



FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

**EVOLUCIÓN DE LA COBERTURA GLACIAR DEL PASTORURI Y SU INFLUENCIA
EN LA DEMANDA TURÍSTICA DEL PARQUE NACIONAL HUASCARÁN**

Línea de investigación:

Biodiversidad, ecológica y conservación

Tesis para optar el título profesional de Ingeniera en Ecoturismo

Autora:

Escate Gastañaga, Ivana Karina

Asesor:

Zamora Talaverano, Noé Sabino

ORCID: 0000-0002-4368-8955

Jurado:

Osorio Rojas, Eberardo Antonio

Valdivia Orihuela, Braulio Armando

Portuguez Yactayo, Hubert Orlando

Lima - Perú

2024



“EVOLUCIÓN DE LA COBERTURA GLACIAR DEL PASTORURI Y SU INFLUENCIA EN LA DEMANDA TURÍSTICA DEL PARQUE NACIONAL HUASCARÁN”

INFORME DE ORIGINALIDAD

27%

INDICE DE SIMILITUD

26%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	7%
2	investigacion.minam.gob.pe Fuente de Internet	3%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
4	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	moam.info Fuente de Internet	1%
6	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	1library.co Fuente de Internet	<1%
8	www.researchgate.net Fuente de Internet	<1%



FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

EVOLUCIÓN DE LA COBERTURA GLACIAR DEL PASTORURI Y SU INFLUENCIA EN LA DEMANDA TURÍSTICA DEL PARQUE NACIONAL HUASCARÁN

**Línea de investigación:
Biodiversidad, ecología y conservación**

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero en Ecoturismo

Autora:

Escate Gastañaga, Ivana Karina

Asesor:

Zamora Talaverano, Noé Sabino

ORCID: 0000-0002-4368-8955

Jurado:

Osorio Rojas, Eberardo Antonio

Valdivia Orihuela, Braulio Armando

Portuguez Yactayo, Hubert Orlando

Lima – Perú

2024

Para ti investigador(a), que ya me tienes en tus manos.

Después de pensar, por muchos años, que mi vida tenía solo la dirección hacia el dolor, rechazo y abuso; puedo decir con certeza que todo lo que pasamos tiene un propósito divino para ser nuestra mejor versión, y, sobre todo, ser mejores seres humanos en esta fugaz visita llamada vida. No hay nada que no se pueda arreglar, no hay sufrimiento que dure cien años, no hay muerte que solucione un problema, no hay abuso que te haga mejor persona y no hay vida haciendo el mal al otro.
AMA, PERSEVERA Y LUCHA SIEMPRE POR TUS SUEÑOS.”

Ivana Escate.

«Todo lo puedo en Cristo que me fortalece» Filipenses 4:13

Dedicatoria

A mi amado DIOS por nunca soltar mi mano, por amarme con todos mis defectos y errores, por restaurar mis ruinas desmoronadas y por ayudarme cuando menos lo esperaba, pero más lo necesitaba para poder lograr mis metas y en especial esta tesis.

A mis padres Felipe Iván Escate Ramos y Karina Gastañaga Pelayo por hacer realidad mi sueño de ser profesional, por su paciencia, gran sacrificio y amor incondicional, lo cual, me demostró cada segundo que nunca dudaron de mí.

A mi abuela Aidé Lilia Pelayo Granados por ser mi soporte y mi ángel encarnado que nunca me dejó sola y siempre impulsó la culminación de esta tesis en mis momentos de oscuridad.

A mis hermanas Diana, Patricia y Alanis por siempre alentarme y darme alegrías, risas, amor y siempre aplaudir mis pequeños logros.

A mi compañero de vida Robert Jerson Chávez Zambrano, quien con su paciencia, amor y apoyo incondicional pudo pulir esta investigación y otros aspectos de mi vida de la mano de Dios.

Agradecimientos

A mi asesor, el Dr. Noé Zamora Talaverano, gracias por ser la primera persona y profesional en la UNFV que apostó por mí, por enseñarme que no importa que tan difícil se ponga las cosas o las personas, uno siempre puede salir adelante y destacar. Gracias por creer en esta investigación, darle grandes aportes y por su paciencia todos estos años.

A mi co-asesor, el Dr. Christian Pedro Yarleque Gálvez, por haber sido la segunda persona en creer en el potencial y valor de esta tesis. Gracias doctor por cada hora invertida en las correcciones, apoyo y nuevos enfoques dados para hacer de esta tesis una gran contribución en temas de Cambio Climático.

A la Dra. Doris Esenarro Vargas, por ser mi ángel en la universidad, por siempre haber creído en mí, por su gran apoyo y aliento para esta tesis y otras investigaciones que me llevaron a lugares que jamás pensé llegar.

Al Parque Nacional Huascarán (PNH), en especial a los especialistas Jhonatan Castillo Haro y Edson Ramírez Henostroza, por su apoyo incondicional en la proporción de información turística, por la logística, aportes y guía especializada en el sector para esta tesis.

Al Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM) por el apoyo en la proporción de data climática, difusión de esta investigación y por velar científicamente los glaciares de nuestro país. Asimismo, agradezco en especial al subdirector Ing. Juan Carlos Torres Lázaro, al especialista de alta montaña Ing. Enver Melgarejo Romero y al Dr. Efraín Turpo Cayo por la guía, soporte y corrección especializado en la realización del primer objetivo de esta investigación.

Al Ministerio del Ambiente (MINAM) por declarar esta investigación como una de las ganadoras en Cambio Climático, por todo el soporte para realizar y publicar su Policy Brief dentro del Observatorio Nacional de Investigación Ambiental (ONIA).

Al Centro de Investigación y Gestión del Agua (CEIGA y actualmente INEIGA) por enseñarme no solo los buenos conocimientos que tengo en investigación, sino que también me enseñaron a que investigar alabando a Dios es muchísimo más fructífero.

A mis compañeros y buenos amigos José Hitoshi, Alejandro Aldana, Karina Marquina, Pilar Ccorimanya, Junior Alexis Pérez, Brayam Espinoza, Julia Jauregui y Julio Yataco por ayudarme en su momento en alguna actividad u proceso de esta investigación, por su apoyo incondicional y creer en mí.

ÍNDICE

RESUMEN	18
<hr/>	
ABSTRACT	19
<hr/>	
I. INTRODUCCIÓN	20
<hr/>	
1.1. DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	21
1.1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	21
<i>1.1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</i>	22
Problema General.	22
Problemas Específicos.	22
1.2. ANTECEDENTES	23
1.2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES	23
1.2.2. ANTECEDENTES NACIONALES	25
1.3. OBJETIVOS	31
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	31
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	31
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	31
1.5. HIPÓTESIS	32
1.5.1. HIPÓTESIS GENERAL	32
1.5.2. HIPÓTESIS ESPECIFICAS	32
1.6. IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN	33
1.7. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	33
II. MARCO TEÓRICO	34
<hr/>	
2.1. BASES TEÓRICAS SOBRE EL TEMA DE INVESTIGACIÓN	34
2.1.1. MARCO CONCEPTUAL	34
2.1.1.1. Concepto de variables.	34
2.1.1.2. Conceptos Generales.	34
2.1.2. BASES TEÓRICAS	36
2.1.2.1. Los Glaciares.	36

A. Clasificación de Glaciares.	37
B. Formación.	42
C. Dinámica de los Glaciares.	43
D. Distribución del Agua.	45
E. Importancia de los Glaciares.	46
F. Glaciares y Cambio Climático.	48
2.1.2.2. Turismo.	51
A. Turismo en el Perú.	51
B. Cambio Climático y Turismo.	52
2.1.2.3. Teledetección.	55
A. Clasificación de los Sensores.	56
B. Principios Físicos de la Teledetección.	58
C. Imágenes Satelitales.	59
D. Programa Landsat.	61
E. Google Earth Engine (GEE).	66
F. Sistemas de Información Geográfica (SIG).	67
2.1.3. MARCO LEGAL	68
2.1.3.1. Normas Nacionales.	68
2.1.3.2. Normas y/o Tratados Internacionales.	69

III. MÉTODO **71**

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	71
3.1.1. TIPO DE LA INVESTIGACIÓN	71
3.1.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN	71
3.1.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	71
3.2. ÁMBITO TEMPORAL Y ESPACIAL	71
3.2.1. ÁMBITO TEMPORAL	71
3.2.2. ÁMBITO ESPACIAL	71
3.2.2.1. Ubicación	71
A) Ubicación Política.	71
B) Ubicación Hidrográfica.	72
C) Localización Geográfica.	72
3.2.2.2. Descripción del Glaciar Pastoruri.	73

A) Aspectos Climáticos.	73
B) Aspectos Topográfica (pendiente).	74
C) Aspectos Geológicos.	75
D) Aspectos Geomorfológicos.	77
E) Cobertura Vegetal.	79
3.3. VARIABLES	81
3.3.1. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	82
3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA	83
3.4.1. POBLACIÓN	83
3.4.2. MUESTRA	83
3.5. INSTRUMENTOS	83
3.5.1. EQUIPOS	83
3.5.2. SOFTWARE	84
3.5.3. MATERIALES ESTADÍSTICOS	84
3.5.4. CARTOGRAFÍA	84
3.6. PROCEDIMIENTO	86
3.6.1. EVOLUCIÓN GLACIAR CON GOOGLE EARTH ENGINE Y SIG	86
3.6.1.1. Índice De Diferencia Normalizada De Nieve (NDSI).	89
3.6.1.2. Análisis del Coeficiente de Correlación entre la Evolución de la Cobertura Glaciar y el Tiempo.	90
3.6.1.3. Tasa de Cambio Anual.	91
3.6.1.4. Tasa de Retroceso.	91
3.6.1.5. Escenarios Futuros.	92
3.6.2. EVALUACIÓN DE LA DEMANDA TURÍSTICA.	92
3.6.2.1. Análisis del Coeficiente de Correlación entre el Tiempo y la Demanda Turística.	94
3.6.3. EVALUACIÓN DE LA DEMANDA TURÍSTICA Y EVOLUCIÓN GLACIAR	94
3.6.3.1. Análisis de Correlación entre la Demanda Turística y la Evolución Glaciar.	94
3.6.3.2. Encuestas para el Entendimiento de Influencia entre la Demanda Turística y la Evolución Glaciar.	94
3.6.3.3. Entrevista a Pobladores y Entidades Competentes.	95
3.6.4. ESTIMACIÓN DEL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL TURISMO POR DESGLACIACIÓN	95
3.7. ANÁLISIS DE DATOS	97
3.8. CONSIDERACIONES ÉTICAS	97

IV. RESULTADOS	98
4.1. DETERMINACIÓN DE LOS CAMBIOS EN LA COBERTURA GLACIAR	98
4.1.1. CUANTIFICACIÓN DEL ÁREA GLACIAR	98
4.1.2. TASA DE RETROCESO DEL ÁREA GLACIAR	100
4.1.2.1. Correlación Tiempo – Área glaciar.	100
4.1.2.2. Tasa de Cambio Promedio Anual (Tc).	101
4.1.3. ESCENARIOS FUTUROS DE LA COBERTURA GLACIAR DE PASTORURI	103
4.2. EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA DEMANDA TURÍSTICA	105
4.2.1. CUANTIFICACIÓN DE LA DEMANDA TURÍSTICA	105
4.2.2. CORRELACIÓN TIEMPO – DEMANDA TURÍSTICA	106
4.3. DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN ENTRE LA DEMANDA TURÍSTICA Y EL ÁREA GLACIAR	109
4.3.1. ANÁLISIS DE CORRELACIÓN ENTRE LA DEMANDA TURÍSTICA Y LA EVOLUCIÓN GLACIAR	109
4.3.2. ENCUESTAS PARA EL ENTENDIMIENTO DE LA INFLUENCIA ENTRE LA DEMANDA TURÍSTICA Y LA EVOLUCIÓN GLACIAR	111
4.3.2.1. Datos Generales.	112
4.3.2.2. Preguntas de Encuesta.	115
4.4. ESTIMACIÓN DEL IMPACTO DE LA DEMANDA TURÍSTICA DEL GLACIAR PASTORURI EN UN CONTEXTO DE CAMBIO CLIMÁTICO	127
4.4.1. ANÁLISIS DE LA TEMPERATURA DEL GLACIAR PASTORURI	127
4.4.2. CAMBIO DE LAS VARIABLES DE EVALUACIÓN A TRAVÉS DEL TIEMPO	128
4.4.3. IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL SECTOR TURISMO DEL GLACIAR PASTORURI	131
4.4.3.1. Impacto del Área Glaciar por Cambio de la Temperatura.	131
4.4.3.2. Impacto de la Demanda Turística por Cambio de la Temperatura.	134
4.4.3.3. Impacto de la Demanda Turística por el Retroceso Glaciar.	136
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	138
VI. CONCLUSIONES	143
VII. RECOMENDACIONES	148

	10
7.1. RECOMENDACIONES TÉCNICAS	148
7.2. RECOMENDACIONES A TOMADORES DE DECISIONES	149
<u>VIII. REFERENCIA</u>	<u>151</u>
<u>IX. ANEXOS</u>	<u>167</u>

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución de densidad y temperatura en glaciares de clasificaciones térmicas.....	39
Figura 2. Fases de transformación de nieve a hielo.....	42
Figura 3. Esquema general de las partes de un glaciar y zonas circundantes	44
Figura 4. Distribución del agua a nivel mundial en porcentajes (%).....	45
Figura 5. Efectos directos del clima y tiempo en los turistas.....	54
Figura 6. Elementos que participan en el sistema de Teledetección.....	56
Figura 7. Varios tipos de sensores dentro de los satélites de teledetección.....	57
Figura 8. Representación gráfica de la relación entre el flujo incidente y reflejado.....	58
Figura 9. Sensor LANDSAT 8 OLI en órbita.....	61
Figura 10. Visor de la plataforma Google Earth Engine.....	66
Figura 11. Diagrama de flujo metodológico del primer objetivo específico.....	88
Figura 12. Imágenes captura de los resultados del NDSI y NDWI del año 2018.....	89
Figura 13. Escala de correlación lineal de Pearson (r), válida para tendencia positiva y negativa.....	90
Figura 14. Diagrama de flujo metodológico del segundo objetivo específico.....	93
Figura 15. Diagrama de flujo metodológico del objetivo específico 3.....	95
Figura 16. Esquema metodológico del objetivo específico 4.....	96
Figura 17. Correlación tiempo versus cobertura glaciar.....	100
Figura 18. Regresión polinómica del comportamiento de la demanda turística 1985 – 2019.....	106
Figura 19. Regresión lineal de la demanda turística del Sector carpa periodo 1985 – 2007....	107
Figura 20. Regresión lineal de la demanda turística del Sector carpa periodo 2008 – 2019....	107
Figura 21. Regresión lineal del comportamiento de la demanda turística con ajuste de desfase.....	108

Figura 22. Regresión de tiempo entre la demanda turística y el área glaciar en el periodo 1985 – 2019.....	110
Figura 23. Rango de edad de visitantes encuestados en el año 2019.....	112
Figura 24. Rango de edad de visitantes encuestados en el año 2022.....	113
Figura 25. Nacionalidad de visitantes encuestados en el año 2019.....	114
Figura 26. Nacionalidad de visitantes encuestados en el año 2022.....	114
Figura 27. Cantidad de veces que visitaron el glaciar Pastoruri en la encuesta del año 2019.....	115
Figura 28. Cantidad de veces que visitaron el glaciar Pastoruri en la encuesta del año 2022...	115
Figura 29. Resultados (%) sobre el nivel de expectativa que tenían antes de visitar el glaciar Pastoruri.....	116
Figura 30. Porcentajes de las alternativas planteadas en la pregunta tres realizado en el año 2022.....	117
Figura 31. Porcentaje de motivación para visita el glaciar Pastoruri 2019.....	118
Figura 32. Porcentaje de motivación para visita el glaciar Pastoruri 2022.....	118
Figura 33. Resultados de los sentimientos provocados al visitar y contemplar el glaciar Pastoruri.....	119
Figura 34. Resultados sobre la afectación de la desglaciación del Pastoruri en la actividad turística 2019.....	120
Figura 35. Resultados sobre la afectación de la desglaciación del Pastoruri en la actividad turística 2022.....	120
Figura 36. Resultados en porcentaje de la pregunta siete para el año 2019.....	121
Figura 37. Resultados en porcentaje de la pregunta siete para el año 2022.....	121
Figura 38. Resultados (%) sobre el nivel de expectativa que tuvieron después de visitar el glaciar Pastoruri.....	122

Figura 39. Resultados de la pregunta nueve en porcentaje para el año 2019 y 2022.....	123
Figura 40. Resultados en porcentaje de la pregunta diez.....	124
Figura 41. Resultados de la pregunta once para las encuestas de los años 2019 y 2022.....	125
Figura 42. Resultados de la pregunta doce para el año 2019 y 2022 en estudio.....	126
Figura 43. Temperatura mínima del glaciar Pastoruri desde 1980 al año 2080.....	127
Figura 44. Temperatura máxima del glaciar Pastoruri desde 1980 al año 2080.....	128
Figura 45. Cambio del área glaciar del Pastoruri por cada década desde 1985 a 2019.....	129
Figura 46. Cambio de la demanda turística en el Pastoruri por cada década desde 1985 a 2019.....	129
Figura 47. Cambio en la temperatura mínima en el Glaciar Pastoruri en el periodo 1980 – 2019.....	130
Figura 48. Cambio en la temperatura máxima en el Glaciar Pastoruri en el periodo 1980 – 2019.....	131
Figura 49. Impacto del área glaciar del Pastoruri respecto al cambio de la temperatura mínima.....	132
Figura 50. Impacto del área glaciar del Pastoruri cuando este desaparezca respecto al cambio de la temperatura mínima.....	132
Figura 51. Impacto del área glaciar del Pastoruri respecto al cambio de la temperatura máxima 1985-2019.....	133
Figura 52. Impacto del área glaciar del Pastoruri cuando este desaparezca respecto al cambio de la temperatura máxima a largo plazo.....	133
Figura 53. Impacto de la demanda turística respecto al cambio de la temperatura mínima.....	134
Figura 54. Impacto de la demanda turística respecto al cambio de la temperatura mínima a largo plazo.....	135
Figura 55. Impacto de la demanda turística respecto al cambio de la temperatura máxima.....	135

Figura 56. Impacto de la demanda turística por la desglaciación del Pastoruri de 1985 a 2019.....	137
Figura 57. Impacto de la demanda turística por la desglaciación del Pastoruri a largo plazo.....	137

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resultados en superficie y reducción de la cobertura glaciar de la Cordillera Blanca.....	50
Tabla 2. Características y hechos generales del sensor Landsat 5.....	62
Tabla 3. Características y hechos generales del sensor Landsat 7.....	63
Tabla 4. Características y hechos generales del sensor Landsat 8.....	64
Tabla 5. Diferencias de las características de sensores Landsat 5, 7 y 8.....	65
Tabla 6. Descripción de los tipos de clima en la zona de estudio.....	73
Tabla 7. Descripción de las clases de pendientes de la subcuenca Pachacoto.....	75
Tabla 8. Unidades Litoestratigráficas de la subcuenca Pachacoto.....	76
Tabla 9. Unidades geomorfológicas de la subcuenca Pachacoto.....	78
Tabla 10. Descripción de las unidades de cobertura vegetal de la Subcuenca Pachacoto.....	80
Tabla 11. Variables de la investigación.....	82
Tabla 12. Descripción del uso de los Softwares.....	84
Tabla 13. Cartas nacionales correspondientes al área de estudio.....	85
Tabla 14. Detalles de las imágenes satelitales utilizadas en el estudio.....	86
Tabla 15. Áreas glaciares del Pastoruri por años.....	98
Tabla 16. Correlación de las áreas glaciar en función al año para el Glaciar Pastoruri.....	101
Tabla 17. Tasa de Cambio promedio anual del glaciar Pastoruri en el periodo de estudio...	101
Tabla 18. Áreas glaciares proyectadas desde 2020 al 2060 en el glaciar Pastoruri.....	104
Tabla 19. Demanda turística del Parque Nacional Huascarán - Sector Carpa/Pastoruri.....	105
Tabla 20. Demanda turística corregida según desfase en el periodo 2008 al 2019.....	109
Tabla 21. Comparación entre la pérdida glaciar y la demanda turística en el periodo 1985 – 2019.....	110

Tabla 22. Área glaciar y de la demanda turística del Pastoruri en cuatro intervalos de tiempo.....	136
----------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A. Procesamiento y encuestas

Anexo 1. Plataforma GEE corriendo el código construido – Subcuenca Pachacoto.....	168
Anexo 2. Modelo de encuesta realizada en el año 2019 a visitantes	169
Anexo 3. Modelo de encuesta realizada en el año 2022 a visitantes	170

ANEXO B. Registro fotográfico

Fotografía 1. Entrevistando a los pobladores que dependen del turismo Pastoruri	172
Fotografía 2. Entrevistando a los pobladores que dependen del turismo Pastoruri	172
Fotografía 3. Actividad comerciante de los pobladores de Catac.....	173
Fotografía 4. Entrevistando a pobladora comerciante de Catac	173
Fotografía 5. Foto grupal con los comerciantes del sector Pastoruri	174
Fotografía 6. Centro de Interpretación de la Ruta del Cambio Climático	174
Fotografía 7. Llegada de turistas a visitar el Glaciar Pastoruri.....	175
Fotografía 8. Tarifario de entradas a visitantes al Pastoruri 2022	175

ANEXO C. Mapas temáticos

Mapa de Ubicación	Mapa 1
Mapa Climático	Mapa 2
Mapa de Pendientes	Mapa 3
Mapa Geológico	Mapa 4
Mapa Geomorfológico	Mapa 5
Mapa Cobertura Vegetal	Mapa 6
Mapa de Superficie del glaciar Pastoruri 1985	Mapa 7
Mapa de Superficie del glaciar Pastoruri 1995	Mapa 8
Mapa de Superficie del glaciar Pastoruri 2005	Mapa 9
Mapa de Superficie del glaciar Pastoruri 2019	Mapa 10
Mapa de Pérdida del Área Glaciar Pastoruri 1985	Mapa 11

RESUMEN

Este estudio aborda los efectos del cambio climático (CC) en el sector turístico, específicamente analizando cómo las variaciones en la demanda turística en el Parque Nacional Huascarán se relacionan con la evolución de la cobertura del glaciar Pastoruri. Para realizar este análisis, se utilizó el Índice Diferencial Normalizado de Nieve (NDSI) y la plataforma Google Earth Engine para realizar un análisis multitemporal del glaciar Pastoruri y de la demanda turística, abarcando un período de 35 años desde 1985 hasta 2019. Los resultados del estudio muestran una reducción drástica del glaciar Pastoruri, disminuyendo de 273.421 hectáreas en 1985 a 62.763 hectáreas en 2019. Esto representa una pérdida de un 77,05% en el transcurso del período de evaluación de 35 años. Curiosamente, a pesar de esta notable deglaciación, el número de turistas en el Parque Nacional Huascarán de esta zona ha aumentado, pasando de 3.941 en 1985 a 63.109 en 2019. Las encuestas realizadas a los visitantes revelan que, aunque la satisfacción general ha disminuido debido a la deglaciación, un 56% de los visitantes afirmó que seguirían visitando el parque incluso si los glaciares retrocedieran más. Esto sugiere que, además de los efectos negativos del CC sobre el glaciar Pastoruri, también hay efectos sociales positivos, como el aumento de visitantes y las oportunidades de adaptación que promueven la concienciación y la reflexión en los servicios ecosistémicos que sustentan, como el turismo que actualmente se encuentra vulnerable ante el CC. Este estudio destaca la necesidad de adaptación climática en el sector turístico.

Palabras claves: Cambio Climático, glaciar Pastoruri, NDSI, demanda turística, turismo, Google Earth Engine, imágenes satelitales.

ABSTRACT

This study addresses the effects of climate change on the tourism sector, specifically analyzing how variations in tourist demand in Huascarán National Park relate to the evolution of the Pastoruri glacier's coverage. To carry out this analysis, the Normalized Snow Differential Index (NDSI) and the Google Earth Engine platform were used to perform a multi-temporal analysis of the Pastoruri glacier and tourist demand, covering a period of 35 years from 1985 to 2019. The study's results show a drastic reduction in the Pastoruri glacier, decreasing from 273,421 hectares in 1985 to 62,763 hectares in 2019. This represents a loss of 77.05% over the course of the 35-year evaluation period. Interestingly, despite this noticeable deglaciation, the number of tourists in Huascarán National Park in this area has increased, going from 3,941 in 1985 to 63,109 in 2019. Surveys conducted with visitors reveal that although overall satisfaction has decreased due to deglaciation, 56% of visitors stated that they would continue visiting the park even if the glaciers receded further. These findings suggest that, in addition to the negative effects of CC on the Pastoruri glacier, there are also positive social effects, such as an increase in visitors and opportunities for adaptation that promote awareness and reflection on the ecosystem services that support tourism, which is currently vulnerable to CC. This study highlights the need for climate adaptation in the tourism sector.

Keywords: Climate Change, Pastoruri glacier, NDSI, tourism demand, tourism, Google Earth Engine, satellite imagery.

I. INTRODUCCIÓN

El cambio climático es un fenómeno global que ha afectado a diversas regiones del mundo, incluyendo los Andes Tropicales y, en particular, Perú. Uno de los efectos más notables es el retroceso glaciar, que ha impactado significativamente los glaciares de esta región (Rabatel et al., 2013). Los glaciares son esenciales para el equilibrio del clima, recursos hídricos y otros aspectos, pero, su retroceso, puede tener consecuencias significativas en el sector turístico, que depende en gran medida de estos paisajes naturales (Bury et al., 2010).

El glaciar Pastoruri, ubicado en la región de Ancash dentro del Parque Nacional Huascarán, es un ejemplo relevante de este fenómeno. No solo ha experimentado un retroceso glaciar significativo, sino que también es un destino turístico importante el cual está en una alerta significativa para este sector. El estudio de este glaciar es crucial no solo en términos de desglaciación, sino también en relación con el turismo y su impacto, ya sea positivo o negativo, en el marco del cambio climático.

