: 212079

## Anexo 5: Base de datos

Estación:	Fuente: SENAMHI								
Nevado Verónica									
Año	Precipitación Acumulada - Anual (mm/año)	Temperatura Máxima (°C)	Temperatura Mínima (°C)	ÁREA M <sup>2</sup>	ÁREA KM <sup>2</sup>	PERÍMETRO	Ablación de la masa glaci ar (km <sup>2</sup> )	Acumulación de la masa glaci ar (mk <sup>2</sup> )	N <sup>ro</sup> de fragmentos
1990	540.00	0.00	0.00	2396691 9.6	23.9 7	88.92	0.00	0.00	7.00
1991	475.15	0.00	0.00	2159101 1.5	21.5 9	87.10	2.38	0.00	11
1992	420.99	0.00	0.00	1987111 6.1	19.8 7	85.70	1.72	0.00	10.00
1993	563.44	0.00	0.00	2175543 5.2	21.7 6	88.50	0.00	1.88	11.00
1994	738.93	0.00	0.00	1927885 8.7	19.2 8	80.30	2.48	0.00	12.00
1995	376.15	0.00	0.00	1872747 0.2	18.7 3	78.50	0.55	0.00	11.00
1996	434.47	0.00	0.00	2286137 6.5	22.8 6	76.50	0.00	4.13	19.00
1997	364.90	19.57	5.99	1764997 4.7	17.6 5	77.60	5.21	0.00	14.00
1998	476.00	24.22	8.28	1621591 1.5	16.2 2	76.90	1.43	0.00	10.00
1999	496.60	20.26	7.16	1566584 6.7	15.6 7	79.00	0.55	0.00	10.00
2000	468.50	22.18	7.60	1869093 9.1	18.6 9	80.10	0.00	3.03	11.00
2001	794.20	21.58	7.63	1873565 2.96	18.7 4	81.00	0.00	0.04	11.00
2002	724.50	21.82	8.08	1674494 5.3	16.7 4	76.00	1.99	0.00	7.00
2003	559.30	22.72	8.16	1624727 3.20	16.2 5	75.00	0.50	0.00	13.00
2004	601.80	22.28	8.24	1436016 2.4	14.3 6	74.80	1.89	0.00	9.00
2005	439.00	23.36	8.22	1435384 2.6	14.3 5	73.50	0.01	0.00	8.00
2006	703.50	22.57	8.11	1606756 2.9	16.0 7	74.50	0.00	1.71	6.00
2007	533.50	22.48	8.22	1377170 0.9	13.7 7	68.00	2.30	0.00	7.00
2008	643.80	22.55	8.20	1582615 9.9	15.8 3	72.50	0.00	2.05	8.00

2009	525.70	23.34	8.59	1389775 2.6	13.9 0	67.80	1.93	0	9.00
2010	902.60	23.76	8.66	1443043 3.2	14.4 3	67.90	0.00	0.53	8.00
2011	678.00	22.68	8.19		0.00		14.43	0.00	0.00
2012	617.30	23.00	7.95		0.00		0.00	0.00	0.00
2013	745.00	22.77	7.83	1560302 3.20	15.6 0	68.10	0.00	15.6	9.00
2014	582.20	22.82	8.02	1450502 3.20	14.5 1	66.90	1.10	0.00	11.00
2015	460.40	21.77	7.47	1369495 0.9	13.6 9	66.10	0.81	0.00	11.00
2016	502.79	22.93	8.76	1581030 2.6	15.8 1	68.40	0.00	2.12	13.00
2017	448.40	21.93	7.97	1278762 9.4	12.7 9	65.20	3.02	0.00	11.00
2018	686.40	22.20	7.34	1295565 5.20	12.9 6	65.90	0.00	0.17	13.00
2019	597.30	22.47	6.93	1379999 7.2	13.8 0	66.30	0.00	0.84	8.00
2020	444.80	19.15	5.89	1119478 2.3	11.1 9	60.20	2.61	0.00	9.00
2021	433.70	22.90	7.28	1191191 1.5	11.9 1	62.93	-0.72	0.00	9.00