Este estudio busca determinar el estudio busca determinar los cambios en la cobertura glaciar del Pastoruri durante 35 años, utilizando Google Earth Engine y técnicas SIG para procesar imágenes satelitales de Landsat 5 TM, Landsat 7 y Landsat 8 OLI-TIRS. Para lograr este objetivo, se examinará la dinámica del glaciar hasta 2019, se analizará la demanda turística, se evaluará la relación entre ambas variables y se examinará su relación con el cambio climático, específicamente con la temperatura, proyectándolo hacia el futuro.

Finalmente, la elección del glaciar Pastoruri para esta investigación se debe a su importancia como recurso hídrico, su notable retroceso glaciar debido al cambio climático y la relevancia de realizar esta investigación en el sector turístico. Este glaciar es un recurso vital para la región y su retroceso puede tener consecuencias significativas no solo para el medio ambiente, sino también para la economía local y el sector turístico.

1.1. Descripción y formulación del Problema

1.1.1. Descripción del Problema

Junto con Bolivia, Ecuador y Colombia, Perú alberga el 99% de todos los glaciares tropicales de la Tierra y, particularmente, cuenta con el 71% de los glaciares tropicales del mundo según Georg Kaser (1999); y según datos actualizados por Veetli y Kamp (2019), el Perú constituyen alrededor del 68,4% de los Andes a nivel mundial y están considerados como los mejores indicadores del impacto actual del cambio climático (Oerlemans, 1994). El cambio climático ha influido negativamente en los ecosistemas en los últimos años, haciendo que los glaciares disminuyan de tamaño y pierdan su capacidad de servir a la población con los conocidos servicios ecosistémicos. Las actividades de las comunidades se ven afectadas por efectos medioambientales, sociales y económicos de este retroceso glaciar, uno de los cuales es el "Turismo".

El cambio climático afecta al turismo de manera directa, a través del cambio de la vista paisajista, dado que los glaciares son parte de la naturaleza observada por los visitantes como parte de los atractivos turísticos en zonas de montaña. Estos cambios son cruciales para la industria turística, que a veces es especialmente vulnerable a ellos. Tomemos, por ejemplo, el impacto de los productos turísticos de las regiones montañosas en su entorno, que envuelve las instalaciones de apoyo, la conectividad y la satisfacción de los clientes, además de sus propios recursos naturales (World Tourism Organization [UNWTO], 2007). Un ejemplo muy claro es el Glaciar Pastoruri.

Este glaciar fue por años uno de los destinos más visitados por el turismo nacional e internacional debido a su gran impacto paisajístico, por su potencialidad para la investigación y por las actividades turísticas de aventura que ofrecían los gestores turísticos locales en él; esto sin olvidar que es fuente de reserva hídrica para la comunidad del distrito de Cátac. Debido a su forma física y a su exposición a más horas de sol que otros glaciares, el glaciar Pastoruri

ha sido uno de los más afectados por el aumento de las temperaturas durante la década de 1980, lo que repercute directamente en el deshielo del glaciar (Durand, 2009). Todavía hay una falta de investigación específica sobre los impactos o influencias que el retroceso de los glaciares tiene en el turismo en nuestro país, lo que crea la incertidumbre de saber si la desglaciación tiene impactos negativos o positivos en este sector. Por lo tanto, el Parque Nacional Huascarán (en adelante PNH) tiene el deber de garantizar que los efectos del cambio climático sean controlados, mitigados y fomentar oportunidades como medida de adaptación.

Por tal motivo, la presente tesis pretende conocer la variación la demanda turística en función a la evolución de la cobertura glaciar del Pastoruri en un contexto de cambio climático, durante el periodo de 1985-2019, con la finalidad de determinar el impacto que genera un retroceso glaciar como efecto del Cambio Climático (en adelante CC) en el sector turismo; dando así, un importante aporte para el conocimiento de los efectos del CC, específicamente la desglaciación en el Perú, generando a largo plazo alternativas de solución en el proceso de adaptación del PNH u otra que cuente con glaciares en su jurisdicción. Es decir, contribuirá a una gestión eficiente del área, a la mejora de la calidad de vida de las personas y el fortalecimiento de la capacidad de resiliencia para este ecosistema en los años futuros.

1.1.2. Formulación del problema

Problema General.

¿En qué medida la demanda turística es afectada por la evolución de la cobertura glaciar del Pastoruri en un contexto de cambio climático?

Problemas Específicos.

- ¿Qué cambios han ocurrido en la cobertura glaciar del Pastoruri en el periodo 1985 – 2019?
- ¿Cuál es el comportamiento de la demanda turística del Parque Nacional Huascarán, en el periodo 1985 - 2019?

- ¿Cuál es la influencia en los cambios de la cobertura glaciar con respecto a la demanda turística del PNH en el periodo de estudio?
- ¿Cuál sería el posible impacto que genera el cambio climático en el sector turismo del Pastoruri con respecto al retroceso glaciar del Pastoruri?

1.2. Antecedentes

1.2.1. Antecedentes Internacionales

- Wang y Zhou (2019) en su artículo científico titulado *“Impactos integrados del cambio climático en el turismo glaciar”*, tuvo como objetivo realizar un resumen de la literatura en base a las investigaciones relevantes sobre el calentamiento climático y sus impactos en el turismo glaciar mediante un método de revisión de alcance para explorar los impactos integrados del cambio climático en los glaciares de la literatura académica. Como hallazgos se tuvo que el atractivo de algunos paisajes glaciares está disminuyendo, mientras que otros podrían experimentar una reducción persistente o incluso desaparecer, lo que repercutiría en la valoración. En conclusión, este estudio proporciona una revisión general de los impactos del CC en el sector turismo glaciar y también algunas referencias para la adaptación del futuro turismo glaciar al cambio climático.
- Salim et al. (2021) en su artículo titulado *“Percepciones estéticas del paisaje de un glaciar en retroceso: Evidencia del macizo del Mont Blanc massif”*, tuvo como objetivo investigar como los cambios recientes en el glaciar Mer de Glace influye en los juicios e insatisfacción de los turistas. La metodología comprendió un análisis cualitativo, que se realizó mediante entrevistas a turistas, apoyada en una encuesta cuantitativa. Los resultados revelaron que gracias a una regresión lineal la motivación de los turistas para visitar el glaciar será afectada por la insatisfacción con el paisaje y que hasta el 30,2% de los encuestados podría no visitar el sitio si la visibilidad del

glaciar se viera obstaculizada, que es la situación probable en los próximos 30 años. En conclusión, las soluciones que los operadores turísticos pueden implementar es la reorganización de los recursos de marketing y el enfoque en el glaciar como un recurso para la interpretación del cambio climático.

- Chaplin y Brabyn (2013), en su artículo titulado *“Uso de sensores remotos y SIG para investigar los impactos del turismo en la cubierta forestal en el Área de Conservación de Annapurna, Nepal”*, tuvo como objetivo evaluar el cambio en la cubierta forestal en relación con el aumento de las distancias desde los pueblos turísticos mediante el uso de imágenes satelitales Landsat de 1999 a 2011 y SIG, clasificación espectral e índice de la vegetación en los sitios turísticos. Se obtuvo como resultado que ha habido una reducción del 8% en la extensión total de los bosques y la influencia de las instalaciones turísticas en el bosque también es variable. En conclusión, alrededor de cada una de las aldeas turísticas muestreadas hubo una tendencia general de disminución de la remoción de bosques a medida que aumentaba la distancia de cada aldea, lo que indica que el turismo tiene un impacto negativo en los bosques.
- Organismo Mundial del Turismo (2011) presentó un artículo titulado *“Turismo y cambio climático: Hacer frente a los retos comunes”*, que tuvo como objetivo analizar la problemática de cambio climático dentro del sector turismo desde el siglo XX hasta la actualidad con sus respectivos impactos en las diversas actividades que genera el turismo. En dicho artículo se estipuló que el turismo está considerado como uno de los sectores económicos más vulnerables a la variación del clima y que a su vez el turismo contribuye también al calentamiento global. Estimando que el turismo es responsable de aproximadamente el 5% de las emisiones mundiales de carbono; correspondiendo el 4% a transporte y un pequeño porcentaje al resto de actividades turísticas como la capacidad de carga.

- Moreno, A. (2010), en su estudio titulado ***“Turismo y Cambio Climático en España: Evaluación de la Vulnerabilidad del Turismo de Interior frente a los Impactos del Cambio Climático en España”*** pretendió realizar una evaluación exhaustiva de los efectos y la susceptibilidad al cambio climático de las distintas categorías de turismo de interior (naturaleza, montaña, rural, cultural y urbano), así como señalar tácticas para ayudar a los responsables de los subsectores turísticos mencionados a adaptarse a un clima cambiante. Este estudio constata que el cambio climático repercutirá en el atractivo de los ecosistemas y paisajes, afectando a la flora, fauna y otros componentes de los ecosistemas. En consecuencia, la respuesta de los visitantes a los parques nacionales de montaña en caso de cambios como la desglaciación menciona que los turistas se sentirán menos inclinados a visitar estos parques como consecuencia de dichos cambios.
- El Programa de las Naciones Unidas para EL Medio Ambiente – PNUMA, el Organismo Mundial del Turismo - OMT y el Organización Meteorológica Mundial - OMM (2007), presentaron un resumen titulado ***“Cambio climático y Turismo: Responder a los retos mundiales”***, tuvo el objetivo de ofrecer un resumen del nivel de conocimientos sobre los efectos del cambio climático, ya en curso o potencialmente en el futuro, en destinos turísticos populares de todo el mundo, se considera que los sectores del mercado turístico que giran en torno a los destinos insulares, costeros y de montaña son especialmente sensibles a los cambios medioambientales provocados por el clima debido a los efectos potenciales sobre la demanda turística, los niveles actuales y las tendencias de las emisiones de gases de efecto invernadero.

1.2.2. Antecedentes Nacionales

- Huacani (2021), en su tesis doctoral ***“Efectos del cambio climático en la desglaciación del nevado Ampay - Apurímac, periodo 2000 – 2019”***, utilizó el análisis de la

plataforma Google Earth Engine (GEE) para examinar los efectos del cambio climático en la deglaciación del nevado Ampay entre 2000 y 2019. Para ello, se hicieron uso de imágenes Landsat 7 y 8 de colección 1, Nivel 1 de reflectancia, calibrada en la parte superior de la atmósfera (TOA); así pues, para la determinación de la cubierta nival se utilizó la técnica propuesta por Dozier, Índice Diferencial Normalizado de Nieve (NDSI $> 0,4$). Como resultado obtuvo que la cobertura glaciar disminuyó de 234,50 ha en el 2000 a 91,98 ha en 2019. Se determinó que la pérdida de glaciares en los últimos 20 años fue del 39.227% de la superficie cubierta por glaciares, o 142.513 (ha), con una tasa media de cambio del -4.806% anual y un descenso estimado de 7.500 (ha) cada década. Además, la correlación entre la superficie del nevado y la variabilidad de la temperatura resultó una correlación negativa considerable, donde la temperatura media anual aumenta, y la otra variable disminuye, determinando finalmente que para el año 2032 posiblemente habrá desaparecido el nevado del Ampay.

- Del Castillo Pérez (2019), en su tesis doctoral ***“Turismo sostenible y sus efectos frente al cambio climático en Pastoruri, Parque Nacional Huascarán”***, tuvo como objetivo determinar en qué medida afecta el turismo sostenible a los esfuerzos de Pastoruri, Parque Nacional Huascarán - PNH, para combatir el cambio climático mediante el desarrollo de encuestas en las dimensiones social, económica, ambiental e institucional. Este estudio llegó a la conclusión de que una educación ambiental adecuada ofrecida por entidades gubernamentales y/o privadas, junto con la influencia positiva y considerable del turismo sostenible, puede ayudar a mitigar y prevenir los efectos negativos del cambio climático.
- Sánchez (2019), en su tesis titulada ***“Percepción del turista ante el cambio climático que afecta el Nevado Huaytapallana provincia de Huancayo–Junín, 2019”***, tuvo como objetivo describir la percepción del turista sobre cómo el cambio climático está

afectando al nevado Huaytapallana en la provincia de Huancayo a través de un análisis cuantitativo de la percepción del turista sobre la demanda turística, la percepción del turista sobre la oferta turística y la percepción del turista sobre los operadores del mercado. Se obtuvo como resultados que percepción del turista es de nivel alto de 55,5%, el cambio climático afecta al nevado a través de las precipitaciones con 46,1% y aumento de temperatura con 47,7%; y para la demanda turística se tiene un nivel alto de 71,6%, siendo 58.6% para apreciar el nevado, 58.3 practica de trekking. En conclusión, la mayoría de los visitantes fueron capaces de comprender cómo el cambio climático está influyendo en el recurso turístico debido a diversas razones, como las altas temperaturas y las precipitaciones, entre otras, y cómo está perjudicando al recurso turístico en zonas con escasa afluencia de visitantes.

- Ramos (2018), en su tesis de maestría denominada ***“Evolución de la cobertura glaciar del nevado Coropuna y su relación con el entorno climático”***, utilizó imágenes de satélite de los programas Landsat 5 TM y Landsat 8 OLI entre 1987 a 2015 para analizar la dinámica de la cobertura glaciar del Nevado Coropuna y su relación con el clima circundante., la aplicación del NDSI y aplicación del vector regional. Como resultados se obtuvo que este nevado había perdido 10.39 km², teniendo una pérdida en volumen glaciar de 0.73 km³; para el análisis de precipitaciones se logró caracterizar la precipitación regional en la parte alta y baja del valle donde se encuentra este nevado presentándose tendencias significativas y positivas. Se concluyó que el Nevado Coropuna presentó una pérdida del 20% de su área inicial y la pérdida total del volumen glaciar disminuyó un 24% del volumen inicial.
- Inoue (2018), en su tesis titulada ***“Evolución De La Cobertura Glaciar y Su Influencia En La Disponibilidad Hídrica de la Subcuenca Blanco – Río Santa”***, tuvo como objetivo evaluar cómo las variaciones en la cobertura de los glaciares de la subcuenca

del Blanco afectan a la disponibilidad de agua empleando herramientas de teledetección y SIG. Para ello se utilizó el Índice de Nieve de Diferencia Normalizada (NDSI) y la técnica de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), procesamiento e interpretación de imágenes de satélite obtenidas a partir del sensor Landsat 5 Tm y Landsat 8 OLITIRS. Los resultados revelaron que, entre los años 1987 a 2016, la superficie del glaciar retrocedió un 23,5%, es decir, 8,87 km y a un ritmo medio de -0,35 km²/año. En conclusión, se descubrió que, según los escenarios futuros, la superficie y el volumen de los glaciares disminuirán un 44,7% y un 57,0%, respectivamente, en comparación con las cifras descubiertas en 1987, para el año 2050.

- Infantes (2017), en su tesis denominada ***“La Ruta del Cambio Climático en el Nevado Pastoruri y sus Impactos en el Desarrollo del Turismo en la Comunidad de Cátac”***, tuvo como objetivo principal averiguar cómo afectaría la ruta al crecimiento del turismo y cómo afectaría al número de turistas. El análisis documental, las encuestas y las entrevistas con sus instrumentos apropiados fueron las estrategias metodológicas utilizadas para recoger los datos; para determinar la validez del cuestionario se utilizó el índice de Osterlind. Los resultados se presentan en cifras que permiten concluir que la ruta tiene efectos tanto positivos como negativos en el crecimiento del turismo en el barrio, incluyendo: efectos sociales, económicos, culturales y ambientales. Sin embargo, su sostenibilidad dependerá de factores relacionados con la participación de la población y las autoridades.
- Baldera (2015), en su tesis titulada ***“Análisis de la variación de la cobertura glaciar y su influencia en el aporte hídrico de la subcuenca Llullán - río Santa”***, tuvo como objetivo analizar la variación de la cubierta glaciar en la subcuenca Llullán y su influencia en el aporte y la disponibilidad hídrica mediante el procesamiento e interpretación de las imágenes satelitales Landsat 5 Tm, aplicación de los índices NDSI

y NDWI dentro del periodo 1987 al 2010. Como resultados se tiene que la cobertura glaciar de la subcuenca retrocedió un 15,8% entre 1987 y 2010, con una tasa de $-0,21 \text{ km}^2/\text{año}$; así pues, el volumen glaciar disminuyó en un 18,4% y se proyecta que para 2050 el área y el volumen se reducirán en un 39% y 43% respecto a 1987. El estudio concluye que el aporte hídrico promedio de los glaciares es de $1,6 \text{ m}^3/\text{s}$, siendo esencial durante los meses secos (julio y agosto), cuando los glaciares actúan como la principal fuente de agua en la subcuenca.

- Loroña (2011), en su tesis titulada ***“Evolución de la Cobertura Glaciar en la Subcuenca de Quillcay y la influencia en su rendimiento Hídrico”*** tuvo como objetivo evaluar cómo ha cambiado la cobertura glaciar de la subcuenca del Quillcay a lo largo del tiempo y cómo ese cambio ha afectado al rendimiento hídrico. Para ello, los investigadores utilizaron métodos SIG y de teledetección para calcular el retroceso de los glaciares mediante imágenes LANDSAT de 1987, 1989 y 2007, así como el método NDSI y métodos hidrológicos para estimar los caudales medios durante los periodos secos. Se descubrió que entre 1970 y 1987, la subcuenca sufrió un retroceso glaciar muy notable de $0,57 \text{ km}^2/\text{año}$; en 1989, fue de sólo $0,09 \text{ km}^2/\text{año}$; y, por último, entre 1989 y 2007, fue de $58 \text{ km}^2/\text{año}$. En resumen, la cobertura glaciar disminuyó un 46% de su superficie en 2011, con un volumen estimado de 1883 mmc y una tasa media de retroceso de $0,42 \text{ km}^2/\text{año}$.
- Tordocillo (2011), llevo a cabo la investigación titulada ***“Estimación del retroceso y flujo glaciar por teledetección del nevado Champará”***, la cual tuvo como objetivo principal de la investigación fue estimar la variación del área glaciar del nevado Champará entre 1975 y 2010, utilizando herramientas de teledetección. La metodología se basó en el procesamiento e interpretación de imágenes satelitales de los sensores TM y ETM+ (LANDSAT 5 y 7) y el sensor ASTER (TERRA), aplicando los índices NDSI

y NDWI para distinguir entre cuerpos de agua proglaciares y la superficie glaciar. Los resultados mostraron una reducción del 64% en el área glaciar durante el periodo estudiado, con una tasa de retroceso promedio de 1,03 km²/año entre 2000 y 2010. Se observó que este retroceso es más rápido en las altitudes más bajas y en áreas con mayor exposición a la radiación, donde las temperaturas superficiales oscilaron entre -6°C y 0°C. Además, las velocidades del flujo glaciar, que alcanzaron hasta 8,02 cm/día, indicaron una actividad dinámica limitada. El estudio concluyó que, aunque el glaciar experimenta un retroceso considerable, su dinámica sigue siendo relativamente lenta bajo las condiciones actuales.

- Gómez et al. (2017), en su investigación ***“Influencia del área glaciar en el rendimiento hídrico de la subcuenca Honda - río Santa”***, tuvo como objetivo principal conocer las pérdidas del área glaciar y su impacto en el rendimiento hídrico de la subcuenca Honda. Para ello, se plantearon objetivos específicos como la evaluación de las características pluviométricas e hidrológicas en años medios, húmedos y secos; la evaluación de las pérdidas de área glaciar mediante técnicas de SIG y teledetección, con el fin de determinar la tasa de retroceso glaciar; y la cuantificación del aporte hídrico derivado de la pérdida de área glaciar a través de técnicas hidrológicas. La metodología empleada incluyó el uso del NDSI y herramientas de hidrología regional para determinar el retroceso glaciar y el rendimiento hídrico. Se analizó la evolución del nevado entre 1987 y 2011, encontrando una pérdida de 13,84 km², lo que equivale a una tasa de retroceso de 0,55 km²/año. Además, se observó que el rendimiento del caudal en años secos fluctuó entre 40 y 130 l/s, alcanzando un promedio de 40 l/s a nivel mensual. Como conclusión se afirma que la reducción del área glaciar tiene un efecto directo en la disponibilidad hídrica de la subcuenca, resaltando la importancia de monitorear estos cambios para la gestión de recursos hídricos.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Conocer la variación de la demanda turística del Parque Nacional Huascarán en función a la evolución de la cobertura glaciar Pastoruri, con la finalidad de conocer los impactos que ocasiona el cambio climático en el sector turismo.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Determinar los cambios ocurridos en la cobertura glaciar Pastoruri en el periodo 1985 – 2019, mediante la plataforma de Google Earth Engine y usos de técnicas SIG.
- Evaluar el comportamiento de la demanda turística del Parque Nacional Huascarán, para el periodo 1985 – 2019.
- Determinar la relación de la demanda turística con respecto a los cambios de cobertura glaciar que presenta el Pastoruri.
- Estimar el impacto del cambio climático en sector turismo del Pastoruri con respecto al retroceso glaciar del Pastoruri en base a indicadores climático.

1.4. Justificación de la Investigación

El cambio climático afecta en gran significancia a nuestros glaciares tropicales generando impactos ambientales, ecológicos, sociales y económicos alterando el desarrollo de las poblaciones. El Organismo Mundial del Turismo - OMT, sostiene que, dado que sirven para definir mercados turísticos especializados y centrados en el medio ambiente, los destinos de montaña son más vulnerables a los cambios medioambientales inducidos por el clima (Murillo, 2017). Es así como en el Plan Maestro del PNH (SERNANP, 2010) afirman que por la pérdida de masa glaciar en el glaciar Pastoruri se ha tenido fuertes impactos negativos para las 117 familias que brindaban servicios turísticos reduciéndose a la mitad. Por otro lado, según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente - PNUMA, considera que los efectos del cambio climático en la actividad turística generan impactos negativos pero que también

actúan como oportunidades de mercado para la adaptación adecuada del atractivo turístico o recurso natural potencialmente turístico (UNWTO, 2007).

Asimismo, hasta la fecha la mayoría de las investigaciones han dado a conocer el estado crítico que se encuentra el glaciar Pastoruri, teniendo un retroceso del frente glaciar 610 metros entre los años 1980 hasta 2016 con una pérdida del 60% (Autoridad Nacional del Agua [ANA], 2018) con relación a su disponibilidad hídrica. Pero actualmente existe escases de investigación técnico- científica que logren demostrar el impacto que tiene este en el sector turismo peruano, uno de los sectores más importantes del Perú. De la misma manera, la reciente promulgación de la Ley Marco sobre Cambio Climático (MINAM, 2018) establece que la investigación científica, el avance técnico y la innovación en materia de cambio climático sean fomentados y llevados a cabo por universidades públicas y privadas.

En este contexto, el presente estudio pretende contribuir a ese vacío de información científica que ayude a conocer y entender la implicancia de desglaciación, como efecto de cambio climático, en la actividad turística de una de las más importantes Áreas Naturales Protegidas de nuestro país y esta sirva en una correcta gestión adaptativa en un futuro.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis General

La variación de la cobertura glaciar del Pastoruri tienen una influencia significativa en la demanda turística del Parque Nacional Huascarán en un contexto de cambio climático.

1.5.2. Hipótesis Específicas

- La determinación de los cambios de la cobertura glaciar Pastoruri permitió conocer que este se encuentra en un proceso de desglaciación dentro del periodo de estudio.
- La evaluación del comportamiento de la demanda turística del PNH permitió conocer la dinámica y acogida de los turistas en el glaciar Pastoruri en el periodo de estudio.

- La disminución de la cobertura glaciaria tiene una relación significativa a la demanda turística del PNH.
- Los indicadores climáticos a través del estudio de la temperatura y las variables de estudio evidenciarán escenarios negativos en el sector turismo del Pastoruri si no se toman medidas de adaptación.

1.6. Importancia de la Investigación

La presente investigación da un importante aporte para el conocimiento de los impactos del cambio climático, específicamente la desglaciación, en el sector turismo. Así como también, va dirigida a las entidades públicas, ya que a través de sus resultados brindará a las autoridades competentes en materia de investigación como las universidades a poder fortalecer el entendimiento del cambio climático y sus impactos en el ámbito turístico y en materia de gestión a las entidades con función ejecutora como el Parque Nacional Huascarán u otra que cuente con glaciares en su jurisdicción, en tomar decisiones para su correcta gestión y manejo. Finalmente, este trabajo de investigación sirve como un nuevo aporte para el fortalecimiento de la capacidad adaptativa para las Áreas Naturales Protegidas en ámbitos glaciares en los años futuros.

1.7. Limitaciones de la Investigación

El alcance temporal del estudio se limitó hasta el año 2019. La razón de esta limitación fue la irrupción inesperada de la pandemia de Covid-19 durante el periodo 2020-2021, que tuvo un impacto significativo en el sector turístico. Esta situación alteró el comportamiento de la demanda turística en varios aspectos y factores, lo que justificó la decisión de restringir el estudio hasta el año 2019. Por último, se encontraron dificultades en la obtención de datos anuales sobre la cantidad de turistas durante el periodo de estudio. Esto se debió a los cambios administrativos que se produjeron a lo largo del tiempo en INRENA y posteriormente en SERNANP.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Bases Teóricas sobre el Tema de Investigación

2.1.1. Marco Conceptual

2.1.1.1. Concepto de variables. Los siguientes conceptos son relacionados a las dos variables principales de la investigación:

✓ **Variación.** La variación es la cuantificación del cambio por medio de las cantidades y las magnitudes, pero que a su vez el cambio es la modificación de estado que se presenta en cualquier situación (Cardenas y Cuervo, 2019).

✓ **Cobertura glaciar.** Se puede definir como la capa de glaciar que cubre la superficie terrestre en un determinado ámbito de estudio.

✓ **Demanda turística.** Visitantes actuales y potenciales que están dispuestos y son capaces de utilizar todas las instalaciones, atracciones, actividades, bienes y/o servicios turísticos durante un periodo de tiempo determinado fuera de sus lugares habituales de trabajo y residencia (Rigol, 2009).

2.1.1.2. Conceptos Generales. Glaciares. Según la UNESCO, se denomina glaciar a cualquier masa de hielo perenne, posiblemente nieve incluida, que se ha formado en la superficie como resultado de la recristalización de la nieve y otras precipitaciones sólidas y que muestra signos de flujo reciente o en curso (Ferrado, 2014).

Retroceso glaciar. La línea inferior de nieves persistentes de alta montaña debe ascender a altitudes cada vez mayores, con frecuencia hasta que el deshielo hace que desaparezca; la existencia de morrenas, el material (suelo y roca) que deja tras de sí un glaciar en descenso, es una técnica para determinar el retroceso glaciar en una región (Cortés y Delgado, 2013).

Cambio Climático. Según la Convención Marco sobre el Cambio Climático (CMCC) de las Naciones Unidas en su artículo N°1, inciso 2, lo define como un cambio en el clima que

puede vincularse directa o indirectamente a las actividades humanas, alterando la composición de la atmósfera global además de la fluctuación climática natural observada en periodos de tiempo comparables (Naciones Unidas, 1994).

Efectos Adversos del Cambio Climático. Se entiende como las alteraciones del medio físico o de la biota provocadas por el cambio climático que perjudican significativamente la composición, la resistencia o la productividad de los ecosistemas naturales o gestionados, el funcionamiento de los sistemas socioeconómicos o la salud y el bienestar de los seres humanos.

Áreas Naturales Protegidas (ANP). Son áreas continentales y/o marinas del territorio nacional que el Estado ha designado, establecido y declarado legalmente como tales por su importancia para la preservación de la diversidad biológica y otros valores conexos de interés cultural, paisajístico y científico, así como por su contribución al desarrollo sostenible de la nación (SERNANP, s.f.).

Parques Nacionales. Estas áreas sirven como muestras ilustrativas de la variedad natural de la nación. Incluyen agrupaciones de flora y fauna silvestres, uno o varios ecosistemas y otras características paisajísticas y culturales asociadas, todas ellas protegidas de forma intangible. espacios naturales protegidos con usos indirectos que permitan el turismo y el estudio científico en lugares seleccionados (SERNANP, s.f.).

Ecosistemas. Son un conjunto de sistemas intrincados formados por una variedad de elementos, incluidos los seres vivos y el entorno físico, que interactúan a diversas escalas temporales y espaciales para permitir el intercambio de materia y energía. Como resultado de estas interacciones, los sistemas tienen una estructura y una función particulares, lo que los convierte en algo más que la simple suma de sus partes individuales (Badii et al., 2015).

Turismo. Actividades realizadas por personas, de manera física, durante viajes y estancias fuera de su entorno habitual por un periodo continuado inferior a un año, ya sea por

negocios o por placer, pero nunca relacionadas en modo alguno con el ejercicio de un empleo lucrativo en el lugar visitado (MINCETUR, 2009).

Recurso Turístico. La base del recurso turístico está constituida por manifestaciones de la naturaleza, riquezas arqueológicas y expresiones históricas, tanto materiales como inmateriales, de considerable tradición y significación. El Inventario Nacional de Recursos Turísticos contiene información sobre los recursos turísticos.

Organismo Mundial del Turismo (OMT). Es el organismo, perteneciente a las Naciones Unidas, encargada de promover un turismo responsable, sostenible y abierto para todos, fomentando viajes que apoyen el desarrollo económico, el crecimiento integrador y la sostenibilidad medioambiental (IDA, 2017).

Destino Turístico. Es un área física donde un visitante puede pasar la noche, con o sin límites administrativos o analíticos (UNWTO, s.f.).

2.1.2. Bases Teóricas

2.1.2.1. Los Glaciares. Las definiciones del término glaciar han sido numerosas a través del tiempo que podrían citarse dan a conocer la concordancia entre ellas. Una de ellas y la más concisa lo realizó el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático – IPCC (2001) es la siguiente:

Glaciar se define como una masa de hielo terrestre que fluye cuesta abajo (por deformación interna y deslizamiento en la base) y restringida por la topografía circundante (por ejemplo, los lados de un valle o picos circundantes); la topografía del lecho rocoso es la principal influencia en la dinámica y la pendiente de la superficie de un glaciar. Un glaciar se mantiene mediante la acumulación de nieve en altitudes elevadas, equilibrada por el derretimiento en altitudes bajas o la descarga en el mar (p. 374).

Los glaciares son de vital importancia en el ámbito de los ecosistemas de montaña por numerosas razones, pero las más relevantes abordan los riesgos que de ellos genera, al aporte hídrico que ofrecen, y por su contribución a la conservación de los ecosistemas (Marangunic, 2016).

A. Clasificación de Glaciares. Según los estudios sistemáticos de la UNESCO y por la literatura clásica se ha propuesto cerca de diez formas de clasificación de glaciares debido a diferentes características como la temperatura de hielo, el tamaño, la forma, la dinámica y otras (Mason et al., 2004); asimismo se describen los tipos de glaciares a partir de criterios morfológicos y físicos según la Dirección General de Aguas (Ministerio de Obras Públicas, 2016). De todas las propuestas se definirán las clasificaciones que se utilizan como criterios primordiales para su caracterización detalladas a continuación (Araña y Ortiz, 1993):

a) Clasificación según el tipo de cobertura superficial. Existen diferentes tipos de glaciares según su cobertura superficial, una clasificación esencial para comprender mejor sus características y comportamiento.

- ✓ **Glaciares descubiertos:** Son glaciares desprovistos de volúmenes significativos de materiales superficiales depositados por la nieve. Poseen una zona de acumulación y una de ablación muy delimitada (Iliboutry, 1956).
- ✓ **Glaciares cubiertos:** El principal rasgo distintivo de estos glaciares es que están parcial o totalmente cubiertos por una capa detrítica que sirve de aislante. Este tipo de glaciar es el primer paso en la conversión gradual de un glaciar desnudo en un glaciar de roca. (Croce y Milana, 2002)
- ✓ **Glaciares rocosos:** Estos también se le conoce como escombros (Brenning, 2003), tienen forma de lengua, presentan surcos en su superficie y un escarpe frontal y lateral como resultado del desplazamiento ladera abajo.

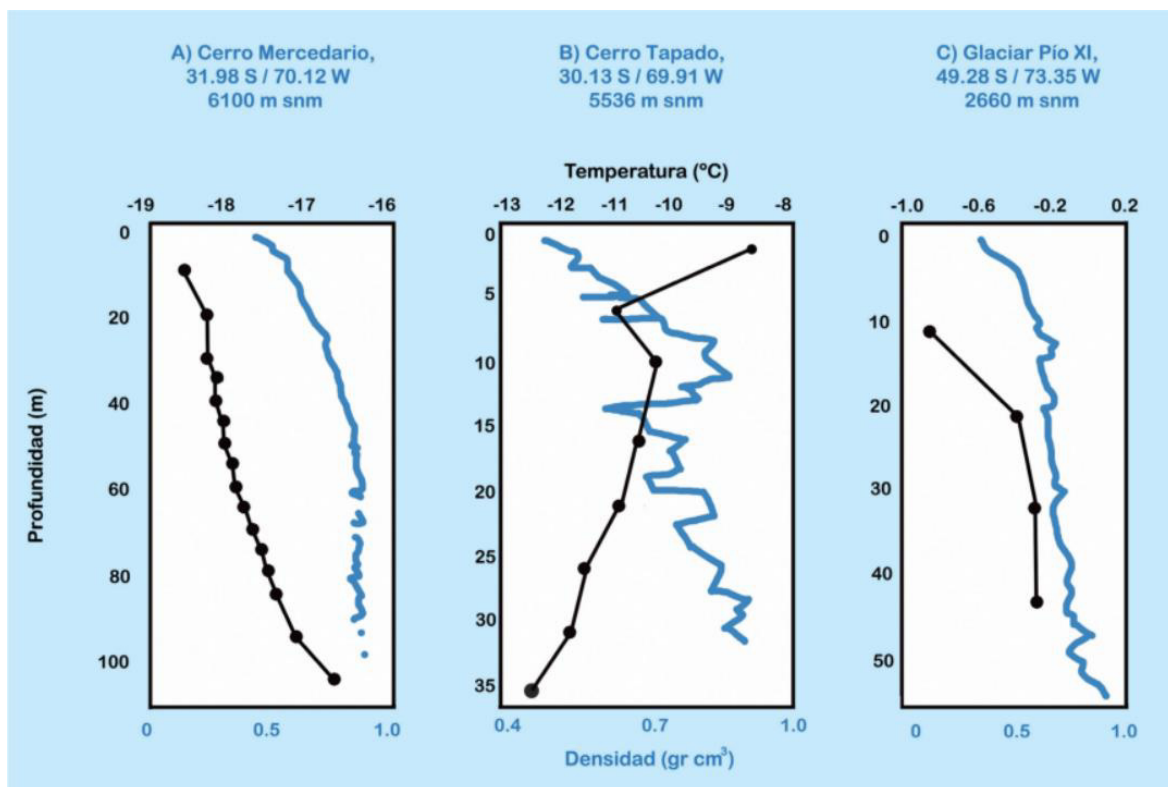
b) Clasificación Térmica. La temperatura significativa considerada es la que corresponde al núcleo glaciar, por debajo del nivel de variación estacional de la temperatura.

En relación a lo expuesto, la presente clasificación se define como (Rampiro et al., 1988):

- ✓ **Glaciares Fríos:** Cuyo hielo no se derrite porque la temperatura es demasiado baja. El flujo de hielo de este tipo de glaciar se debe sobre todo a la deformación interna, y su temperatura puede descender hasta unos pocos grados bajo cero. (Vaughan et al., 2007)
- ✓ **Glaciares Templados:** Es un glaciar cuya mayor parte de su masa se encuentra a la temperatura del punto de fusión. Aunque el punto de fusión puede variar en función de la presión, esta temperatura suele fijarse en 0 °C.
- ✓ **Glaciar Subpolar (o politermal):** En estos glaciares se ven condiciones mixtas; es decir, posee zonas templadas y frías. También se les denomina térmicamente complejos ya que poseen hielo temperado en su base, pero en la superficie tienen hielo frío. Estos glaciares son fríos en sus márgenes o donde su espesor es menor o donde en invierno una onda de frío pueda penetrar el hielo y alargar su permanencia.

Figura 1

Distribución de densidad y temperatura en glaciares de clasificaciones térmicas



Nota. La densidad está representada por curvas y puntos celestes y la temperatura está representada por curvas y puntos negros. A) Representa glaciar frío; B) un glaciar politermal; y C) un glaciar templado. Adaptado por Ginot et al. (2006)

c) Clasificación según Dinámica. Esta clasificación se relaciona con el tipo y características del movimiento de la masa glaciar (Yevgeniy, 2015).

- ✓ **Glaciares Activos:** Su movimiento es rápido que favorece el desplazamiento de rocas en dirección hacia zonas de acumulación llamadas morrenas. La gran acumulación de nieve produce el proceso de formación del glaciar y un desplazamiento en dirección al valle frontal. En este tipo, la mayoría de los glaciares son estables y se en campos de glaciares extensos.

- ✓ **Glaciares Pasivos:** Fluyen lentamente en favor de la pendiente. Aquí la el desplazamiento de las rocas y la generación de morrenas es dificultoso. Por lo general estos glaciares están en la fase de retroceso y destaca la geomorfología ya que las geoformas de depósito y la génesis de formas donde el agua de fusión es el agente erosivo principal.
- ✓ **Glaciares Inactivos:** No tienen alimentación y sólo persisten por la lenta fusión del hielo. Son relictos, es decir, están en una fase de retroceso por efectos de la fusión de la masa glacial y el movimiento es nulo. No suelen tener líneas de compensación y la zona de acumulación desaparece progresivamente.

d) Clasificación Morfológica. Esta clasificación se basa en la forma y extensión de los cuerpos glaciares teniendo diversas aceptaciones a lo largo del tiempo en la bibliografía de Yevgeniy (2015) y Rivera et al. (2016).

- ✓ **Casquete de hielo continental o Islandis:** Una vasta región de hielo que cubre un continente, como la Antártida, u otras grandes zonas en las que la topografía de la corteza bajo el hielo no gobierna completamente esta última. (Kotlyakov y Komarova, 2007)
- ✓ **Plataforma de hielo flotante o Ice shelves:** Se trata de la parte flotante de un glaciar, a la que, sin embargo, se adhieren dinámicamente los extremos frontales del glaciar. (Kotlyakov y Komarova, 2007)
- ✓ **Glaciares de Piedemonte:** Son glaciares que se esconden en la Cordillera, pero cuya alimentación es suficiente para permitir que una lengua rompa las estribaciones y vierta su caudal de hielo en forma de abanico divergente.
- ✓ **Glaciares de valle:** Es cuando un glaciar cubre parcialmente o completamente el vale de una montaña, caracterizándose por tener una o más cuencas de acumulación, ubicadas en subcuencas o circos que confluyen en el valle.

- ✓ **Glaciares de Montaña:** Estos glaciares, que presentan diversas morfologías y se encuentran en la alta montaña, utilizan una pequeña lengua glaciar para evacuar las zonas de acumulación. Su zona de acumulación es bien definida. (Müller et al., 1977)
- ✓ **Glaciares en calota:** Estas formaciones de hielo están situadas en el borde de una región montañosa. Como resultado de la acumulación y de la topografía subyacente, el centro de estos glaciares es redondeado, tipo "domo".
- ✓ **Glaciares de Circo:** Son las zonas situadas dentro de los circos, que son depresiones semicirculares creadas por la erosión glaciar y bordeadas por flancos montañosos que se inclinan bruscamente hacia arriba formando de crestas de tipo "aretas".
- ✓ **Glaciares de cráter:** aquellos que están situados en una depresión topográfica que está rodeada por una cadena montañosa, lo que impide que el hielo recogido sea evacuado de la superficie. En su lugar, el hielo fluye hacia el centro de la depresión y pierde masa por ablación superficial.

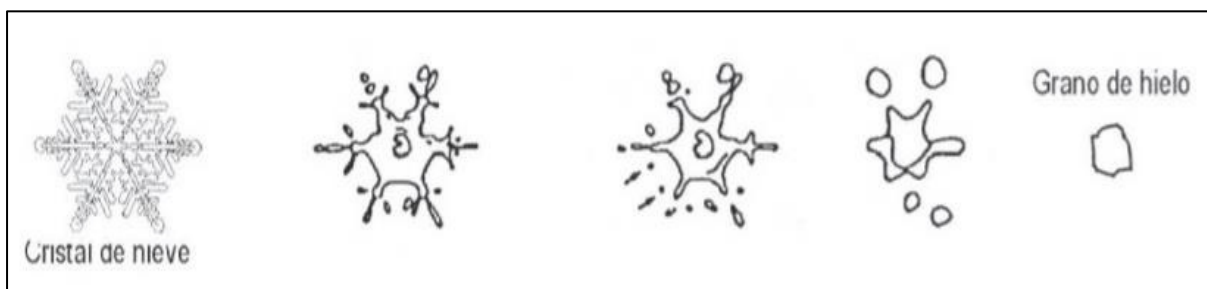
e) **Clasificación según su posición en el planeta.** Los glaciares también se clasifican según su ubicación geográfica mostrando los siguientes tipos:

- ✓ **Glaciares polares:** Están situadas en las zonas muy frías que caracterizan ambas partes polares de la Tierra y son la causa de la existencia de la capa de hielo continental.
- ✓ **Glaciares subtropicales:** Se encuentran en latitudes medias, donde el clima es semihúmedo y hay mucha radiación solar.
- ✓ **Glaciares tropicales:** Están situados en la región ecuatorial, que representa el 50% de la superficie terrestre, el 70% de la población mundial y la generación de fenómenos climáticos como la estación de los monzones, los huracanes y el fenómeno de El Niño. Esta región es conocida como el motor climático del mundo. (Santillana y García, 2015)

B. Formación. El aumento de la masa glaciar es producido por consecuencia del proceso de diagénesis, que se puede explicar como la transformación de la nieve en una capa cuasi-liquida de la superficie de un cristal de nieve, por el intercambio de moléculas de agua desde posiciones poco estables a otras mucho más estables tal y como se muestra en la Figura 1 (Yevgeniy, 2015).

Figura 2

Fases de transformación de nieve a hielo.



Nota. Esta imagen muestra esquemáticamente las fases consecutivas de la transformación dada en el texto anterior. Tomado del libro *Ambientes glaciares y periglaciares* (p. 71), por Y. Yevgeniy (2015), Green Cross.

El hielo, que es el resultado final del metamorfismo de la nieve, se define como moléculas sólidas de agua que tienen una densidad superior a 800 kg/m^3 . La presencia de contaminantes, el tipo de diagénesis experimentada y el tiempo transcurrido desde el desarrollo de la capa de nieve son sólo algunos de los factores que pueden afectar a la densidad del hielo. La densidad del hielo puro es de 910 kg/m^3 y, en ese caso, se tienen bloques de hielo libres de impurezas de un color azul cristalino (Yevgeniy, 2015).

C. Dinámica de los Glaciares. La zona de acumulación y la zona de ablación representan los procesos clave en el ciclo de masa de un glaciar, separados por la línea de equilibrio, donde la acumulación y la pérdida de hielo se equilibran.

a) Zona de Acumulación. La zona de acumulación o también conocida como zona de ganancia es aquella que retiene nieve y hielo a lo largo de un año hidrológico proporcionando información útil de la cantidad de precipitación sólida (nieve) depositadas por el glaciar durante dicho periodo. (Francou y Pouyaud, 2008) (Francou y Pouyaud, 2004)

La precipitación nivosa es la forma principal de acumulación de masa en un glaciar. Esto varía unos centímetros por año según la ubicación de las diversas regiones como por ejemplo en Antártica Oriental o también conocida como la zona más árida del planeta. En los Andes tropicales, la actividad convectiva amazónica produce una significativa acumulación en el lado oriental de los Andes. (Rivera et al., 2016)

b) Zona de Ablación. Es la zona donde se predomina los procesos de fusión, entendida como la pérdida de hielo en forma líquida; así pues, también se produce la evaporización, sublimación y desprendimiento de bloques de hielo (Francou y Pouyaud, 2008) (Francou y Pouyaud, 2004). La transferencia de energía proveniente de la atmósfera acelera el derretimiento de la masa glaciar en la superficie mediante los procesos de radiación y flujos turbulentos. La deflación y la sublimación son otros dos tipos de ablación; esta última es el proceso de convertir el hielo en vapor de agua directamente. Aunque puede ser el principal mecanismo de ablación de los glaciares en condiciones extremadamente frías, secas y ventosas, puede producirse a cualquier temperatura. (Rivera et al., 2016)

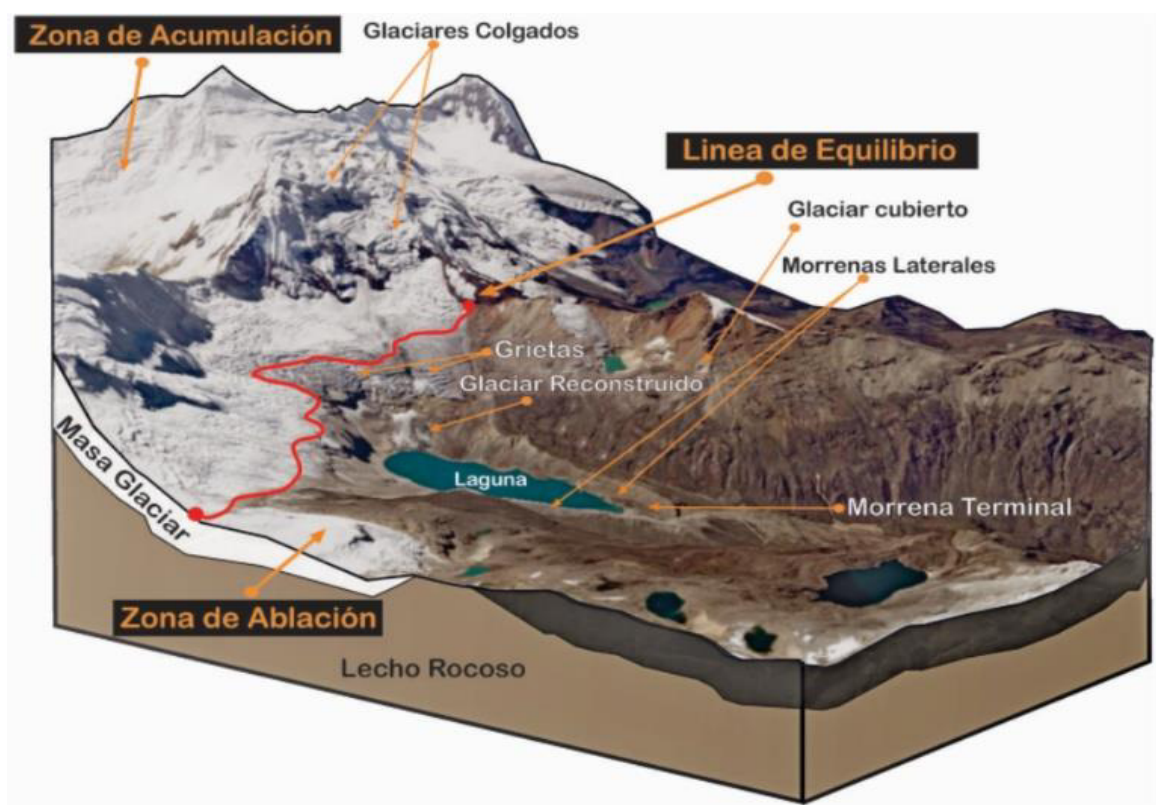
c) Línea de Equilibrio. Se puede definir como la línea teórica que separa a la zona de acumulación y la zona de ablación (Úbeda, 2011), donde el balance glaciar alcanza el valor de 0 mm de eq. agua, que separa la zona de acumulación (donde Acumulación es mayor que la Ablación) de la zona de ablación (donde Acumulación es menor que la Ablación). La altura de

la línea de equilibrio del glaciar es variada según el balance de masa glaciar, parámetro con el cual posee una relación lineal. (Francou y Pouyaud, 2004)

Al reconocer y entender estas zonas, se entiende que un glaciar es un sistema dinámico con un grado de plasticidad debido a sus características de su composición (nieve, hielo, agua) que deforman bajo el efecto de su propio peso y cuya dinámica consiste en transferir el exceso de masa ocasionada en la parte superior del glaciar hacia la parte inferior donde la ablación o proceso de fusión es mayor. (Francou y Pouyaud, 2008)

Figura 3

Esquema general de las partes de un glaciar y zonas circundantes



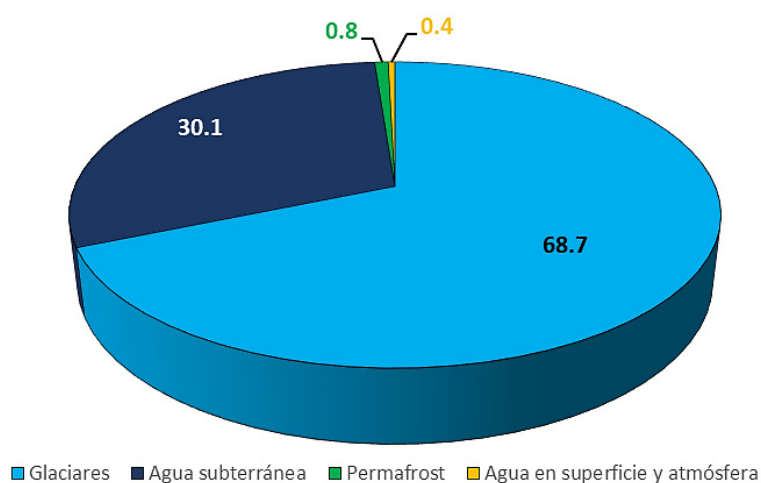
Nota. Esquema obtenido de Manual Metodológico de Inventario Nacional de Glaciares (p. 28), INAIGEM, 2017.

D. Distribución del Agua. El agua ocupa dos tercios de la superficie terrestre y según apreciaciones del United States Geological Survey (USGS), el volumen total del agua en la Tierra es de aproximadamente 1386 millones de kilómetros cúbicos (km³). Así pues, según estudios de Félix Blanco y la Torre (2017), manifiesta que la distribución total del agua salada ocupa entre el 97 y el 97,5% de la Tierra y menos del 3% del agua en el mundo es agua dulce. De este 3% dos tercios se encuentran en estado sólido (glaciares). Por lo tanto, las poblaciones humanas solo contamos con menos del 0,5% del agua para satisfacer nuestras necesidades y las de los ecosistemas de agua dulce (UNESCO, 2003).

La distribución del agua es irregular y condiciona la disponibilidad de consumo para el ser humano estimándose el suministro total de agua dulce para las personas y ecosistemas de 0.01% del total del planeta (Shiklomanov, 1999). La disponibilidad de agua dulce del mundo se encuentra en los glaciares con un total de 68,7%, aguas subterráneas un 30,1%, agua superficial y atmosférica en un 0,4% y el 0,8% permanece congelada todo el año en zonas peri glaciares conocidas como permafrost (De la Torre, 2017).

Figura 4

Distribución del agua a nivel mundial en porcentajes (%).



Nota. Tomado y adaptado del estudio “Los recursos hídricos en el mundo” (p. 4), De la Torre, 2017.

E. Importancia de los Glaciares. Los glaciares cuentan con diversas características intrínsecas que las convierten en recursos de suma importancia para la estabilidad hídrica, ecológica y económica como se menciona a continuación:

a) Reserva de agua dulce: Debido a los datos relatados anteriormente con respecto a la distribución hídrica a nivel mundial, los glaciares representan el 68.7% de los 0.01% de agua dulce disponible. Estos glaciares tienen un rol muy importante en la regulación hídrica de nuestras cuencas, indispensables para el uso y satisfacción de las necesidades de las personas que presentan alta densidad poblacional, fundamentales para la actividad agrícola y que constantemente hace frente a los escasos de agua en zonas áridas o semiáridas.