Estación:	CCATC CA	Fuente: SENAMHI								
Nevado Ausangate										
Año	Precipi tación Acumu lada - Anual (mm/a ño)	Tempe ratura Maxim a (°C)	Tempe ratura Minim a (°C)	A Ñ O	AREA M2	AREA KM2	PERIM ETRO	Abla ción de la mas a glaci ar (km 2)	Acumu lación de la masa glaci ar (mk2)	Nro de fragm entos
1990	461.40	13.37	1.31	19 90	47559 897.21	47.56	127.46	0.00	0.00	6.00
1991	808.30	14.71	0.77	19 91	42046 104.20	42.05	131.02	5.51	0.00	8
1992	538.30	14.87	0.40	19 92	38833 745.49	38.83	107.14	3.21	0.00	8.00
1993	686.20	14.51	0.58	19 93	37338 707.90	37.34	98.46	0.00	1.88	3.00
1994	685.30	14.81	0.30	19 94	36272 566.14	36.27	81.60	1.07	0.00	2.00
1995	537.90	15.08	1.06	19 95	32164 945.86	32.16	81.00	4.11	0.00	3.00
1996	557.30	14.70	0.49	19 96	32476 447.59	32.48	81.48	0.00	4.13	7.00
1997	569.50	14.89	0.50	19 97	33214 531.59	33.21	86.70	-0.74	0.00	8.00
1998	443.60	16.60	0.86	19 98	27772 792.51	27.77	117.88	5.44	0.00	11.00
1999	591.50	14.75	0.00	19 99	32303 640.25	32.30	85.07	-4.53	0.00	5.00
2000	576.50	15.01	1.01	20 00	33366 017.40	33.37	86.07	0.00	3.03	5.00
2001	931.20	14.47	1.96	20 01	33552 903.27	33.55	96.89	0.00	0.04	10.00
2002	878.90	14.49	2.45	20 02		0.00		33.55	0.00	13.00
2003	621.40	15.56	1.73	20 03	32032 231.26	32.03	90.98	- 32.03	0.00	5.00
2004	748.90	14.36	1.52	20 04	30775 293.29	30.78	86.05	1.26	0.00	7.00
2005	541.10	14.78	1.41	20 05	28612 733.68	28.61	98.79	2.16	0.00	6.00
2006	757.10	15.31	1.77	20 06	29820 647.80	29.82	107.15	0.00	1.71	11.00

2007	565.50	15.40	2.10	20 07	27853 914.13	27.85	98.01	1.97	0.00	5.00
2008	714.70	14.89	2.36	20 08	28343 051.10	28.34	107.95	0.00	2.05	7.00
2009	630.30	15.31	2.63	20 09	27968 482.80	27.97	98.33	0.37	0	6.00
2010	683.20	16.25	2.58	20 10	28385 239.36	28.39	108.53	0.00	0.53	12.00
2011	830.20	14.99	2.55	20 11	27828 532.83	27.83	93.00	0.56	0.00	4.00
2012	713.30	15.14	2.10	20 12						
2013	879.30	15.48	2.09	20 13	27685 140.20	27.69	102.20	0.00	15.6	8.00
2014	376.80	10.22	1.94	20 14	27178 856.35	27.18	106.85	0.51	0.00	5.00
2015	873.40	15.52	2.14	20 15	27106 286.88	27.11	125.57	0.07	0.00	11.00
2016	1518.5 0	15.68	2.89	20 16	25295 296.57	25.30	111.15	0.00	2.12	10.00
2017	569.38	16.07	3.11	20 17	25996 146.46	26.00	115.73	-0.70	0.00	6.00
2018	882.50	14.88	2.70	20 18	25994 731.08	25.99	96.67	0.00	0.17	4.00
2019	226.95	15.92	2.64	20 19	23693 635.49	23.69	91.05	0.00	0.84	8.00
2020	562.40	16.01	2.34	20 20	23218 363.76	23.22	113.58	0.48	0.00	9.00
2021	595.20	15.86	2.49	20 21	23186 317.70	23.19	115.89	0.03	0.00	8.00

## Anexo 6: Evidencias fotográficas