Puede decirse que los glaciares son esenciales para controlar los flujos de agua, ya que los caudales resultantes de la fusión del hielo de los glaciares sirven como fuentes vitales de agua dulce para las comunidades locales y las que viven ladera abajo. Asimismo, son de gran importancia por su función de reservar grandes cantidades de agua dulce para el abastecimiento de ecosistemas y poblaciones (GEOESTUDIOS LTDA., 2008).

b) Indicadores del Cambio Climático: Debido a la gran aceleración de los procesos antrópicos y el inminente aumento de la temperatura global, se ha evidenciado que los glaciares son significativamente sensibles al cambio climático con retrocesos de grandes velocidades reflejados en el balance de masa glaciario, variaciones del frente o desplazamientos del mismo. Los glaciares son importantes debido a que son excelentes indicadores de las fluctuaciones climáticas, tendencias y evolución en un periodo de tiempo (Francou et al., 2007); es decir, debido al tamaño de cada glaciar se puede obtener una información valiosa del cambio e impactos futuros que se tienen, los pequeños darán respuestas rápidas (en pocos años) mientras que los glaciares de mayor tamaño lo harán a largo plazo (GEOESTUDIOS, 2008).

c) **Ecosistemas de montaña:** Las amenazas que presentan los glaciares son una de las razones más importantes de su importancia para los ecosistemas de montaña (GLOF, deslizamientos, DAR, etc.), por ejemplo, al aporte hídrico que ellos realizan y por su contribución al mantenimiento de los ecosistemas; por ejemplo, los humedales altoandinos que se forman y existen a partir de las aguas que emergen de los glaciares, constituyen un ambiente de alta montaña que sustenta una importante biota en sus entornos entre diversas especies de flora y fauna. (Marangunic, 2019)

d) **Biodiversidad:** Debido a las condiciones ambientales extremas de los glaciares, durante mucho tiempo se ha pensado que la actividad biológica y la presencia de flora y fauna en las zonas glaciares son escasas o nulas debido a las bajas temperaturas, a excepción de las comunidades bióticas transitorias y la materia orgánica transportada por el viento. Mas, por el contrario, investigaciones y exploraciones recientes demuestran la existencia variada de la biodiversidad en glaciares, entre las comunidades bióticas especializadas que realizan todo un ciclo de vida en ellos.

Asimismo, la existencia de los humedales que se forman en zonas glaciares y peri glaciares que existen a partir de las aguas emergentes de los glaciares, conforman un ecosistema de montaña de suma importancia para la subsistencia de diversas especies de flora, fauna.

e) **Investigación:** Los glaciares de cualquier tipo, a nivel mundial, constituye también una significativa y excelente labor para la investigación científica de cada territorio. Estos estudios abarcan temáticas de hidrología, geología, ambiental, cambio climático, gestión de riesgos de desastres por origen glaciar y otros más. Cada temática o enfoque que se le da estos estudios científicos en zona glaciar y periglaciar, brinda a los estudiosos a conocer y entender los procesos que tienen, los beneficios que ofrecen, los problemas que enfrenta y los impactos que ocasionan si estos dejan de existir.

f) Turismo y valor paisajístico: Los glaciares no solo brindan excelentes beneficios en términos ambientales o ecológicos, sino también son de gran importancia para el disfrute del ser humano en términos de ocio, aventura, relajación y esencia de valoración. El turismo ofrece visitas al frente glaciar, caminatas de diferentes extensiones donde incluyen temáticas específicas, en algunos casos prácticas de ski o de ascenso a las cumbres, entre otros. Estos beneficios derivados del turismo que ofrecen los glaciares y su entorno son también de suma importancia no solo para los que la disfrutan, sino también para los que viven de ella como las comunidades locales. Los beneficios indirectos y económicos que se originan de los glaciares son numerosos que pueden hacer frente también al índice de pobreza de nuestro territorio y por tal motivo, debe ser considerado como un importante aporte a nuestro planeta.

F. Glaciares y Cambio Climático. El tamaño de los glaciares en regiones montañosas ha disminuido considerablemente en los últimos 100 a 150 años. Debido a las grandes fluctuaciones en los patrones climáticos a nivel global, ha generado que la criósfera retroceda cada vez más rápido y de maneras distinta por su ubicación territorial. En general, el avance o retroceso de los glaciares es el resultado de condiciones topográficas y/o climáticas especiales que tiene cada masa de hielo sólida, como los periodos decenales o multi-decenales con presencia de las precipitaciones que se produjeron en algunas regiones (García et al., 2019). Con excepción de algunos glaciares, la gran mayoría están disminuyendo en extensión y volumen, gracias a los análisis de series temporales de cambios de medidas en longitudes, área y masa de los mismos. En función a la información brindada por el IPCC (2013), más de 600 glaciares han desaparecido y es probable que algunas cadenas montañosas pierdan la mayoría e inclusive la totalidad de sus glaciares.

En particular, los Andes peruanos tiene el privilegio de albergar el mayor número de glaciares tropicales del mundo y existen zonas con gran número de glaciares en las 18 cordilleras (20 cordilleras en total, pero dos de ellas con extinción de cobertura glaciar) desde

la zona central y septentrional del país hasta la frontera meridional. Está cubierta glaciaria evidencia a corto plazo su retroceso rápido y significativo, específicamente en la Cordillera Blanca, que han ido experimentando una desglaciación severa, donde los análisis revelaron que muchos glaciares de dicha zona han cruzado el punto de inflexión del pico hídrico (Schoolmeester et al., 2018).

Asimismo, en la actualidad por consecuencias del cambio climático global producido por causas tanto naturales como antrópicas, ha evidenciado gran preocupación en los glaciares y su pérdida en superficie y volumen de manera acelerada. Tanto así que los resultados de las investigaciones del Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM, 2018) demuestran que Perú perdió 1.284 km² de superficie glaciaria, es decir, el 53,56% de toda la superficie, en los 54 años transcurridos entre 1962 y 2016, y que a su vez, es importante establecer estrategias eficaces para la preservación y gestión del impacto que el retroceso de los glaciares tiene en nuestro país, los glaciares deben ser objeto de estudio y seguimiento continuos debido tanto a su vulnerabilidad a los efectos del cambio climático como a su importante influencia en la comunidad.

a) Impactos por desglaciación: Según Zapata L. (2010) menciona que el cambio climático en nuestro país y específicamente en la Cordillera Blanca es muy notorio y sus impactos están afectando seriamente a los diversos ecosistemas, biodiversidad, alteración ambiental y a la calidad de vida de las personas. La población actualmente ya ha reconocido que el clima está cambiando y que los glaciares vienen experimentando un retroceso significativo y que otros ya han desaparecido. Asimismo, climáticamente en la sierra o zonas de montaña de nuestro país, el abastecimiento de agua se da en las épocas de lluvia, ya que los glaciares en este periodo se recargan y el caudal de los ríos aumenta.

Pero actualmente, debido al incremento de la temperatura que provoca efecto negativo en ambientes glaciares, desatando el proceso de desglaciación que aumentando con gran

relevancia su afectación como avalanchas y aluviones que son expresiones de la inestabilidad de los glaciares frente a este fenómeno de escala global, cambios de temperatura, y entre los fenómenos más dramáticos en la criósfera de montaña, debido que son los detonadores de los fenómenos conocidos como los GLOF's (Glacial Lake Outburst Flood) que han sido causantes de pérdidas de vidas humanas, materiales y ambientales. A esto se le suma la disminución de disponibilidad y oferta hídrica para la sostenibilidad de los ecosistemas de montaña y el abastecimiento de agua en poblaciones rurales y urbes de mayor demanda.

b) Inventario Nacional de Glaciares en la Cordillera Blanca: A través del último Inventario Nacional de Glaciares de las Cordilleras Glaciares del Perú (INAIGEM, 2018) se describieron las principales características climáticas, glaciológicas, geográficas, geológicas, geomorfológicas, hidrográficas, demográficas, culturales y económicas de cada cordillera, junto con datos actualizados sobre su estado físico-geográfico. En ese sentido, la Cordillera Blanca, ubicada en la zona norte del país con un área de 13,602 km² y una longitud aproximada de 247 km presenta los siguientes resultados del inventario:

Tabla 1

Resultados en superficie y reducción de la cobertura glaciar de la Cordillera Blanca

Unidad	Libre de detritos o escombros	Cubierto	Superficie glaciar actual	Perdida de superficie glaciar
Km ²	425.84	22.97	448.81*	227.45
%	94.88	5.12	61.8	38.2
	<i>Superficie Glaciar</i>			
	<i>Reducción de la superficie</i>			

Nota. ()* Representa el 100% de la superficie total glaciar de la cordillera.

El cuadro anterior refleja la pérdida de la superficie glaciar de la Cordillera Blanca, donde disminuyó en 277.45 km²; observándose que la mayor reducción glaciar se produjo en los últimos 13 años (2003 – 2016) que corresponderían 78.81 km². En ese sentido, la cordillera Blanca perdió el 38.20% de su superficie en los últimos 54 años (1962 - 2016).

2.1.2.2. Turismo. Según la Ley N° 29408, Ley General de Turismo, el turismo comprende las actividades que realizan las personas cuando se encuentran fuera de su entorno habitual por un período predeterminado y continuo de tiempo menor a un año con fines de ocio, pero nunca en relación con el ejercicio de una actividad lucrativa en el mismo (Ministerio de Economía y Finanzas, 2011).

El turismo forma parte de los principales sectores económicos más importantes a nivel mundial, aumentando su importancia en países en vías de desarrollo o también llamados países emergentes debido a la generación de diversos puestos de trabajo y la posibilidad de mejora en el ingreso económico de innumerables familias. En otras palabras, esta actividad económica opera como fuente de oportunidades para la modernización socioeconómica y cultural de un área geográfica (Orgaz y Moral, 2016); donde La promoción y comercialización de los recursos culturales, naturales y patrimoniales debe hacerse de forma sostenible para mejorar el desarrollo socioeconómico de las poblaciones locales de los destinos y la preservación de los recursos. Estos recursos forman parte de una red de enorme valor y riqueza (Castellanos y Orgaz, 2013).

A. Turismo en el Perú. El Perú debido a su gran biodiversidad destaca entre los destinos emergentes para los mercados de Canadá y Estados Unidos, así como es considerado entre los ocho destinos latinoamericanos más solicitados por los viajeros norteamericanos, siendo Machu Picchu, Lima (cuarto puesto) y Cusco (quinto puesto) los que corresponden a Perú. (MINCETUR, 2015)

Por otro lado, el crecimiento del turismo en Perú ha sido muy positivo en la última década; según datos del MINCETUR, la llegada de turistas internacionales aumentó de 1.4 millones en el 2004 a 4.4 millones en el 2018. Por ende, la actividad turística también ha adquirido mayor importancia para la economía nacional y su importancia en el Perú invita a analizar su estrecha relación con la pobreza pues las prácticas turísticas se desenvuelven en regiones con persistentes niveles de pobreza y desigualdad. (Figuroa, 2020)

B. Cambio Climático y Turismo. El turismo es muy vulnerable al cambio climático y, al mismo tiempo, contribuye a él. Diversos factores, incluidos los efectos directos e indirectos, como la mayor frecuencia de fenómenos meteorológicos extremos, el aumento de los costes de los seguros y los problemas de seguridad, la escasez de agua, la pérdida de biodiversidad y los daños a los activos y atracciones de los destinos, entre otros, suponen amenazas para el sector. La continua degradación generada por el clima y la degradación del patrimonio cultural y natural impulsará a un descenso en la actividad turística, reducirán el atractivo de muchos destinos y se manifestarán disminuciones en las oportunidades económicas de las comunidades.

Si bien el Acuerdo de París ha generado un nuevo impulso y hay muchos esfuerzos en todos los niveles para encontrar soluciones para mitigar los impactos y adaptarse a las cambiantes condiciones ambientales, así como para informar cada vez más sobre las actividades y los impactos, el sector turístico sigue necesitando más evidencia sobre información esencial relacionada con el clima que se necesita para una mejor toma de decisiones.

B1) Variabilidad Climática y Cambio en un Evento Turístico: Existe una escasez de estudios sobre el sector turismo que hayan identificado al clima como un facilitador y/o factor en contra que hace posible y agradable las actividades turísticas en diferentes destinos y también como un impulsor clave para el mismo (Martin et al., 2005). Según Hamilton y Tol (2007) mencionan que el impacto del cambio climático en las llegadas y salidas de turistas

internacionales, así como el flujo de turistas nacionales en el Reino Unido han llevado a cabo un estudio sobre una gran cantidad de actividades turísticas y, para la mayoría de los turistas internacionales, expresan que las temperaturas cálidas son el ideal independientemente del origen del turista. La mayoría de los estudios anteriores analizaron las consecuencias del cambio climático en una serie de escenarios futuros y, además, normalmente adoptan los escenarios sugeridos por el IPCC (Shariff et al., 2018).

En esa línea, la actividad turística es vulnerable ante los efectos del cambio climático; así como también, esta actividad genera impactos negativos para la biodiversidad, ecosistemas, etc. Pero debido a la escasa data científica sobre los efectos del cambio climático en un evento turístico abre incertidumbres de saber si solo existen efectos negativos por este estado climático, creando brechas para la toma de decisiones en cuanto al manejo del área expuesta ante peligros climáticos.

B2) Efectos directos del Clima en el Turismo: Las variaciones en el tiempo generarán condiciones de temperatura, precipitación, viento y sol que afectan positiva o negativamente el confort, participación o entorno del turista; lo que influye en la distribución geográfica y temporal del turista (Moreno, 2010). Es decir, estas variaciones condicionaran el destino turístico, provocando una decisión positiva o negativa para dicha actividad (Ver figura 5). Así lo manifestó Sergio Alonso:

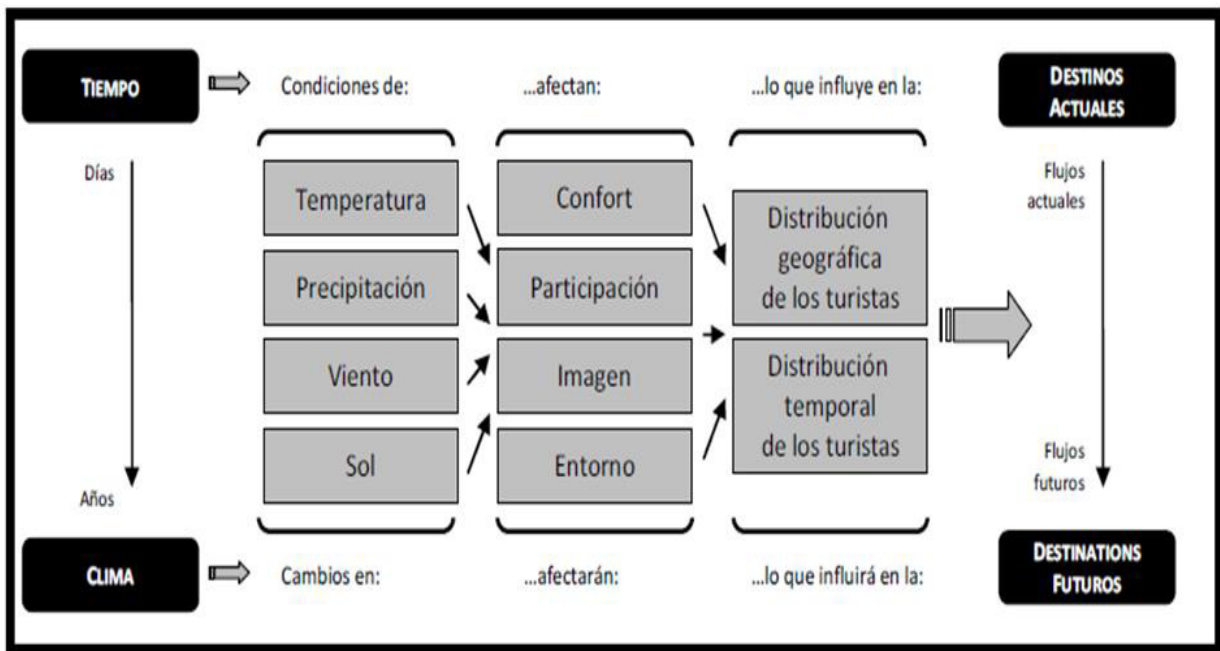
Si varía el tiempo de una zona por medio de cambios en las temperaturas o en las condiciones ambientales, la oferta que un turista puede encontrar también se modifica y todo indica que esto será consecuencia socioeconómica que sumar a todas las que tendrá el cambio climático.

De la misma manera sucederá a largo plazo, es decir cuando el clima de ciertas zonas no seas las mismas por efectos del cambio climático, generará cambios significativos de oferta y demanda en los destinos turísticos; lo que influirá en la distribución geográfica y temporal

del turista. Por ejemplo, en ciertas zonas donde la atracción era el esquiar, actualmente ya no se da debido a la desglaciación o una zona donde era árida e inerte y sin vida biótica, hoy crea un espacio con abundante vegetación, aparición de nuevas especies y por consiguiente creara un nicho de mercado turístico óptimo. (Ver figura 5)

Figura 5

Efectos directos del clima y tiempo en los turistas



Nota. La figura ilustra cómo el clima y el tiempo influyen en el confort, la participación, la imagen y el entorno, influyendo así en los flujos de visitantes presentes y futuros. Gráfico extraído del IPCC (2013) y adaptado por Moreno (2010)

2.1.2.3. Teledetección. La Teledetección o también llamada Percepción Remota es la técnica que permite adquirir información a través de imágenes sobre un objetivo a una determinada distancia, es decir, sin que exista contacto directo o material entre el objeto o sistema de observación y el sensor, sea este aéreo o espacial. Esta técnica, proveniente de la traducción de término inglés *remote sensing*, originado a inicios de los años 60 para designar cualquier medio de observación remota se aplicó fundamentalmente a la fotografía aérea no solo engloba ello sino también permite su posterior tratamiento en el contexto de una determinada aplicación. (Chuvienco, 1995)

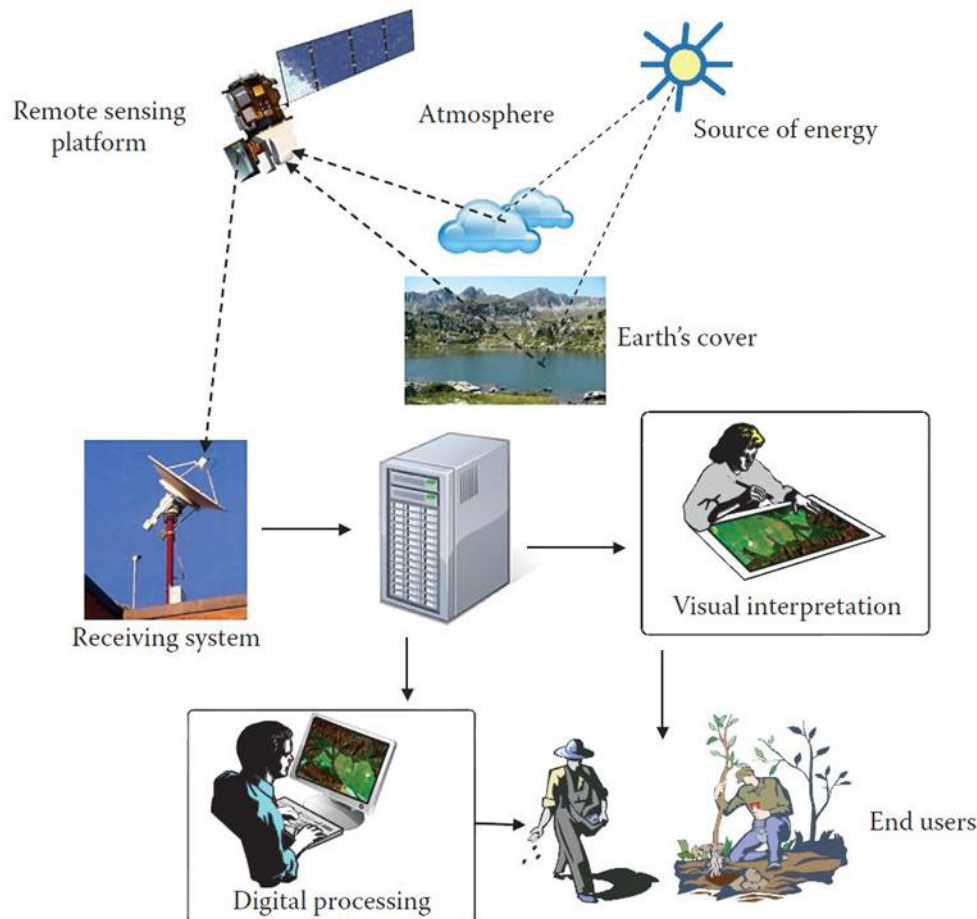
En esa línea, un sistema de teledetección espacial contiene los siguientes elementos:

- (i) Fuente de energía, que supone el origen el flujo de energía percibida por el sensor ya sea por un foco externo al sensor, el cual se denomina teledetección pasiva siendo la más indispensable la energía solar; o de una energía emitida por el mismo sensor, llamado teledetección activa.
- (ii) Cubierta terrestre, objetivo a estudiar formada por diversas masas de vegetación, agua, suelos o infraestructuras antrópicas, que reciben la señal energética procedente de la fuente de energía y la emiten de acuerdo a las características físicas propias de dicha cubierta.
- (iii) Sistema sensor, compuesto por un sensor y una plataforma que lo soporta. Tiene la tarea de captar la energía reflejada por las cubiertas terrestres, codificarlas y almacenarlas o derivarlas directamente a un sistema de recepción.
- (iv) Sistema de recepción-comercialización, en donde se recibe la información transmitida por el soporte, se graba en un formato adecuado, y, con sus debidas correcciones, estas son interpretadas para diferentes fines o estudios.
- (v) Interprete, el que analiza la información y las convierte de imágenes digitales o análogas a datos cuantitativos facilitando su problema de estudio.

- (vi) Usuario final, quien usa la información procesada e interpretada para analizarla y dictaminar sobre los fines que de él se deriven.

Figura 6

Elementos que participan en el sistema de Teledetección



Nota. Información extraída de “Fundamentals of Satellite Remote Sensing an Environmental Approach” del autor Emilio Chuvieco, 2016.

A. Clasificación de los Sensores. Las principales cargas útiles dentro de un sistema satelital de teledetección son los sensores que ayudan a medir la radiación electromagnética que emite o se refleja de las cubiertas terrestres desde un campo. (Main y Agrawal, 2011) Los sistemas de sensores dentro de un satélite de teledetección se clasifican de la siguiente manera:

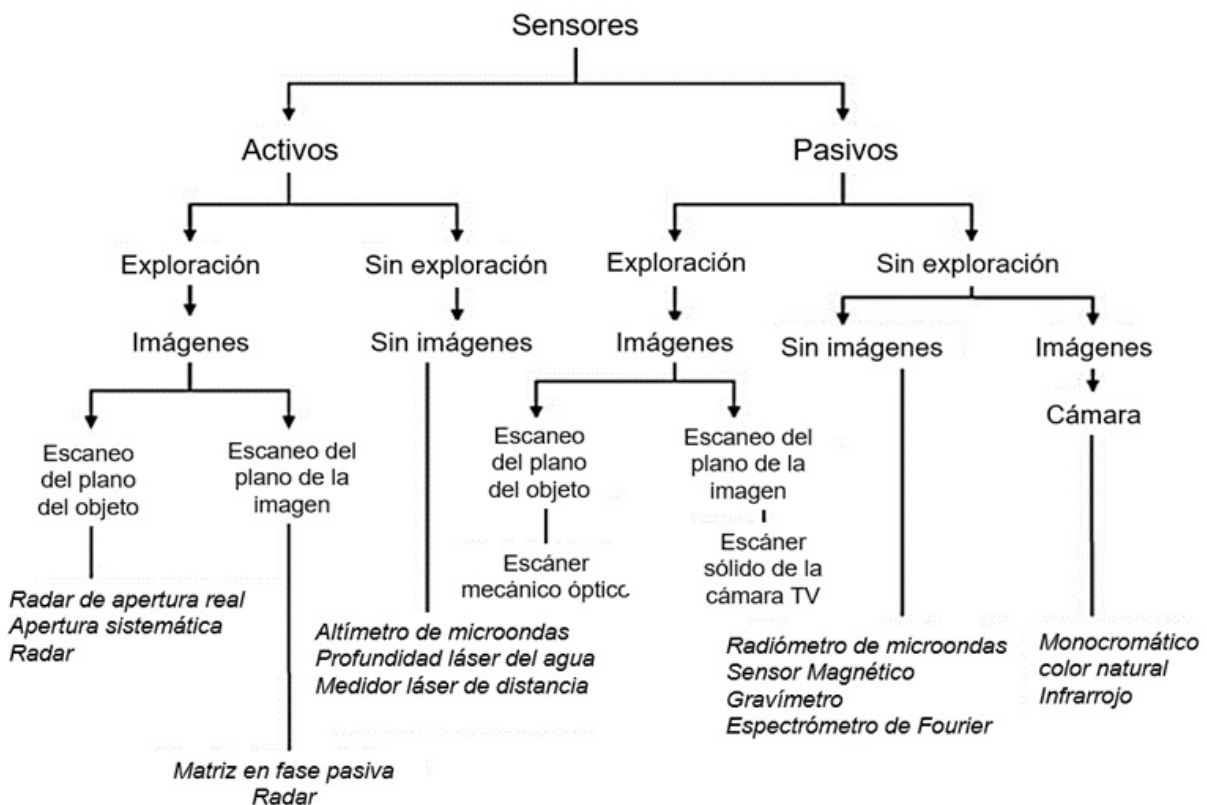
- ✓ **Sensores pasivos:** Un sistema pasivo generalmente se compone de una serie de sensores o detectores que registran la cantidad de radiación electromagnética reflejada y/o

emitida desde la superficie terrestres (Main y Agrawal, 2011). Es decir, no transmiten energía propia al objeto estudiado ya que depende de la energía natural (rayos solares) que emite un objeto en la superficie terrestre, siendo dependiente de la luz solar o por el contrario su aplicación no será exitosa (Kogut, 2021).

✓ **Sensores activos:** Un sistema activo, por el contrario, emite radiación electromagnética y mide la intensidad de la señal de retorno del objeto en estudio sobre la superficie terrestre. Es decir, funciona con su propia fuente de energía, y, por consiguiente, por no depender de la luz solar, no tienen restricciones en su estudio que les permite trabajar en cualquier momento (Kogut, 2021). Ej. radares, el Lidar, sonda, entre otros.

Figura 7

Varios tipos de sensores dentro de los satélites de teledetección



Nota: La imagen divide los sensores en categorías activas y pasivas, distinguiendo entre distintos tipos de exploración y creación de imágenes mostrando algunas de sus aplicaciones como lo son escáneres ópticos y cámaras de infrarrojos. (Main y Agrawal, 2011).

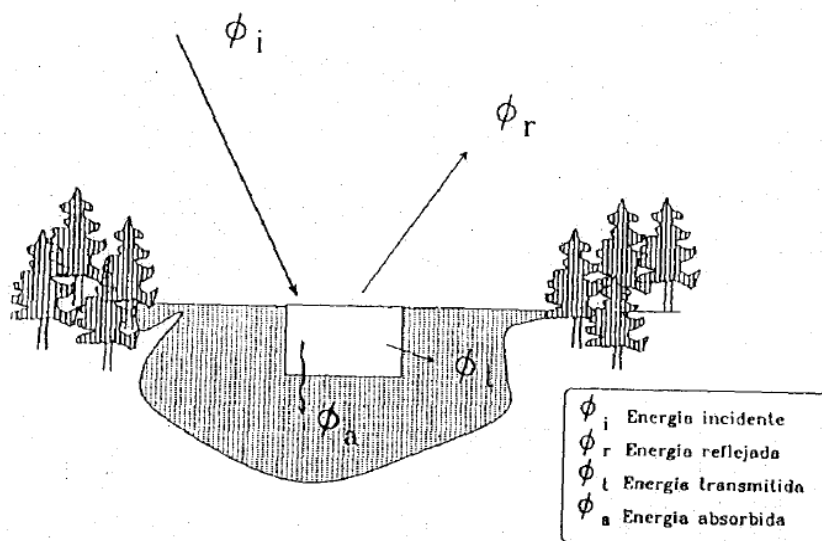
B. Principios Físicos de la Teledetección. La teledetección está basada en principios físicos permitiendo analizar la interacción de la radiación electromagnética con la superficie terrestre mediante sensores remotos

✓ **Espectro Electromagnético:** El espectro electromagnético se representa como una distribución continua de longitudes de onda y frecuencias, donde establecen una serie de bandas de acuerdo al comportamiento similar que presenta esta misma. Cuenta con tres (3) escalas de valores diferentes, una frecuencia, otra para la longitud de onda y otra para la energía; así pues, abarca desde longitudes de onda más cortas (rayos gamma, rayos X), hasta longitudes largas (tele comunicaciones).

✓ **Interacción de la radiación con la superficie terrestre:** La radiancia que recepción un sensor, dependerá de lo que reflejan las distintas cubiertas terrestres. Para poder detectar dichas cubiertas es necesario entender la interacción del mismo con la radiación solar incidente. En ese sentido, se considera que el flujo incidente (ϕ_i) puede descomponerse en flujo reflejado (ϕ_r), flujo absorbido (ϕ_a) y flujo transmitido (ϕ_t).

Figura 8

Representación gráfica de la relación entre el flujo incidente y reflejado.



Fuente: Chuvieco, 1995

Esta representación gráfica expresa lo siguiente en términos de unidades relativas, dividiendo cada término de la expresión por ϕ_i :

$$\frac{\phi_i}{\phi_i} = \frac{\phi_r}{\phi_i} + \frac{\phi_a}{\phi_i} + \frac{\phi_t}{\phi_i}$$

O, a través de una ecuación que tiene el mismo significado:

$$1 = \rho + \alpha + \tau$$

Esto quiere decir que la suma de la reflectividad (ρ), absorptividad (α) y transmisividad (τ) es igual a uno; no obstante, la relación que existe entre las tres variables no es constante ya que la proporción del flujo incidente que es reflejado, absorbido y transmitido dependerá de las características de la superficie que se observa y de la longitud de onda a la que sea observado y estudiado (Chuvieco, 1995).

C. Imágenes Satelitales. Las imágenes satelitales son productos obtenidos por los sensores instalados a bordo de un satélite artificial mediante la captación de la radiación electromagnética emitida o reflejada por un cuerpo u objeto; un producto constituido por píxeles que seguidamente se transmite a estaciones terrestres para ser visualizadas, procesadas, corregidas y analizadas. (Bense, 2017)

C1) Pixel: Un pixel es la unidad mínima o la menor área indivisible que contiene una imagen, cada uno de estos tendrán un número digital que se relaciona a un valor de escala de grises, localización espacial o coordenadas e información del objeto a estudiar. Cada pixel engloba un área de la superficie que puede contener una cobertura heterogénea u homogénea, por lo tanto, el número digital es un valor promedio de estas coberturas (Chuvieco, 1995).

C2) Criterios para la Adquisición de Escenas:

✓ **Resolución Espacial:** Se refiere a al objeto más pequeño que puede ser diferenciado sobre una imagen; esto es, la distancia al tamaño de la mínima unidad de información que presenta la imagen. La resolución espacial depende principalmente de la altura de orbital, la longitud focal y el número de detectores (Chuvienco, 2010)

✓ **Resolución Espectral:** Se refiere al número y anchura de las bandas espectrales que puede discriminar el sensor. Un sensor será más óptimo cuando cuente mayor cantidad de bandas, ya que esto ayudará a la una mejor caracterización espectral de las distintas cubiertas a estudiar (Chuvienco, 2010).

✓ **Resolución Radiométrica:** Se refiere a la sensibilidad del sensor, es decir, a la capacidad que tiene para detectar variaciones en la radiancia espectral que recibe. En la mayoría de equipos, las imágenes se codifican en un formato binario, por lo que la resolución radiométrica suele identificarse con el rango de valores que almacena el sensor.

✓ **Resolución Temporal:** Se refiere a la periodicidad con la que el sensor captura imágenes de la misma porción de la superficie terrestre (Chuvienco, 2010). El tiempo que tarda cada sensor en pasar sobre la misma porción de área se denomina “ciclo de recubrimiento”.

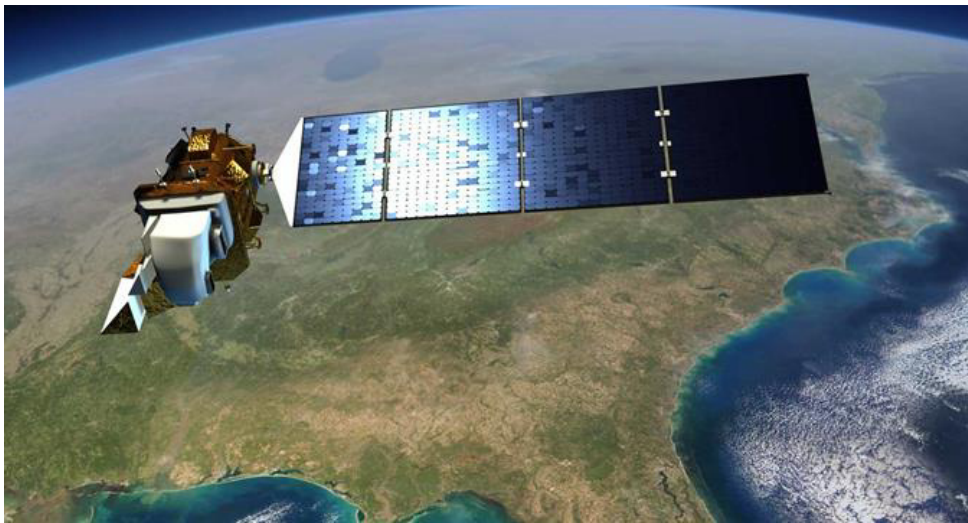
✓ **Unidad Mínima Cartográfica:** La unidad mínima cartografiable (UCM) también se le conoce como área mínima cartografiable de base. Es la unidad más pequeña de superficie que se puede delimitar en un mapa y permite alcanzar coherencia en la representación espacial y eficiencia en la interpretación o análisis en formato impreso. (López, 2012)

D. Programa Landsat. La agencia espacial norteamericana diseñó a fines de la década de los sesenta el primer proyecto dedicado exclusivamente a la observación de los recursos terrestres. Entonces como consecuencia de este trabajo fue la puesta en órbita del primer satélite de la serie Earth Resource Technology Satellite (ERTS) el 23 de junio de 1972.

Esta familia de satélites, denominada Landsat a partir del segundo lanzamiento, en 1975, ha constituido uno de los proyectos más fructíferos de la teledetección espacial. La buena resolución de sus sensores, el carácter global y periódico de la observación que realizan y su buena comercialización, explican su profuso empleo por expertos de muy variados campos en todo el mundo.

Figura 9

Sensor LANDSAT 8 OLI en órbita



Nota. Obtenido de <https://www.onda-dias.eu/cms/es/data/catalogue/landsat-8/>

Landsat es capaz de captar fotografías en una región que abarca desde los 81° de latitud norte hasta los 81° de latitud sur, así como, obviamente, en todas las longitudes del planeta. El satélite Landsat puede completar una órbita en unos 99 minutos, lo que le permite rodear la Tierra 14 veces al día y cartografiarla en 16 días. Como consecuencia de su órbita decreciente, que se desplaza de norte a sur, el satélite cruza el ecuador cada vez que pasa entre las 10:00 y

las 10:15 (hora local). Landsat está "heliosincronizado", lo que significa que siempre cruza una zona específica al mismo tiempo. (Flores, 2017)

Dependiendo del satélite y el sensor se incluye un canal pancromático y/o uno térmico; asimismo las resoluciones espaciales varían de 15, 30, 60 y 120m.

✓ **Landsat 5 (TM):** El 1 de marzo de 1984, la NASA lanzó Landsat 5, el último satélite Landsat originalmente ordenado por la agencia. Landsat 5 fue diseñado y construido al mismo tiempo que Landsat 4 y transportaba la misma carga útil: los instrumentos Multispectral Scanner System (MSS) y Thematic Mapper (TM).

Se utilizan simultáneamente siete bandas espectrales: tres en el visible, una en el infrarrojo cercano, dos en el infrarrojo medio y una en el infrarrojo térmico. En las bandas visible e infrarrojo medio, tiene una resolución espacial de 30 metros, y en la región del infrarrojo térmico, de 120 metros (Flores, 2017).

Tabla 2

Características y hechos generales del sensor Landsat 5

Fecha de lanzamiento	1 de marzo de 1984
Estado	Retirado de enero de 2013
Sensores	TM, MSS
Altitud	705 km
Inclinación	98.2°
Órbita	Polar, heliosíncrona
Hora de cruce ecuatorial	Nominalmente 9:45 a. m. (\pm 15 min.) hora local (nodo descendente)
Periodo de revolución	99 minutos; ~14,5 órbitas/día
Cobertura repetida	16 días

Nota. Información extraída de <https://landsat.gsfc.nasa.gov/satellites/landsat-5/>

✓ **Landsat 7 ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus):** El Landsat 7, se lanzó con éxito el 15 de abril de 1999 desde el campo de pruebas occidental de la base de la Fuerza Aérea Vandenberg, California, en un vehículo de lanzamiento desechable Delta-II. El instrumento de observación de la Tierra en Landsat 7, Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+), replica las capacidades de los exitosos instrumentos Thematic Mapper en Landsats 4 y 5. Este sensor ha sido llamado "el instrumento de observación de la Tierra más estable y mejor caracterizado jamás puesto en órbita" y considerada una calibración-triunfo, la misión Landsat 7 transcurrió sin problemas hasta mayo de 2003 cuando una falla en un componente de hardware dejó espacios en forma de cuña de datos faltantes a ambos lados de las imágenes de Landsat 7.

Tabla 3

Características y hechos generales del sensor Landsat 7

Fecha de lanzamiento	15 de abril de 1999
Estado	operativo a pesar de la falla del corrector de línea de escaneo (SLC) 31 de mayo de 2003
Sensores	ETM+
Altitud	705 km
Inclinación	98.2°
Órbita	polar, heliosíncrona
Hora de cruce ecuatorial	nominalmente 10 a. m. (\pm 15 min.) hora local (nodo descendente)
Periodo de revolución	99 minutos; ~14,5 órbitas/día
Cobertura repetida	16 días

Nota: Información extraída de <https://landsat.gsfc.nasa.gov/satellites/landsat-7/>

✓ **Landsat 8 (OLI):** El Operational Land Imager (OLI) y el Thermal Infrared Sensor (TIRS) son dos instrumentos científicos que forman parte de la carga útil del satélite Landsat 8. Landsat 8 fue lanzado en un cohete Atlas-V 401 desde Vandenberg, California, el 11 de febrero de 2013. Con una resolución espacial de 30 metros (visible, NIR, SWIR), 100 metros (térmica) y 15 metros (pancromática), estos dos sensores ofrecen una cobertura estacional de toda la masa terrestre. La USGS y la NASA colaboraron en la producción de Landsat 8 y siendo el 30 de mayo de 2013, esta se hizo cargo de las operaciones de rutina, liderando las actividades de calibración posteriores al lanzamiento, las operaciones satelitales, la generación de productos de datos y el archivo de datos en el centro de Observación y Ciencia de los Recursos Terrestres (EROS). (Landsat NASA, 2024)

Tabla 4

Características y hechos generales del sensor Landsat 8

Fecha de lanzamiento	11 de febrero de 2013
Estado	operativo a pesar de la falla del corrector de línea de escaneo (SLC) 31 de mayo de 2003
Sensores	OLI, TIRS
Altitud	705 km
Inclinación	98.2°
Órbita	polar, heliosíncrona
Hora de cruce ecuatorial	nominalmente 10 a. m. (\pm 15 min.) hora local (nodo descendente)
Periodo de revolución	99 minutos; ~14,5 órbitas/día
Datos	12 bits escalados a enteros de 16 bits
Cobertura repetida	16 días

Nota. Información extraída de <https://landsat.gsfc.nasa.gov/satellites/landsat-8/>

Las diferencias de resolución espectral entre el sensor Landsat 5 TM, el sensor Landsat 7 ETM+ y el Landsat 8 OLI se muestran en la siguiente tabla comparativa.

Tabla 5

Diferencias de las características de sensores Landsat 5, 7 y 8

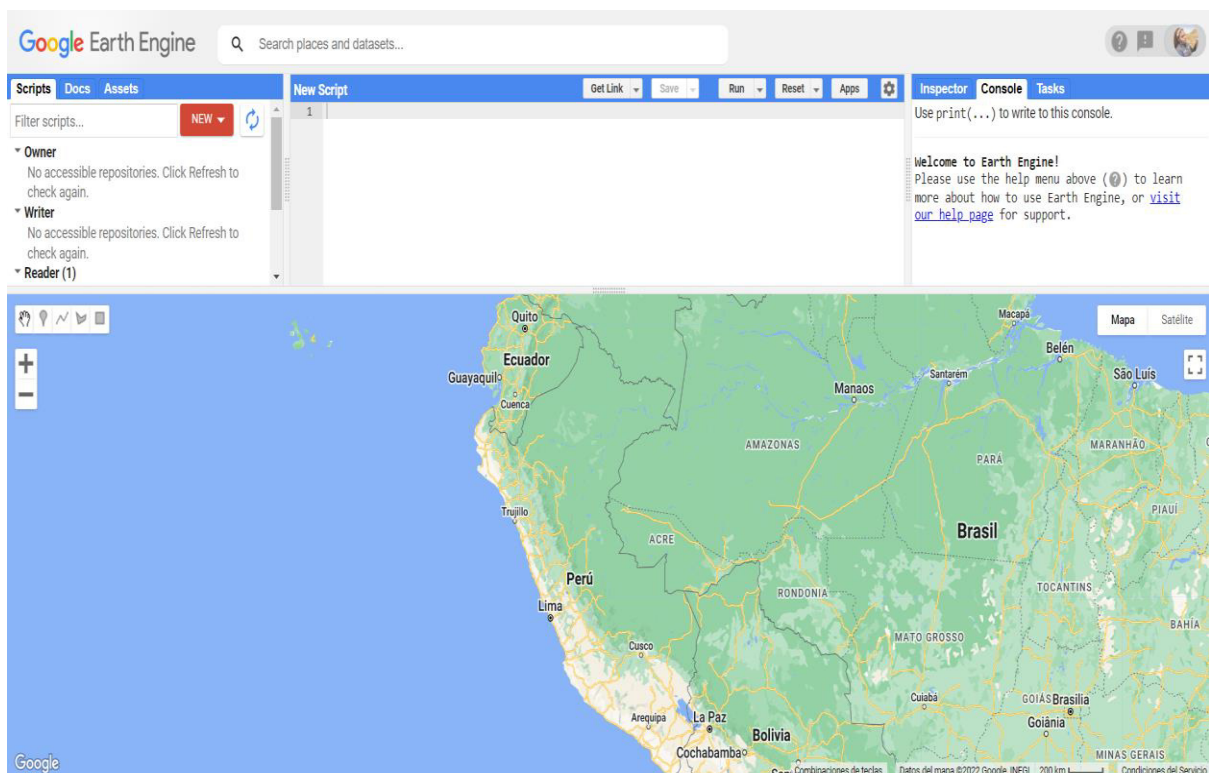
SENSOR	Sistema de sensor	Banda	Resolución espectral (um)	Resolución espacial (m)
Landsat 5	TM	B1 – Azul	0.42 – 0.52	30
		B2 – Verde	0.52 – 0.60	30
		B3 - Rojo	0.63 – 0.69	30
		B4 – Infrarrojo cercano (NIR)	0.76 – 0.90	30
		B5 – SWIR 1	1.55 – 1.75	30
		B6 – Infrarrojo térmico	10.4 – 12.5	120
		B7 – SWIR 2	2.08 – 2.35	30
Landsat 7	ETM+	B1 – Azul	0.42 – 0.52	30
		B2 – Verde	0.53 – 0.61	30
		B3 - Rojo	0.63 – 0.69	30
		B4 – Infrarrojo cercano (NIR)	0.77 – 0.90	30
		B5 – SWIR 1	1.55 – 1.75	30
		B6 – Infrarrojo térmico	10.3 – 12.4	60
		B7 – SWIR 2	2.06 – 2.35	30
		B8 – Pancromática	0.52 – 0.90	15
Landsat 8	OLI	B1 – Aerosol costero	0.43 – 0.45	30
		B2 – Azul	0.45 – 0.51	30
		B3 - Verde	0.53 – 0.59	30
		B4 – Rojo	0.64 – 0.67	30
		B5 – Infrarrojo cercano (NIR)	0.85 – 0.88	30
		B6 – SWIR 1	1.57 – 1.65	30
		B7 – SWIR 2	2.11 – 2.29	30
		B8 – Pancromática	0.50 – 0.68	15
		B9 – Cirrus	1.36 – 1.38	30
		B10 – Infrarrojo térmico	10.60 – 11.19	100
		B11 – Infrarrojo térmico	11.50 – 12.51	100

Nota. Información obtenida y acondicionada de Landsat Science de la NASA, 2016

E. Google Earth Engine (GEE). Una plataforma geomática basada en la nube llamada Google Earth Engine permite a los usuarios ver y examinar fotos de satélite de nuestro planeta para llevar a cabo investigaciones de teledetección, prever brotes de enfermedades, gestionar recursos naturales, etc. Los estudiantes que deseen participar en conversaciones y trabajar como científicos de datos pueden acceder a esta información (Google, s.f.). Entre una de sus aplicaciones es detección de cambios de la cubierta terrestre (Google, 2016). El catálogo de imágenes Landsat y otras imágenes se alojan en GEE, una tecnología masivamente paralela para el análisis de alto rendimiento de datos geoespaciales (Venturino et al., 2014).

Figura 10

Visor de la plataforma Google Earth Engine



Nota. Captura obtenida de la dirección <https://code.earthengine.google.com/>

✓ **Arquitectura de Google Earth Engine:** El sistema de gestión de clústeres Borg es una de las tecnologías de apoyo que utiliza el ecosistema de centros de datos de Google para impulsar Google Earth Engine. (Verma et al., 2015). Asimismo, se distribuyeron bases de

datos como la de Colossus; el sucesor del sistema de archivos de Google (Garcia et al., 2003); y el marco FlumeJava para la ejecución paralela de tuberías (Chambers et al., 2010). Además, Google Fusion Tables, una base de datos basada en la web que permite tablas de datos geométricos (puntos, líneas y polígonos) con características, está interconectada con Earth Engine (Gonzales, 2011).

Series temporales: Una serie temporal es un grupo de observaciones de datos, cada una de las cuales se registra en un momento determinado (x_t). Las series temporales se crean como registros de procesos que cambian a lo largo del tiempo (Grandell). Un registro puede ser una serie de observaciones discretas o un registro continuo. Una serie temporal es, por tanto, una colección de observaciones de una variable realizadas sucesivamente a lo largo del tiempo (Ihaka, 2005).

F. Sistemas de Información Geográfica (SIG). Los SIG siempre se han utilizado para la resolución de problemas socioespaciales en un amplio abanico de ciencias y por una gran variedad de científicos, a pesar de que se desarrollaron a partir del trabajo de geógrafos. Por este motivo, desde su creación se han considerado una herramienta interdisciplinar. Esta situación hace que existan múltiples visiones al momento de brindarles una definición. Para representar el espacio geográfico se pueden utilizar dos elementos clave. Por un lado, están las entidades distribuidas con posiciones geográficas precisas y, por otro, las propiedades de estas entidades. Se podría argumentar que los humanos pueden identificar rápidamente formas y rasgos únicos en el espacio geográfico.

Sistemas de información geográfica es la lectura, edición, almacenamiento y, en términos generales, gestión de datos espaciales. Esto puede hacerse tanto sobre el componente geográfico de los datos (la ubicación de cada valor o elemento) como sobre el componente temático (el valor o elemento en sí), y puede ir desde consultas sencillas hasta modelizaciones intrincadas. Generación de resultados tales como mapas, informes, gráficos, etc. (Olaya, 2011)

2.1.3. Marco Legal

2.1.3.1. Normas Nacionales. La normativa que sostiene esta investigación es la siguiente:

- ✓ LEY N°30754, LEY MARCO SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO. Según el inciso 3.3. de la presente ley, donde nos habla sobre mitigación y adaptación basada en ecosistemas menciona que Para garantizar que se sigan prestando servicios ecosistémicos, es importante identificar y poner en práctica estrategias de protección, gestión, conservación y restauración de los ecosistemas, especialmente de aquellos que son vulnerables, como los que se encuentran en las áreas naturales protegidas, los glaciares y las cordilleras. (Diario Oficial El Peruano, 2018)
- ✓ RESOLUCION MINISTERIAL N°096-2021-MINAM, Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático del Perú, es una herramienta especializada que dirige la adaptación en un contexto de cambio climático y se concentra en reducir la exposición y la susceptibilidad y en aumentar la capacidad de adaptación entre los años 2030 y 2050.
- ✓ DECRETO SUPREMO N°011-2015-MINAM, Estrategia Nacional ante el Cambio Climático. MINAM, 2015. Su objetivo último es estabilizar las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropogénicas perjudiciales para el sistema climático. Cabe señalar que este nivel debe alcanzarse en un plazo lo suficientemente largo como para permitir que los ecosistemas se adapten al cambio climático de forma natural, garantizar que la producción de alimentos no se vea comprometida y permitir que el desarrollo económico prosiga de forma sostenible.
- ✓ LEY N°29338 Ley de Recursos Hídricos. El uso y la gestión de los recursos hídricos se rigen por esta ley. Se incluyen las aguas superficiales, subterráneas, continentales y afines. En su caso, incluye las aguas atmosféricas y marítimas.

- ✓ Ley General de Turismo - Ley 29408, tiene el objeto de promover, incentivar y regular el desarrollo sostenible de la actividad turística.
- ✓ Decreto Supremo N°003-2010- MINCETUR - Reglamento de la Ley General de Turismo. Proporciona normas para la reglamentación de la Ley General de Turismo y es aplicable en todo el país a todos los niveles de gobierno, así como a instituciones, empresas y organizaciones involucradas en la industria de viajes y turismo.
- ✓ Plan Nacional de Adaptación del Perú, con el respaldo del Acuerdo de París y la Ley Marco de Cambio Climático y su Reglamento, es un documento estratégico que orientará la adaptación del Perú al cambio climático. Así pues, este documento también conocido como las siglas NAP, tiene la finalidad de apoyar a la reducción de la vulnerabilidad y riesgos ante efectos del cambio climático.
- ✓ Contribuciones determinadas a nivel nacional – NDC en Adaptación. Son intervenciones planificadas por actores estatales y no estatales que incluyen lo siguiente: acciones, prácticas, tecnologías y servicios necesarios para disminuir o evitar alteraciones severas, pérdidas y daños provocados por amenazas asociadas al cambio climático en poblaciones, medios de vida, ecosistemas, cuencas hidrográficas, territorios, infraestructura, bienes y servicios, entre otros; así como para aprovechar las oportunidades del cambio climático. Actualmente se estará incorporando el sector Turismo, lo cual dicha investigación da aporte a ello.

2.1.3.2. Normas y/o Tratados Internacionales.

- ✓ Declaración de Glasgow para la acción climática en el turismo. En la COP26, varias organizaciones destacadas hicieron un llamamiento urgente a todas las partes interesadas para que se comprometieran con una década de acción climática en el turismo. Las principales empresas turísticas, algunos países, destinos turísticos y otras organizaciones sociales se han comprometido a reducir las emisiones a la mitad para 2030 y a lograr cero

emisiones como muy tarde en 2050, bajo los auspicios de la Organización Mundial del Turismo (OMT). (UNWTO, 2021)

- ✓ Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), la cual entró en vigor el 21 de marzo de 1994 con el cómo objetivo es estabilizar los niveles de gases de efecto invernadero "a un nivel que impida interferencias antropogénicas (inducidas por el hombre) peligrosas en el sistema climático". Según el documento, "este nivel debe alcanzarse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, garantizar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de forma sostenible". Las Partes de la convención son cualquiera de las 197 naciones que lo han ratificado. (Naciones Unidas, 1992)
- ✓ Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, fue ratificada en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo celebrada en Río de Janeiro en 1992. Considera las medidas que deben adoptarse en los sectores social, económico, cultural, científico, institucional, jurídico y político con el objetivo principal de alcanzar el desarrollo sostenible, reconociendo el derecho de los seres humanos a una vida sana y productiva en armonía con el medio ambiente. (PNUMA, 1992)
 - ✓ Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS), son un llamamiento mundial a la acción para erradicar la pobreza, salvaguardar el medio ambiente y mejorar la vida y el futuro de las personas en todo el mundo. Como parte de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, que establece una estrategia para alcanzar los Objetivos en 15 años, todos los Estados miembros de la ONU adoptaron 17 Objetivos en 2015. (Naciones Unidas, 2020)

III. MÉTODO

3.1. Tipo de Investigación

3.1.1. Tipo de la Investigación

De tipo longitudinal o evolutiva ya que recolectan datos en diferentes momentos o periodos para hacer inferencias respecto al cambio, sus determinantes y consecuencias (Sampieri et al., 2014).

3.1.2. Nivel de Investigación

Esta investigación tiene un nivel explicativo ya que busca explicar las causas y razones del problema de estudio. Asimismo, tiene un nivel correlacional ya que se enfoca en establecer relaciones o asociaciones entre las dos variables principales de estudio. (Sampieri et al., 2014)

3.1.3. Diseño de la Investigación

Esta investigación deductiva tiene un diseño cuantitativo - no experimental; ya que se cuantificará y probará la hipótesis utilizando la estadística, así como también, no se están manipulando deliberadamente las variables. Es decir, se trata de estudios en los que no hacemos variar en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables (Sampieri et al., 2014).

3.2. Ámbito Temporal y Espacial

3.2.1. Ámbito Temporal

El presente trabajo de investigación se centra en un estudio multitemporal para ambas variables de estudio desde el año 1985 al año 2019.

3.2.2. Ámbito Espacial

3.2.2.1. Ubicación

A) **Ubicación Política.** El área de estudio pertenece políticamente de la siguiente forma:

- Centro poblado : Carpa, Margarita Pampa, Cuchus

- Distrito : Cátaç
- Provincia : Recuay
- Departamento : Ancash

B) Ubicación Hidrográfica. El área de estudio de la Subcuenca Pachacoto se localiza hidrográficamente en lo siguiente:

<u>Clasificación Strahler</u>	<u>Nombre</u>
Microcuenca	: Pastoruri
Subcuenca:	: Pachacoto
Cuenca	: Santa
Vertiente	: Pacífico
Cordillera	: Blanca

C) Localización Geográfica. El glaciar Pastoruri, se localiza geográficamente en las coordenadas UTM Zona 18L Sur, y geográficas dentro de DATUM WGS84; entre sus puntos extremos se tiene (ver anexos, Mapa 1):

Punto 1: Glaciar Pastoruri – dirección Noreste

<u>Coordenadas UTM</u>	<u>Coordenadas Geográficas</u>
Este : 261511.00	Longitud : 77° 10' 30" W
Norte : 8903375.00	Latitud : 09° 54' 34.2" S

Punto 2: Glaciar Pastoruri – dirección Suroeste

<u>Coordenadas UTM</u>	<u>Coordenadas Geográficas</u>
Este : 259815.00	Longitud : 77° 11' 26" W
Norte : 8901641.00	Latitud: 09° 55' 30.3" S

3.2.2.2. Descripción del Glaciar Pastoruri. El Pastoruri es uno de los glaciares más emblemáticos y es parte del 41% de cobertura glaciar en la Cordillera blanca ubicada en la parte sur del callejón de Huaylas; el cual, es uno de los destinos turísticos más importantes del Parque Nacional Huascarán y es uno de los emblemas para el abordar los efectos del cambio climático en el planeta. (ANA, 2021)

A) Aspectos Climáticos. De acuerdo a la clasificación climática de Thornthwaite y el resultado del trabajo técnico del SENAMHI, actualmente se han definido treinta y ocho tipos de climas a nivel nacional (SENAMHI, 2020); de los cuales, la zona de estudio cuenta con 3 tipos de dicha clasificación climática actualizada siendo las siguientes (Ver mapa 2 en anexos):

Tabla 6

Descripción de los tipos de clima en la zona de estudio

Simbología	Descripción	Área (Km2)	Área Subcuena (%)
A (r) C'	Muy lluvioso con humedad abundante todas las estaciones del año. Frío	90.65	44.71
B (o, i) C'	Lluvioso con otoño e invierno secos. Frío	98.82	48.74
Glaciar	Hielo perenne	13.29	6.56
TOTAL		202.76	100.00

Nota. Data extraída de SENAMHI, 2020. Elaboración propia.

La categoría A (r) C' representa un clima muy lluvioso con humedad abundante durante todas las estaciones del año, con temperaturas frías. Esta clasificación abarca una extensión de 90.65 km², lo que constituye el 44.71% del área total de la región.

Por otro lado, la clasificación B (o, i) C' describe un clima lluvioso con otoño e invierno secos, también caracterizado por temperaturas frías. Esta categoría abarca una extensión de

98.82 km², representando el 48.74% del área total de la zona de estudio. Adicionalmente, se ha identificado una región de tipo Glaciar, que se caracteriza por poseer hielo de manera perenne. Esta área abarca 13.29 km², lo que representa el 6.56% del total.

B) Aspectos Topográfica (pendiente). La topografía de la Subcuenca Pachacoto se caracteriza por una variedad de rangos altimétricos, cada uno con sus propias características distintivas, según el decreto supremo DS N° 017-2009-AG. (Ver tabla 7 y Mapa 3 en anexos)

En el rango de 0 a 4, el terreno es mayormente plano a ligeramente inclinado, abarcando un área de 5,609 km², lo que constituye el 2.77% del área total. En el rango de 4 a 8, la topografía se vuelve moderadamente inclinada, cubriendo una extensión de 13,322 km², equivalente al 6.57% del área total. A medida que avanzamos hacia terrenos más elevados, el rango de 8 a 15 muestra áreas fuertemente inclinadas, abarcando 24,847 km² y representando el 12.26% del área total. Las áreas con una inclinación moderada se encuentran en el rango de 15 a 25, abarcando 33,884 km² (16.71%). A medida que la inclinación aumenta, las zonas empinadas (de 25 a 50) ocupan 68,127 km², constituyendo el 33.60% del área total.

En el rango de 50 a 75, nos encontramos con áreas muy empinadas, que abarcan 36,566 km², representando el 18.04% del área total. Finalmente, en las zonas con una inclinación superior a 75, catalogadas como extremadamente empinadas, se identifican 20,377 km², equivalentes al 10.05% del área total.

Tabla 7

Descripción de las clases de pendientes de la subcuenca Pachacoto

Rango	Descripción	Área (km²)	%
0 - 4	Plana a Ligeramente inclinada	5.609	2.77
4 - 8	Moderadamente inclinada	13.322	6.57
8 - 15	Fuertemente inclinada	24.847	12.26

15 - 25	Moderadamente empinada	33.884	16.71
25 - 50	Empinada	68.127	33.60
50 - 75	Muy Empinada	36.566	18.04
> 75	Extremadamente empinada	20.377	10.05
TOTAL		202.73	100.00

Nota. Información según el DS N°017-2009-AG. Elaboración propia.

C) Aspectos Geológicos. En la subcuenca Pachacoto, lugar donde se ubica el Glaciar Pastoruri, se han identificado doce (12) unidades litológicas de acuerdo al Mapa Geológico Nacional brindado por INGEMMET (2023) a una escala de 1: 100 000 que contribuyen a la heterogeneidad geológica de la región. (ver Mapa 4 en anexos)

Tabla 8

Unidades Litoestratigráficas de la subcuenca Pachacoto

Era	Sistema	Serie	Unidades Litológicas	Descripción	Área (km²)
Meso	Jurásico	Superior	Js-chic	Fm. Chicama	45.84
	Cretáceo	Inferior	Ki-ca	Fm. Carhuaz	4.53

			Ki-chi		Fm. Chimú	5.40
			Ki-oy	Gpo.	Fm. Oyón	0.01
			Ki-sa	Goyllarisquizga	Fm. Santa	2.71
Cenozoico	Neógeno	Miocena	PN-ca_s	Grupo Calipuy	Miembro Superior	58.79
			Q-mo1	Depósitos	Gravas	40.56
			Q-mo2	morrénicos	subredondeadas	14.12
			Qh-al		Depósitos aluviales	5.74
			Qh-gf		Cuaternario holoceno glacio-fluvial	24.51
				Ríos*	Polígono de ríos	0.13
				Laguna*	Polígono de Laguna	0.41
TOTAL						202.76

Nota. (*) Estas áreas no están consideradas dentro del cartografiado geológico y por consiguiente no se detallan en el cuadro del mapa 4 ubicado en anexos.

La formación predominante es Js-chic, que corresponde a la Formación Chicama. Esta se caracteriza por la presencia de lutitas y pizarras, con intercalaciones delgadas de arenisca. Esta unidad se extiende sobre un área de 45.844 km², lo que representa el 22.61% del área total.

El Grupo Goyllarisquizga se compone de varias unidades, entre las que se incluyen Ki- (compuesta por limoarcillitas y areniscas cuarcíferas), Ki-chi (formada por areniscas cuarzosas con intercalaciones de lutitas gris oscuras y carbón), y Ki-sa (que consta de calizas y lutitas grisáceas con fragmentos de conchas). Estas unidades, en su conjunto, enriquecen la diversidad geológica de la región, cubriendo áreas de 4.528 km², 5.401 km² y 2.714 km², respectivamente.

Otra unidad de importancia es la PN-ca_s o Miembro Superior, que forma parte del Grupo Calipuy. Esta se caracteriza por la presencia de tobas soldadas y cubre un área de 58.791 km² de la subcuenca Pachacoto, lo que representa el 29% del territorio total.

Los depósitos morrénicos también tienen una presencia significativa, divididos en Q-mo1 y Q-mo2. Estos cubren extensiones de 40.564 km² y 14.122 km², respectivamente,

representando el 20.01% y el 6.96% del área total. Se caracterizan por la presencia de gravas subredondeadas a subangulosas con una matriz de areno-limosa.

Los depósitos aluviales, conocidos por su código Qh-al, se caracterizan por la presencia de gravas y arenas subredondeadas a subangulosas con una matriz de areno-limosas. Estos contribuyen con 5.74 km² a la subcuenca Pachacoto, lo que representa el 2.83% del área total.

Los depósitos fluvioglaciares, conocidos como Qh-gf, pertenecientes al sistema cuaternario y ubicados dentro de la subcuenca Pachacoto, cubren un área de 24.51 km², lo que representa el 12.09% del total. Esta unidad se distingue por la presencia de gravas subredondeadas con una matriz de areno- limosas.

D) Aspectos Geomorfológicos. La geomorfología presentada en este ítem de la subcuenca Pachacoto, se desarrolló bajo el estudio de Zonificación Ecológica y Económica (ZEE) de la región Ancash, proporcionada por el Ministerio del Ambiente (MINAM, s.f.) en el marco del proyecto de la dirección de Geología Ambiental. (ver Mapa 5 en anexos)

Tabla 9*Unidades geomorfológicas de la subcuenca Pachacoto*

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	AREA (Km²)	%
Ab	Abanico de piedemonte	1.05	0.5%
Dd	Depósitos de deslizamiento	0.68	0.3%
Dgf	Detrito glaciofluvial	46.14	22.8%
Dr	Montaña con desglaciación reciente	15.27	7.5%
LLi	Llanuras inundables	0.20	0.1%
M	Morrenas	4.27	2.1%
Me	Montaña estructural	86.46	42.6%
Mg	Montaña con cobertura glacial	10.73	5.3%
Ta	Terraza aluvial	4.91	2.4%
Vg	Valle glacial con lagunas	33.06	16.3%
TOTAL		202.76	100.0%

En la diversidad geomorfológica de la región Ancash y específicamente en la subcuenca Pachacoto, encontramos formaciones como el abanico de piedemonte (Ab), que se extiende sobre un área de 1.05 km², representando el 0.5% del total, y se caracteriza por su forma de abanico en la base de una montaña. Los depósitos de deslizamiento (Dd), que ocupan un 0.3% del total con 0.68 km², son testimonio de los movimientos de tierra que han ocurrido en la subcuenca.

El detrito glaciofluvial (Dgf), que nos habla de la influencia de los glaciares y los ríos en la formación del paisaje, cubre un portentoso 22.8% del total con 46.14 km². Las montañas con desglaciación reciente (Dr), que ocupan un 7.5% del total con 15.27 km², nos muestran el impacto del cambio climático en la región o área.

Las llanuras inundables (LLi), aunque solo representan el 0.1% del total con 0.197 km², juegan un papel crucial en el ecosistema local debido a que actúan como esponjas naturales, absorbiendo el exceso de agua durante las inundaciones y reduciendo la erosión. Son hogar de una gran biodiversidad, proporcionando hábitats para una variedad de especies: y, además, enriquecen el suelo con nutrientes cuando las aguas de inundación se retiran, beneficiando a las plantas y animales. También ofrecen beneficios para los humanos, como oportunidades para la agricultura, la pesca y el turismo.

Las morrenas (M), que cubren un 2.1% del total con 4.27 km², nos recuerdan la presencia de glaciares en el pasado. La montaña estructural (Me), la unidad más grande que cubre un 42.6% de la subcuenca con 86.46 km², es un testimonio de las fuerzas tectónicas que han moldeado la región. Así pues, las montañas con cobertura glacial (Mg) representan el 5.3% del total con 10.73 km² y actualmente son un recordatorio de la belleza y la fragilidad de estos ecosistemas.

Las terrazas aluviales (Ta) cubren el 2.4% del total con 4.91 km² y nos hablan de la influencia de los ríos en la formación del paisaje. Finalmente, los valles glaciares con lagunas (Vg), que ocupan un 16.3% del total con 33.06 km², son un testimonio de la acción de los glaciares en la formación del paisaje.

E) Cobertura Vegetal. Cada una de las unidades de cobertura vegetal de la subcuenca Pachacoto juega un papel crucial en el mantenimiento de la biodiversidad y la salud del ecosistema en la región de Ancash y en específico para el Parque Nacional Huascarán. Por ello a continuación se presenta las unidades correspondientes al área de estudio y sus alrededores (ver Mapa 6 en anexos):

Tabla 10*Descripción de las unidades de cobertura vegetal de la Subcuenca Pachacoto*

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	AREA (Km²)	%
Esv	Área altoandina con escasa y sin vegetación	84.19	41.5%
Bo	Bofedal	12.78	6.3%
Gla	Glaciar	14.38	7.1%
L/Co	Lagunas, lagos y cochas	0.51	0.3%
Ma	Matorral arbustivo	5.62	2.8%
Pj	Pajonal andino	85.28	42.1%
TOTAL		202.76	100.0%

Las áreas altoandinas con escasa y sin vegetación (Esv), que cubren un área de 84.19 km² y representan el 41.5% del total, son zonas de alta montaña donde las condiciones extremas limitan el crecimiento de la vegetación. Los bofedales (Bo), que ocupan un 6.3% del total con 12.78 km², son humedales andinos que albergan una rica biodiversidad y actúan como esponjas naturales, almacenando agua durante la estación seca.

Los glaciares (Gla), que cubren un 7.1% del total con 14.38 km², no solo son una fuente vital de agua dulce, sino que también influyen en los ecosistemas circundantes, afectando las condiciones climáticas y el tipo de vegetación que puede crecer.

Las lagunas, lagos y cochas (L/Co), aunque solo representan el 0.3% del total con 0.51 km², son ecosistemas acuáticos que albergan una diversidad de vida, desde plantas acuáticas hasta peces y aves.

El matorral arbustivo (Ma), que cubre un 2.8% del total con 5.62 km², es un tipo de vegetación resistente que se adapta a las condiciones áridas, proporcionando hábitat a una variedad de especies de fauna.

Finalmente, el pajonal andino (Pj), que cubre un 42.1% del total con 85.28 km², es un ecosistema de pastizales de alta altitud que es hogar de varias especies endémicas, incluyendo varias especies de camélidos andinos como la vicuña y el guanaco.

3.3. Variables

Las variables de la tesis se centran en la "evolución de la cobertura glaciar" como variable independiente (V.I) y la "demanda turística" como variable dependiente (V.D).

La V.I refleja los cambios en la superficie del glaciar Pastoruri en el periodo de estudio, influenciada por indicador principal el área glaciar. Por otro lado, la V.D representa el número de turistas en visitar el glaciar a través del ingreso al sector Carpa del Parque Nacional Huascarán, que se plantea estar influenciada por los cambios del Pastoruri.

3.3.1. Operacionalización de Variables

Las variables del presente estudio de investigación se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 11

Variables de la investigación

Categoría	Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Unidades
Variable Independiente (V.I)				
Evolución de la Cobertura Glaciar	Acción de cambios en las dimensiones glaciares	Cobertura de hielo	Área glaciar	m ²
			Temperatura	°C
			Altitud	msnm
			Radiación	Joule
			Precipitación	mm
		Índice de Nieve	Banda Visible (VIS)	µm
			Banda Infrarroja Cercana (NIR)	µm
			Espectro de Nieve	
			Espectro de Hielo	
Variable Dependiente (V.D)				
Demanda Turística	Conjunto de turistas que están motivados a visitar un destino.	Características de la demanda	Número de Turistas	Cantidad
			Motivación y Satisfacción turística	%
Indicadores Climáticos				
Cambio del área glaciar			Cambio de área glaciar cada 10 años	m ² /dec
Cambio de la demanda turística			Cambio del número de visitantes cada 10 años	cant/dec
Cambio de la temperatura			Cambio de la temperatura cada 10 años	°C/dec
Impacto del área glaciar por cambio de la temperatura			Cambio del área glaciar respecto a la temperatura en un futuro	m ² / °C
Impacto de la demanda turística por el retroceso glaciar			Cambio de la demanda turística respecto al área glaciar en un futuro	cant/ m ²
Impacto de la demanda turística por cambio de la temperatura			Cambio de la demanda turística respecto a la temperatura en un futuro	cant/°C

Nota. Elaboración Propia

3.4. Población y Muestra

3.4.1. Población

La población para la presente investigación, está delimitada por la superficie glaciaria total de la Subcuenca Pachacoto del distrito de Catac y distrito de Chavín de Huántar, provincia Recuay y provincia Huari, región Ancash, la cual es 8.54 km² según el INAIGEM (2016).

3.4.2. Muestra

La muestra se eligió mediante el método de muestreo no probabilístico, el cual es establecido a juicio de la investigadora. En la presente investigación se escogió al glaciar Pastoruri.

3.5. Instrumentos

Los instrumentos a utilizar en la presente investigación son:

3.5.1. Equipos

Son parte de los equipos básicos que se requieren para el procesamiento de la información.

- ✓ Laptop DELL: para la preparación, sistematización y procesamiento de la información.
- ✓ Impresora HP, para la impresión de los diversos avances del proyecto, insumos, encuestas e informe final.
- ✓ Cámara fotográfica de la marca Samsung, con zoom óptico de 12X y de 20 MP para la toma del área de estudio y de las actividades realizadas en campo.
- ✓ Bolsa de Dormir de marca Doite para zonas bajo 0°C, se usó para poder pasar la noche en el puesto de control con la finalidad de realizar las encuestas.
- ✓ GPS Navegador de la marca Garmin modelo MAP64s, para registrar los puntos de campo.

3.5.2. Software

Para el desarrollo de la investigación se utilizarán softwares que se ejecutarán de manera conjunta y relacionada, siendo Google Earth Engine, Qgis 3.16, ArcGis 10.5, Google Earth pro permitiendo así un análisis más detallado.

Tabla 12

Descripción del uso de los Softwares.

Programa	Descripción
Google Earth Engine (GEE)	Plataforma Online que se utilizará para el procesamiento de imágenes satelitales (corrección radiométrica y atmosférica) y para el cálculo de índices.
ArcGIS 10.5 y QGis 3.16	Se usa para darle acabados a los estudios del glaciar y realización de mapas temáticos.
Google Earth Pro	Corroboración de campo y elaboración simplificada del área de estudio.
Excel 2010	Ayuda a procesar datos y realizar cálculos estadísticos

Nota. Elaboración Propia

3.5.3. Materiales estadísticos

Información meteorológica (temperatura); turística (registro anual de visitantes); y económica (recaudaciones anuales) que permitan conocer los cambios e impactos del clima en el sector turismo en el Glaciar Pastoruri.

3.5.4. Cartografía

Cartas Nacionales: Para el mapeo de la zona de estudio, tanto del Parque Nacional Huascarán como del glaciar, se harán uso de las hojas 18h, 19h, 19i, 20i y 21i de la Carta Nacional, proporcionadas por el Instituto Geográfico Nacional - IGN, la cual se encuentra a una escala de 1/100 000, información obtenida en la página web geo servidor del Ministerio de Educación – MINEDU (<http://sigmed.minedu.gob.pe/descargas/>).

Tabla 13

Cartas nacionales correspondientes al área de estudio.

CÓDIGO	NOMBRE	ZONA	ESCALA	SISTEMA DE REFERENCIA / DATUM
18-h	Corongo			
19-h	Carhuaz			
19-i	Huari	18 S	1/100 000	UTM / WGS84
20-i	Recuay			
21-i	Huayllapampa			

Nota. Información y elaboración Propia

Mapas temáticos: Se requerirá de mapas temáticos elaborados a través de fuentes de instituciones nacionales, las cuales son las siguientes:

- Mapa climático, por medio de la base de información disponible del SENHAMI.
- Mapa de unidades geológicas, por medio de la información disponible del INGEMMET.
- Mapa unidades geomorfológicas por medio de información disponible del INGEMMET.
- Mapa de pendientes por medio de las cartas nacionales, escala 1:100 000 del IGN y del MINEDU.
- Mapa de Cobertura Vegetal, por medio de la información disponible del MINAM.

Imágenes Satelitales: Las imágenes satelitales que se utilizarán en el presente estudio serán Landsat 5 TM, Landsat 7 ETM+ y Landsat 8 OLI – TIRS obtenidas por la plataforma

oficial Google Earth Engine. Dichas imágenes serán usadas para la determinación de retroceso glaciar del Pastoruri en el periodo de 1985 – 2019.

Tabla 14

Detalles de las imágenes satelitales utilizadas en el estudio

Sensor Remoto	Resolución	Fecha de toma	Proyección	Formato de salida
Landsat 5 TM	30	4/05/1985		
Landsat 5 TM	30	6/06/1995		
Landsat 5 TM	30	24/11/2005		
Landsat 7 ETM	30	28/07/2011	UTM	.TIF
Landsat 8 OLI-TIRS	30	26/04/2015		
Landsat 8 OLI-TIRS	30	5/04/2019		

Nota. En la tabla se presentan la descripción de algunas imágenes utilizadas en el estudio de diferentes sensores; por el contrario, el estudio contempló un total de 34 imágenes, correspondientes una para cada año.

3.6. Procedimiento

En adelante, se presentarán los procedimientos metodológicos que se llevaron a cabo para la realización de la presente investigación:

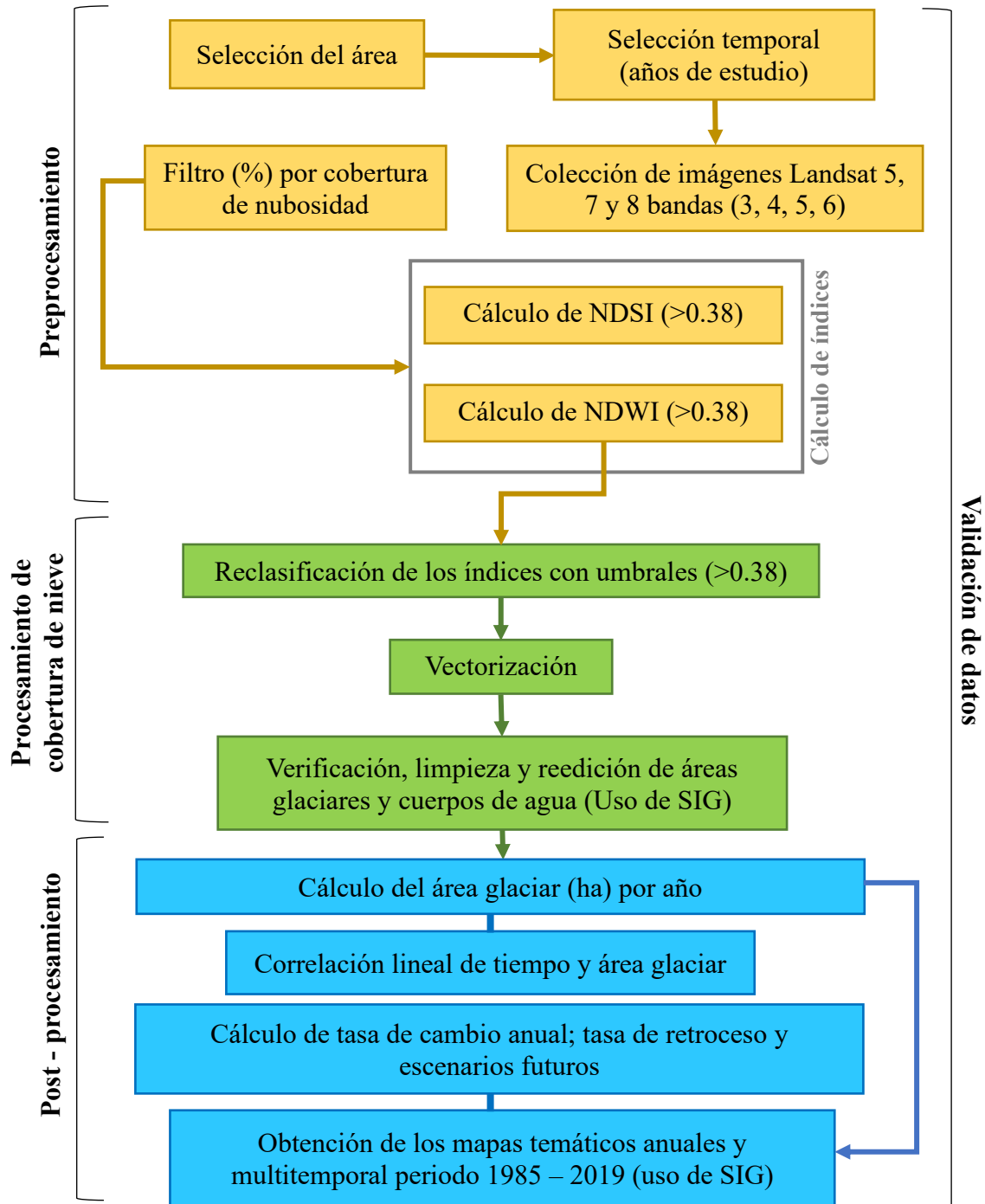
3.6.1. Evolución Glaciar con Google Earth Engine y SIG

Se realizó la determinación de la variación o el cálculo de los cambios que han ocurrido en el glaciar Pastoruri a través de la metodología señalada en la figura 11 con el uso escenas de imágenes Landsat 5, 7 y 8 en la Plataforma de GEE utilizando el editor de código basado en

la web para la API (Application Programming Interface) de JavaScript realizando filtros a la colección de entidades. La bondad que tiene este método es (i) lo automatizado y práctico para la extracción de coberturas glaciares; (ii) se pueden delimitar de manera rápida y con precisión las áreas de superficie glaciar teniendo en cuenta la diversidad y heterogeneidad espacial del ámbito territorial como de nieve; y (iii) se puede trabajar gran cantidad de extensión de terreno y datos sin fallos de conexión, demoras u otro inconveniente que los métodos a través de softwares o herramientas tradicionales suelen presentar cuando se intenta procesar y analizar imágenes satelitales. El esquema del diseño metodológico, describe el procedimiento adecuado que se tuvo para el mapeo de glaciares mediante el preprocesamiento del sensor Landsat en GEE (desde la nube).

Figura 11

Diagrama de flujo metodológico del primer objetivo específico



Nota. Elaboración propia.

3.6.1.1. Índice De Diferencia Normalizada De Nieve (NDSI). Dentro del código de trabajo en la plataforma digital GEE se procederá a determinar el índice de diferencia normalizada de nieve (NDSI) para cada año y se considerará como área glaciar aquella que se encuentra por encima del valor umbral de 0.38 o 0.4, esto depende de la realidad y mejor delimitación del área glaciar. (Colonia, 2013). Asimismo, se consideró como unidad mínima a considerar como glaciar a los que se encuentran por encima de 0.005 km² (Manual Metodológico de Inventario Nacional de Glaciares, 2017).

$$NDSI_{Landsat\ 5} = \frac{B_2 - B_5}{B_2 + B_5} \quad (Ec.01)$$

$$NDWI_{Landsat\ 8} = \frac{B_3 - B_5}{B_3 + B_5} \quad (Ec.02)$$

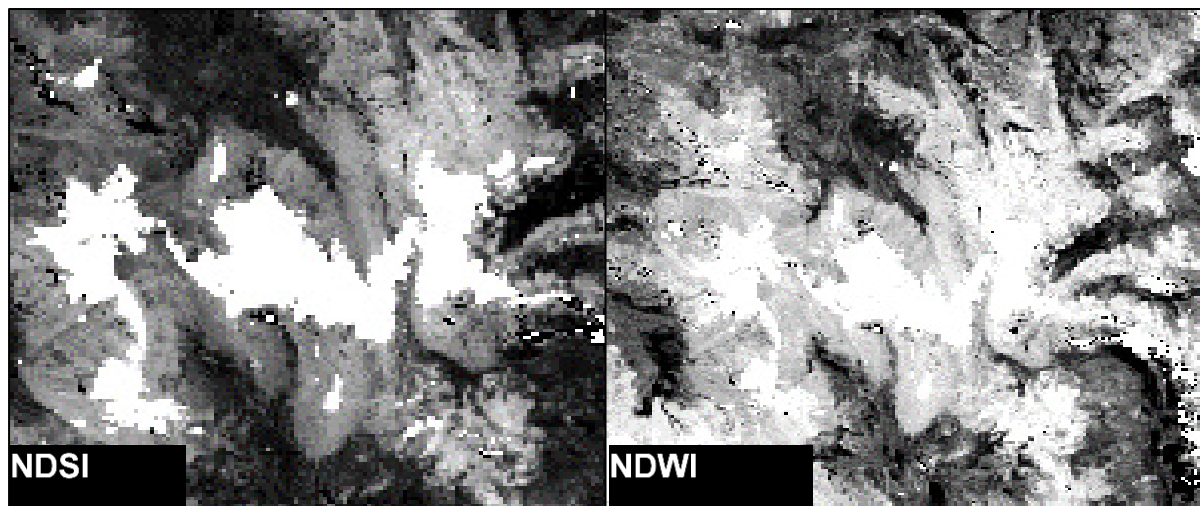
Dónde:

NDSI = Índice de Nieve de Diferencia Normalizada

B_n = banda “n”

Figura 12

Imágenes captura de los resultados del NDSI y NDWI del año 2018



Nota. Elaboración propia

Sin embargo, el índice utilizado presentaba inconvenientes en la discriminación con algunas lagunas cercanas al cuerpo glaciar. Para lo cual, se realizó un filtrado y edición mediante la interpretación visual con la composición de falso color (Ver figura 12). Asimismo, esta edición y perfección de la delimitación de la cobertura glaciar del Pastoruri, se fortaleció a través del uso de la estimación de la superficie de lagunas ubicadas en la zona de estudio para la discriminación de cuerpos de aguas existentes y alterando el resultado del NDSI, para ello se usó el Índice de Diferencia Normalizada de Agua (NDWI); el cual, conto con los criterios $NDWI > 0.1$, sombras mayores a 0.4%. (Adaptado de Colonia, 2013).

$$NDWI_{Landsat\ 5} = \frac{B_2 - B_4}{B_2 + B_4} \quad (Ec.03)$$

$$NDWI_{Landsat\ 8} = \frac{B_3 - B_5}{B_3 + B_5} \quad (Ec.04)$$

Donde:

NDWI = Índice de Agua de Diferencia Normalizada

Bn = Banda “n”

3.6.1.2. Análisis del Coeficiente de Correlación entre la Evolución de la Cobertura Glaciar y el Tiempo. El método de correlación, se utilizó para determinar la “relación” entre las variables tiempo (años) y la cobertura glaciar (área), por lo tanto, la finalidad de este paso es determinar si existe o no una relación directamente entre las variables según la el valor de r que arroja el análisis y el indicador según la escala de correlación que muestra (ver figura 13).

Figura 13

Escala de correlación lineal de Pearson (r), válida para tendencia positiva y negativa.



Nota. Imagen de escala extraída del estudio realizado en el año 2013 por Colonia y Torres.

El valor del coeficiente de correlación “r” de Pearson, al elevarse al cuadrado (r^2), nos da a conocer el coeficiente de determinación la cual muestra el porcentaje de variabilidad de los datos y de esta manera explica la relación entre las dos variables (Vila et al., 2001).

3.6.1.3. Tasa de Cambio Anual. La tasa de cambio promedio anual representa el porcentaje de variación de las áreas obtenidas por año, en el glaciar Pastoruri se calculó a partir del promedio de los valores encontrados mediante dos métodos: la de correlación área glaciar – tiempo y el de tasa de cambio promedio anual; estos se aplicarán a las áreas glaciares encontradas a través de las imágenes satelitales.

El análisis multitemporal o la determinación de la evolución de la cobertura glaciar del Pastoruri calcula la superficie (hectáreas) para cada año, a estos datos se les puede aplicar la siguiente formula (Bocco et al., 2001).

$$A_2 = A_1(1 + T_c)^t \quad (\text{Ec.05})$$

Donde:

A_2 = Área Glaciar del Año N

A_1 = Área glaciar del año anterior (N-1)

t = Años transcurridos en las imágenes usadas

T_c = Tasa de cambio anual

De la ecuación 5 se despeja “ T_c ” y se multiplica por 100 para obtener la tasa de cambio en términos porcentuales, por lo que la ecuación de la tasa de cambio anual es la siguiente (Colonia y Torres, 2013):

$$T_c = 100 \times \left(\left(\frac{A_2}{A_1} \right)^{\frac{1}{t}} - 1 \right) \quad (\text{Ec.6})$$

3.6.1.4. Tasa de Retroceso. Para el cálculo de la tasa de retroceso, que se expresa en cuanto a disminuido la cobertura glaciar en el tiempo, se aplica la siguiente formula:

$$TR = \frac{-(A_2 - A_1)}{(t_n - t_{n-1})} \quad (\text{Ec.7})$$

Donde A_2 es el área glaciario en un tiempo del presente año, A_1 es el área glaciario del año anterior, t_n es el año presente o año más actual a evaluar y t_{n-1} es el año anterior o año menor.

3.6.1.5. Escenarios Futuros. La estimación de áreas glaciares para escenarios futuros fue necesario para calcular la cantidad de glaciario que probablemente se perderá para los años consecutivos hasta el 2060, para ello, se utilizó la siguiente ecuación adaptada por Colonia y Torres (2013) y expresada de la siguiente manera:

$$A_2 = A_1 \times (T_c + 1)^t \quad (\text{Ec.8})$$

Donde A_2 es el área glaciario en un tiempo del presente año, A_1 es el área glaciario del año anterior, T_c tasa de cambio promedio anual y t es el número de años del periodo de análisis.

Asimismo, según Alva, se puede hallar la misma estimación o escenario futuro a través de la siguiente fórmula o modelo matemático.

$$A_x = A_i + \frac{A_f - A_i}{N} \times T \quad (\text{Ec.9})$$

Donde A_x es la superficie glaciario en hectáreas que se quiere conocer en el año x , A_i es la superficie glaciario en hectáreas para el año inicial, A_f es la superficie glaciario en hectáreas para el último año, N es el número de años entre A_f y A_i ; y finalmente, T es el número de años entre el primer año y el año que se quiere conocer, es decir, entre A_f y A_i .

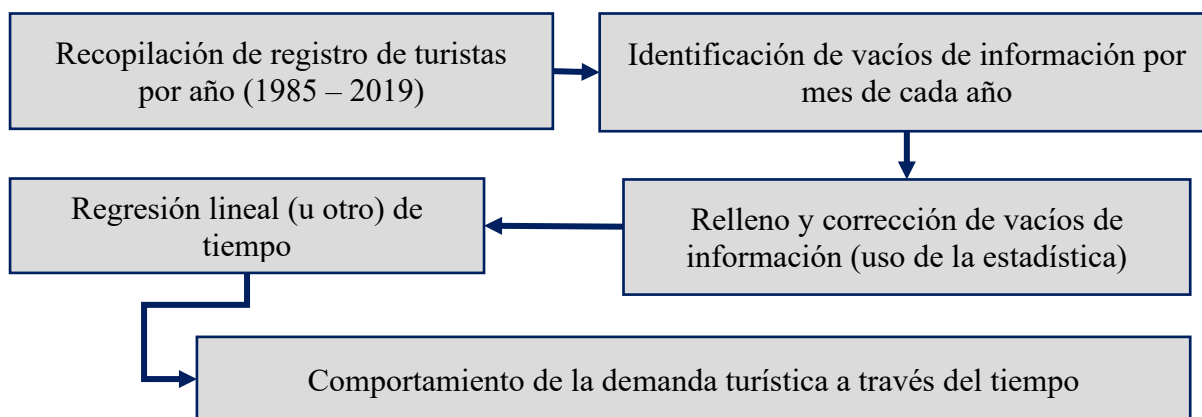
3.6.2. Evaluación de la Demanda Turística.

Para la evaluación de la demanda turística en el periodo de estudio, se realizó una recopilación histórica del registro de turistas al año del puesto de control “Carpa” desde el año 1986 a 2019 otorgado por la entidad encargada del Parque Nacional Huascarán donde se encuentra ubicado el glaciario Pastoruri. Asimismo, se procedió a realizar el acondicionamiento necesario para el análisis del comportamiento de la cantidad de turistas que visitaron el glaciario

en estudio, a través de insumos estadísticas y relleno de información; todo ello detallado en el siguiente diagrama:

Figura 14

Diagrama de flujo metodológico del segundo objetivo específico



Nota. Elaboración propia

Comprender que el cambio climático se manifiesta de forma diferente según la ubicación geográfica y la perspectiva que se quiera abordar es importante a la hora de decidir realizar un estudio científico sobre cómo afecta al sector turístico. Por ejemplo, podemos examinarlo desde un punto de vista económico para ilustrar las pérdidas derivadas de los efectos del cambio climático en el turismo, así como desde una perspectiva comunitaria para ilustrar cómo, entre otras cosas, la deglaciación y su impacto en el turismo afectan a las comunidades que dependen de él.

Es decir, el presente estudio se realizó desde el punto de vista de la demanda turística basada en el número de turistas, es decir, se evaluó el comportamiento del número de visitantes del sector Carpa o sector Pastoruri durante el mismo tiempo que se evaluó el retroceso glaciar (1985-2018).

3.6.2.1. Análisis del Coeficiente de Correlación entre el Tiempo y la Demanda Turística. Para la evaluación de la demanda turística del Parque Nacional Huascarán, específicamente del glaciar Pastoruri ubicado en el Sector Carpa, distrito de Catac con respecto al tiempo se realizó, al igual que en la determinación del área del glaciar (ver ítem 3.6.1.2 de la presente investigación), el análisis del coeficiente de correlación tiempo y cantidad de turistas.

3.6.3. Evaluación de la Demanda Turística y Evolución Glaciar

Para este apartado se realizaron regresión de tiempo de tipo lineal entre ambas variables de estudio (demanda turística y evolución glaciar) a través del tiempo en los 34 años de estudio; con la finalidad de poder conocer el comportamiento de la demanda turística con respecto a la evolución del glaciar Pastoruri definiendo si es un comportamiento positivo o negativo ante este problema.

3.6.3.1. Análisis de Correlación entre la Demanda Turística y la Evolución Glaciar.

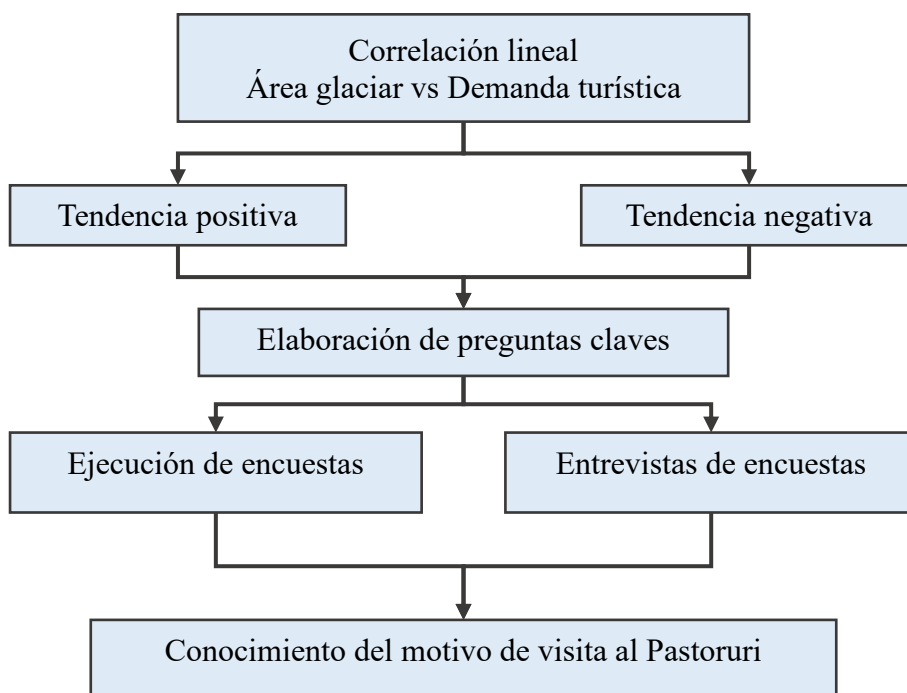
Para poder entender este resultado en cuanto a la influencia de ambas variables, se realizó el registro primario de información o también conocido como encuestas enfocado a los motivos y/o percepción de cada turista tanto nacional e internacional frente a su visita al Glaciar Pastoruri. El procedimiento es similar al relatado y detallado en el ítem 3.6.1.2 de la presente investigación.

3.6.3.2. Encuestas para el Entendimiento de Influencia entre la Demanda Turística y la Evolución Glaciar. Para obtener la muestra con la que realizar las encuestas se utilizó el método de muestreo no probabilístico, determinado por los criterios del investigador. Por ello se realizaron 200 encuestas a visitantes extranjeros y locales en los años 2019 y 2022.

3.6.3.3. Entrevista a Pobladores y Entidades Competentes. Se entrevistaron a 4 pobladores del distrito de Catac vinculados directamente a la actividad turística del glaciar Pastoruri, así como también se entrevistó al especialista de Seguridad y Rescate (Lic. Edson Ramírez), al especialista en Turismo del PNH (Lic. Jhonatan Castillo) y al especialista en Gestión del riesgo climático del Ministerio del Ambiente (Geogr. Rogger Morales).

Figura 15

Diagrama de flujo metodológico del objetivo específico 3



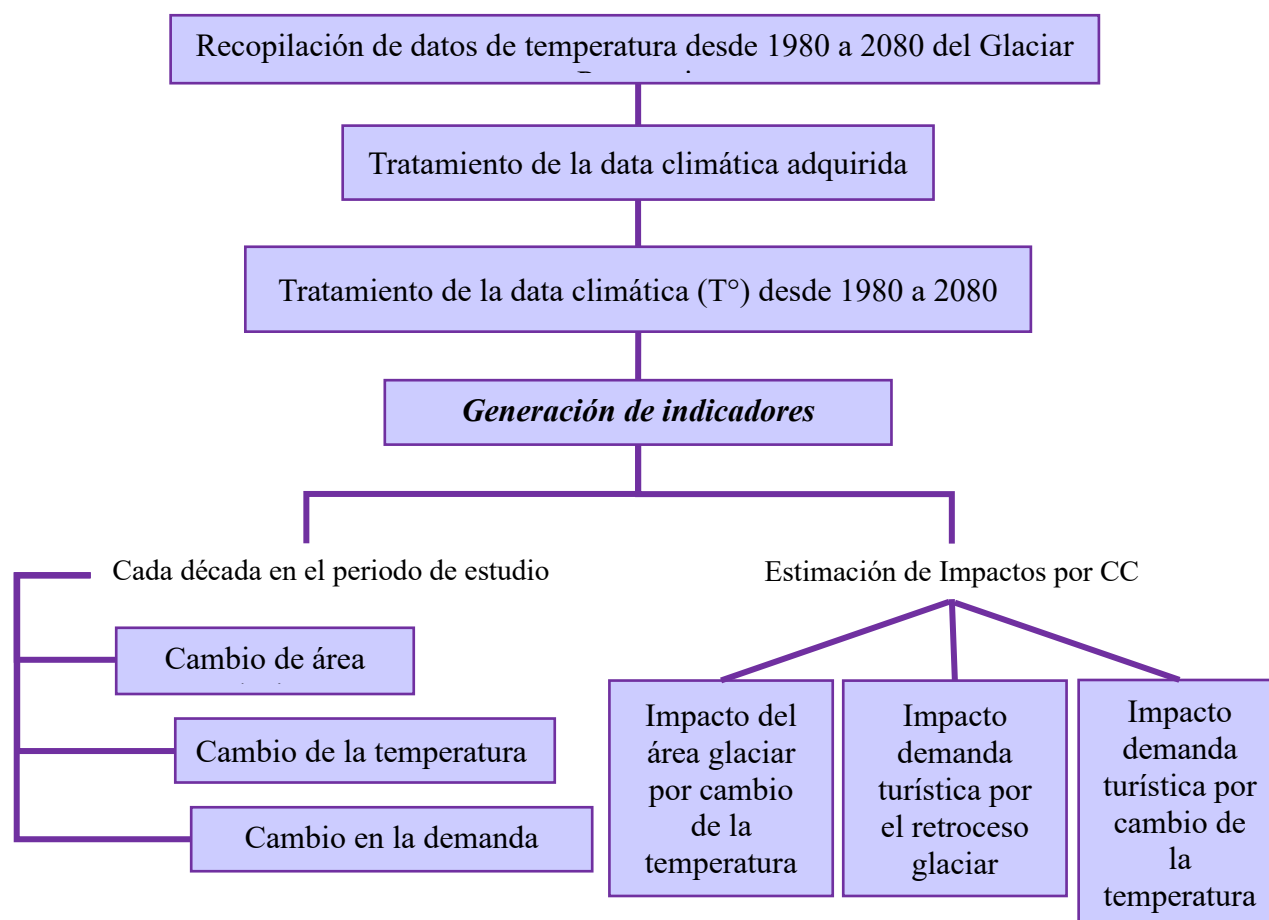
Nota. Elaboración propia.

3.6.4. Estimación del Impacto del Cambio Climático en el Turismo por Desglaciación

En un contexto de cambio climático, es necesario conocer y relacionar la variable de la temperatura a través del tiempo en el presente estudio, es por ello en este objetivo específico se realizó un análisis de temperatura a través del tiempo con respecto a la variación de la cobertura glaciar y de la demanda turística, generando así indicadores de cambio climático por periodos; es decir, conocer los cambios que han ocurrido en las variables a través del tiempo en función del comportamiento de la temperatura (ver Figura 16).

Figura 16

Esquema metodológico del objetivo específico 4



Nota. Elaboración propia.

En cuanto al acceso y recopilación de la data climática, en específico valores de la temperatura, se solicitó y accedió a la información de la temperatura máxima y mínima del Pastoruri desde el año 1980 al año 2080 calculada por el INAIGEM en el proyecto “Lagunas de Origen Glaciar en el Perú: Evolución, Peligros e Impactos del Cambio Climático – Proyecto GLOP” desarrollada en los años 2019 al 2022. El proyecto GLOP tiene como propósito El propósito del proyecto GLOP es recopilar información sobre las inundaciones por desbordamiento de lagunas de origen glaciar (GLOF), que suponen una importante amenaza para las poblaciones y las infraestructuras, así como evaluar sus posibles daños sociales y económicos, información que, comunicada a los responsables de la toma de decisiones, les

permitirá adoptar medidas para minimizar las pérdidas humanas y económicas (INAIGEM, 2019).

Dentro de sus cinco (5) objetivos, uno de ellos fue el conocimiento de las zonas de origen glaciar del Perú donde experimentan mayor cambio climático, a través de la temperatura y precipitación a partir de proyecciones sobre seis (6) modelos climáticos números. En esa línea, se hizo uso de los resultados de dicho objetivo para el presente estudio, haciendo uso del promedio global de promedios de temperatura anual máxima y mínima de cada modelo climático (BESM 45, CANESM2 45, MIROC5 45, BESM 85, CANESM2 85, MIROC5 85).

3.7. Análisis de Datos

Los datos analizados en la presente investigación corresponden a los cambios de la cobertura glaciar y esta como influye o impacta en la actividad turística, específicamente en la demanda turística; asimismo, como ambas variables se relacionan en un contexto de cambio climático. Para ello, se utilizaron instrumentos de análisis de datos como manejo de datos históricos por año (área glaciar, cantidad de turistas y temperatura) a través del uso de técnicas de instrumentos de datos como análisis estadístico, encuestas y análisis de imágenes satelitales.

3.8. Consideraciones Éticas

La presente investigación en todos los ámbitos de cada objetivo específico para lograr el objetivo general fue logrado y obtenido mediante el análisis de registro de datos en un periodo de 34 años, así como a través de una plataforma innovadora se realizó el análisis geoespacial para el cálculo de áreas glaciares en el mismo periodo. Finalmente se hizo uso de información secundaria de estudios, informes, investigaciones y documentos por otros autores respetando el estilo APA.

IV. RESULTADOS

4.1. Determinación de los Cambios en la Cobertura Glaciar

La determinación de los cambios de la cobertura glaciar del Pastoruri mediante el uso Índice Diferencia Normalizada de la Nieve (NDSI) a través de la plataforma Google Earth Engine, técnicas de teledetección y Sistemas de Información Geográfica (SIG) indica un notorio proceso de desglaciación o retroceso (Ver figura N°15), donde a continuación presentan los siguientes resultados en términos de superficie glaciar para los diferentes años de evaluación durante un periodo de 35 años (1985 - 2019).

4.1.1. Cuantificación del Área Glaciar

Como se indicó anteriormente, la superficie glaciar del Pastoruri fue obtenida mediante la estimación del Índice Diferencia Normalizada de la Nieve través de la plataforma GEE, donde los resultados obtenidos se muestran en el siguiente cuadro:

Tabla 15

Áreas glaciares del Pastoruri por años

Año	A gl (ha)	A gl (Km2)
1985	273.4213	2.7342
1986	261.2040	2.6120
1987	257.3038	2.5730
1988	238.4630	2.3846
1989	228.1825	2.2818
1990	220.8507	2.2085
1991	207.0362	2.0704
1992	198.1031	1.9810
1993	203.6700	2.0367

1994	197.7151	1.9772
1995	183.0578	1.8306
1996	184.5018	1.8450
1997	178.5093	1.7851
1998	160.0396	1.6004
1999	162.9169	1.6292
2000	161.0236	1.6102
2001	153.4500	1.5345
2002	150.2359	1.5024
2003	137.8722	1.3787
2004	144.3204	1.4432
2005	130.4753	1.3048
2006	131.5232	1.3152
2007	126.2102	1.2621
2008	125.1968	1.2520
2009	117.9012	1.1790
2010	105.5598	1.0556
2011	98.5376	0.9854
2012	97.1266	0.9713
2013	95.3821	0.9538
2014	94.1783	0.9418
2015	91.6169	0.9162
2016	87.3160	0.8732
2017	92.3343	0.9233
2018	75.6782	0.7568

2019

62.7625

0.6276

Nota. La abreviatura “A gl” tiene por significado “área glaciar. Información propia.

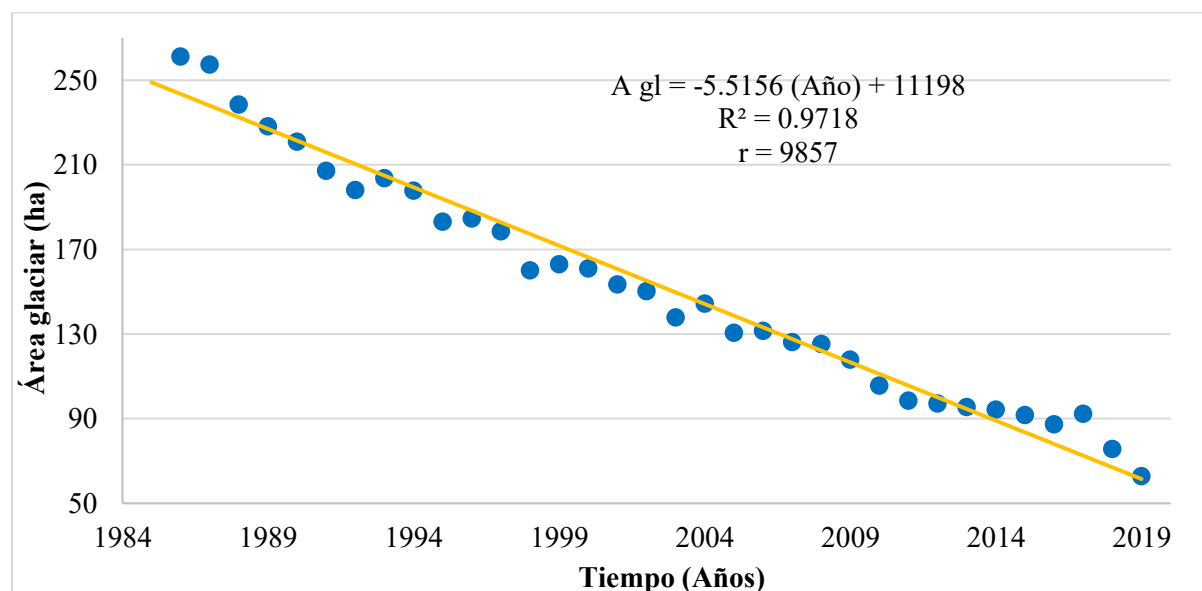
El área glaciar del Pastoruri se ha reducido en un 77.05%, para el 2019 con respecto al año inicial de evaluación en 1985, lo que significa que se perdió 210.66 ha.

4.1.2. Tasa de Retroceso del Área Glaciar

4.1.2.1. Correlación Tiempo – Área glaciar. Las áreas glaciares del glaciar Pastoruri obtenidas se relacionaron con su respectivo año de evaluación, obteniéndose una correlación negativa de tipo lineal cuyo coeficiente de correlación (r) fue de 0.986; demostrando de esta manera una significativa asociación entre ambas variables. A continuación, se presenta la ecuación generada en donde “A gl” representa el área glaciar.

Figura 17

Correlación tiempo versus cobertura glaciar



Asimismo, se determinó la tasa de retroceso glaciar siendo de -5.52 ha/año. Además, se generó la correlación del glaciar Pastoruri, obteniéndose la ecuación lineal y el cual se encuentra resumido en la siguiente tabla:

Tabla 16

Correlación de las áreas glaciarias en función al año para el Glaciar Pastoruri

Ecuación de retroceso glaciar	Coefficiente de determinación (R²)	Coefficiente de correlación (r)
A gl = -5.5156(Año) + 11198 (Ec.1)	0.9718	0.9857

4.1.2.2. Tasa de Cambio Promedio Anual (Tc). En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos de la aplicación de la ecuación indicada anteriormente. Asimismo, se define que “A gl” es el área glaciar, “Var” es la variación del área glaciar, TC es la tasa de cambio y TR es la tasa de retroceso glaciar.

Tabla 17

Tasa de Cambio promedio anual del glaciar Pastoruri en el periodo de estudio

Glaciar Pastoruri				
Año	A gl (ha)	Var (ha)	TC (%)	TR (ha/año)
1985	273.4213	--	--	--
1986	261.2040	12.22	-4.47	-12.22
1987	257.3038	3.90	-1.49	-3.90
1988	238.4630	18.84	-7.32	-18.84
1989	228.1825	10.28	-4.31	-10.28
1990	220.8507	7.33	-3.21	-7.33
1991	207.0362	13.81	-6.26	-13.81
1992	198.1031	8.93	-4.31	-8.93
1993	203.6700	--	--	--
1994	197.7151	5.95	-2.92	-5.95
1995	183.0578	14.66	-7.41	-14.66
1996	184.5018	--	--	--
1997	178.5093	5.99	-3.25	-5.99
1998	160.0396	18.47	-10.35	-18.47

1999	162.9169	--	--	--
2000	161.0236	1.89	-1.16	-1.89
2001	153.4500	7.57	-4.70	-7.57
2003	137.8722	15.58	-5.21	-7.79
2004	144.3204	--	--	--
2005	130.4753	13.85	-9.59	-13.85
2006	131.5232	--	--	--
2007	126.2102	5.31	-4.04	-5.31
2008	125.1968	1.01	-0.80	-1.01
2009	117.9012	7.30	-5.83	-7.30
2010	105.5598	12.34	-10.47	-12.34
2011	98.5376	7.02	-6.65	-7.02
2012	97.1266	1.41	-1.43	-1.41
2013	95.3821	1.74	-1.80	-1.74
2014	94.1783	1.20	-1.26	-1.20
2015	91.6169	2.56	-2.72	-2.56
2016	87.3160	4.30	-4.69	-4.30
2017	92.3343	--	--	--
2018	75.6782	16.66	-18.04	-16.66
2019	62.7625	12.92	-17.07	-12.92
Promedio (1986-2019)			-5.63	-8.19
Área glaciár perdida (ha)			210.6588	
Porcentaje (%)			77.05	

Nota. Información y representación propia.

4.1.3. Escenarios Futuros de la Cobertura Glaciar de Pastoruri

Consideramos en la estimación la tasa de cambio que fueron obtenidas de los promedios de los dos métodos desarrollados en la investigación: para el periodo 1986 - 2019:

Método 1:

Donde:

$$A_1 = 273.4213$$

$$A_2 = 62.7625$$

$$t = 34 \text{ años}$$

$$T_c = 100 \times \left(\left(\frac{62.7625}{273.4213} \right)^{\frac{1}{34}} - 1 \right)$$

- Tasa de cambio del área glaciar Pastoruri es: -4.24 %

Método 2: se puede visualizar en 13ea parte superior de la presente página, $T_c = -5.63\%$

Por tanto, se sabe que la Tasa de cambio final del Pastoruri 1985-2019 es -4.93% o -3.1478%; por lo que se procede a calcular el área glaciar del Pastoruri para el año 2020 con la ecuación número tres:

$$Agl_{2020} = 62.7625 \times (-0.04933 + 1)^1$$

$$Agl_{2020} = 59.666 \text{ ha}$$

Las estimaciones futuras para los siguientes años correspondientes hasta el año 2060 se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 18*Áreas glaciares proyectadas desde 2020 al 2060 en el glaciar Pastoruri*

Año	Área Glaciar (hectáreas)	Área
2018	75.678	0.757
2019	62.763	0.628
2020	59.666	0.597
2021	56.723	0.567
2022	53.924	0.539
2023	51.264	0.513
2024	48.735	0.487
2025	46.331	0.463
2026	44.045	0.440
2027	41.872	0.419
2028	39.807	0.398
2029	37.843	0.378
2030	35.976	0.360
2040	21.692	0.217
2050	13.079	0.131
2060	7.886	0.079
Perdida	265.54	
%	97.12	

Nota. Información y representación propia.

4.2. Evaluación del Comportamiento de la Demanda Turística

4.2.1. Cuantificación de la Demanda Turística

Al realizar las gestiones pertinentes y la recolección de datos de la demanda turística, en función a la cantidad de turistas, se obtuvo la siguiente data por año en el periodo de evaluación 1985 – 2019 en la siguiente tabla:

Tabla 19

Demanda turística del Parque Nacional Huascarán - Sector Carpa/Pastoruri

Año	Número de turistas	Año	Número de turistas
1985	3941	2002	64854
1986	6392	2003	51167
1987	16617	2004	41749
1988	14129	2005	56859
1989	8034	2006	71636
1990	10114	2007	55636
1991	13600	2008	17748
1992	21641	2009	14558
1993	39121	2010	20522
1994	36746	2011	27701
1995	36525	2012	35326
1996	45550	2013	36850
1997	39585	2014	39187
1998	36377	2015	50009
1999	46276	2016	59287
2000	34767	2017	70067
2001	69990	2018	72996
		2019	63109

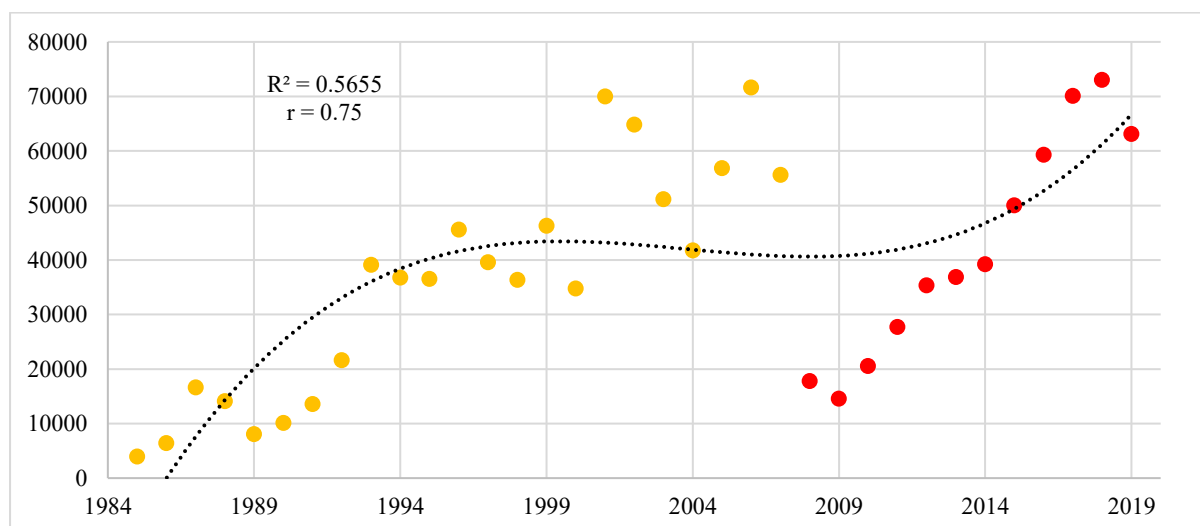
Nota. El comportamiento de la demanda turística a través de los años de estudio esta expresada en el factor número de turistas contabilizado y registrado por el ANP correspondiente. Información y representación propia.

4.2.2. Correlación Tiempo – Demanda turística

Debido a las variaciones constantes en la demanda turística del PNH, Sector Carpa, se procedió a analizarlas en dos momentos: (1985-2007 y 2008-2019) ya que en el primer periodo surgieron diversos acontecimientos de gestión y medidas de prevención que generaban estas variaciones; por el contrario, el segundo periodo se tomó desde el descenso más notorio (2008) debido a que en este fragmento de años la demanda comenzó a estabilizarse y ascender continuamente.

Figura 18

Regresión polinómica del comportamiento de la demanda turística 1985 - 2019

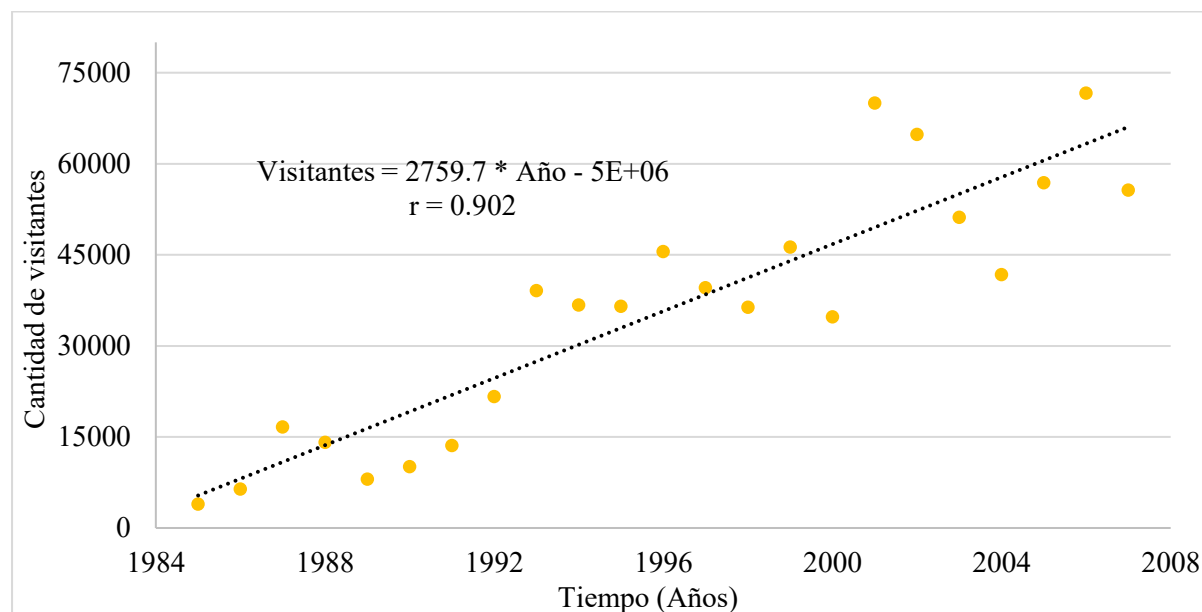


En la figura anterior se puede apreciar la demanda turística del sector Carpa entre el periodo 1985 – 2019 con una tendencia polinómica de grado 3, por lo que se puede evidenciar el comportamiento considerablemente fluctuante y notándose una diferencia de tiempos en el año 2008. Bajo este escenario, se procede a analizar la cantidad de turistas en dos tiempos o momentos: de 1985 a 2007 y de 2008 a 2019; ya que en el primer periodo surgieron diversos acontecimientos de gestión en el registro de visitantes por falta de un sistema adecuado de contabilización, y seguidamente, en el año 2008 se designó una medida de prevención ante el ingreso al glaciar Pastoruri lo cual generó el descenso más notorio (ver Figura N°19) y

seguidamente se reestableció y estabilizó la demanda ascendiendo continuamente (ver Figura N°20).

Figura 19

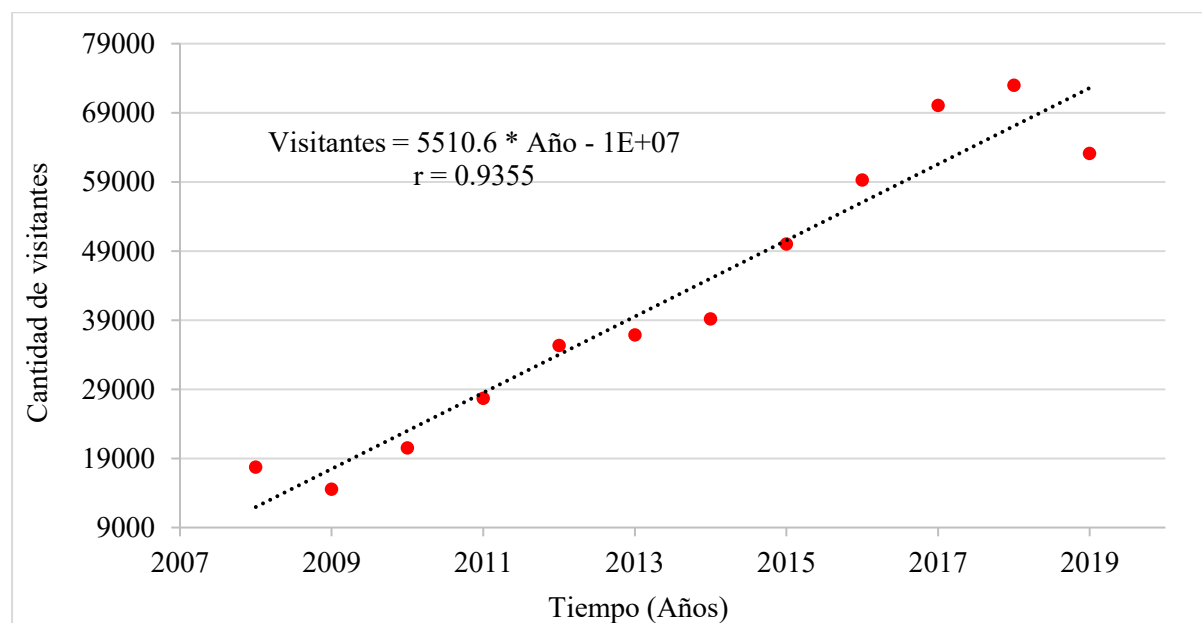
Regresión lineal de la demanda turística del Sector carpa periodo 1985 – 2007



Nota. Información y representación propia.

Figura 20

Regresión lineal de la demanda turística del Sector carpa periodo 2008 – 2019



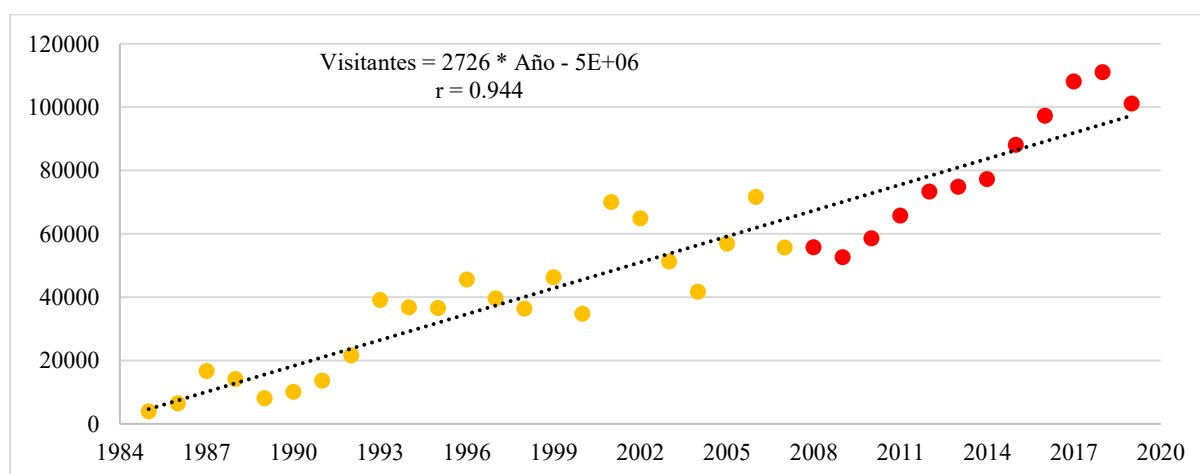
Nota. Información y representación propia.

Para el primer momento o tiempo de análisis (1985 – 2007), se obtuvo una regresión lineal de tendencia ascendente y un coeficiente de correlación (r) de 0.902, lo cual, reflejando una fuerte relación entre la variable cantidad de turistas o demanda turística y el tiempo en años. Seguidamente, para el segundo momento o tiempo de análisis establecido (2008 – 2019) se obtuvo una regresión lineal de tipo lineal de tendencia ascendente y un coeficiente de correlación (r) de 0.94, lo que refleja un alto grado de confiabilidad y relación entre ambas variables.

Por otro lado, podemos evidenciar que del año 2007 al 2008 existió un desfase de 38,000 visitantes, creando un pico de caída abrupta en la tendencia creciente que tenía desde el año 1985. Por ello, si realizamos un escenario donde no existiera este desfase o diferencia significativa de cantidad de turistas, corregiríamos dicha caída encontrando una tendencia creciente menos inestable, sin necesidad de cambiar el resultado final que es una tendencia positiva o ascendente de parte de la demanda turística. Para ello a continuación se muestra la representación gráfica de la regresión de tiempo de la demanda turística versus el tiempo en el periodo de tiempo corrigiendo el desfase descrito previamente:

Figura 21

Regresión lineal del comportamiento de la demanda turística con ajuste de desfase



Nota. Información y representación propia.

Según la figura anterior, se realizó la corrección del desfase con diferencia de 38,000 visitantes desde el año 2008 al año 2019, el cual se aprecia los valores antiguos y actuales según la corrección en la siguiente tabla:

Tabla 20

Demanda turística corregida según desfase en el periodo 2008 al 2019

Año	Data original	Data corregida
2008	17748	55748
2009	14558	52558
2010	20522	58522
2011	27701	65701
2012	35326	73326
2013	36850	74850
2014	39187	77187
2015	50009	88009
2016	59287	97287
2017	70067	108067
2018	72996	110996
2019	63109	101109

Nota. Información propia.

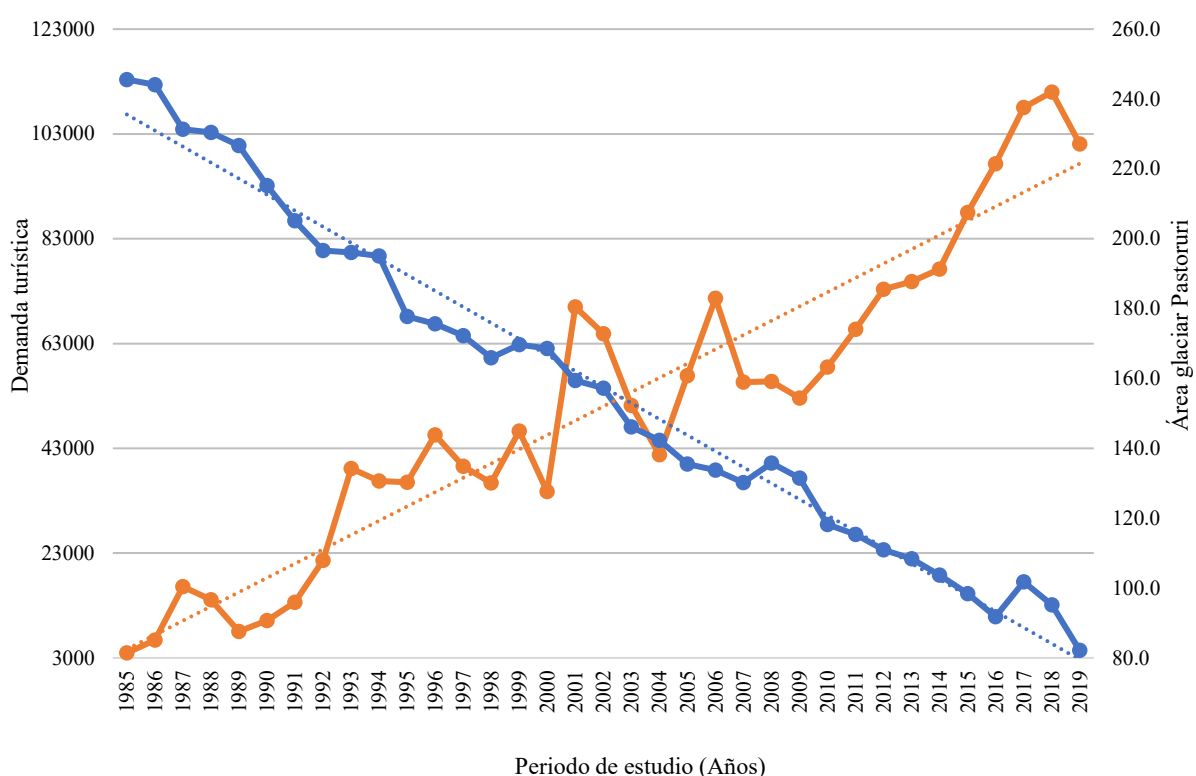
4.3. Determinación de la Relación entre la Demanda Turística y el Área Glaciar

4.3.1. Análisis de correlación entre la demanda turística y la evolución glaciar

Para determinar la influencia o relación que existe entre ambas variables en estudio, se estimó la correlación por medio de modelos simples generalizados entre el área glaciar y la demanda turística a través del periodo trabajado.

Figura 22

Regresión de tiempo entre la demanda turística y el área glaciar en el periodo 1985 – 2019



Nota. Información y representación propia.

Asimismo, se puede evidenciar de manera numérica y puntual el análisis comparativo de las áreas glaciares calculadas con la cantidad de visitantes anuales a través del tiempo.

Tabla 21

Comparación entre la pérdida glaciar y la demanda turística en el periodo 1985 – 2019

Año	Área glaciar	Demanda turística*	Año	Área glaciar	Demanda turística*
1985	273.421	3941	2002	150.2359	64854
1986	261.204	6392	2003	137.8722	51167
1987	257.304	16617	2004	144.3204	41749
1988	238.463	14129	2005	130.4753	56859

1989	228.183	8034	2006	131.5232	71636
1990	220.851	10114	2007	126.2102	55636
1991	207.036	13600	2008	125.1968	55748
1992	198.103	21641	2009	117.9012	52558
1993	203.670	39121	2010	105.5598	58522
1994	197.715	36746	2011	98.5376	65701
1995	183.058	36525	2012	97.1266	73326
1996	184.502	45550	2013	95.3821	74850
1997	178.509	39585	2014	94.1783	77187
1998	160.040	36377	2015	91.6169	88009
1999	162.917	46276	2016	87.3160	97287
2000	161.024	34767	2017	92.3343	108067
2001	153.450	69990	2018	75.6782	110996
			2019	82.1344	101109

Nota. Información propia.

El análisis de las superficies glaciares anuales con la demanda turística, demuestra una influencia o relación inversamente proporcional; es decir que, a pesar del inminente proceso de desglaciación que está manifestando significativamente el glaciar Pastoruri, la demanda turística va aumentando desde el factor de número o cantidad de visitantes en los 35 años de estudio (1985 – 2019) en la presente investigación.

4.3.2. Encuestas para el entendimiento de la influencia entre la demanda turística y la evolución glaciar

Para poder entender o dar una explicación de la influencia o relación presentada anteriormente entre la demanda turística y el área glaciar a través del tiempo de estudio, se

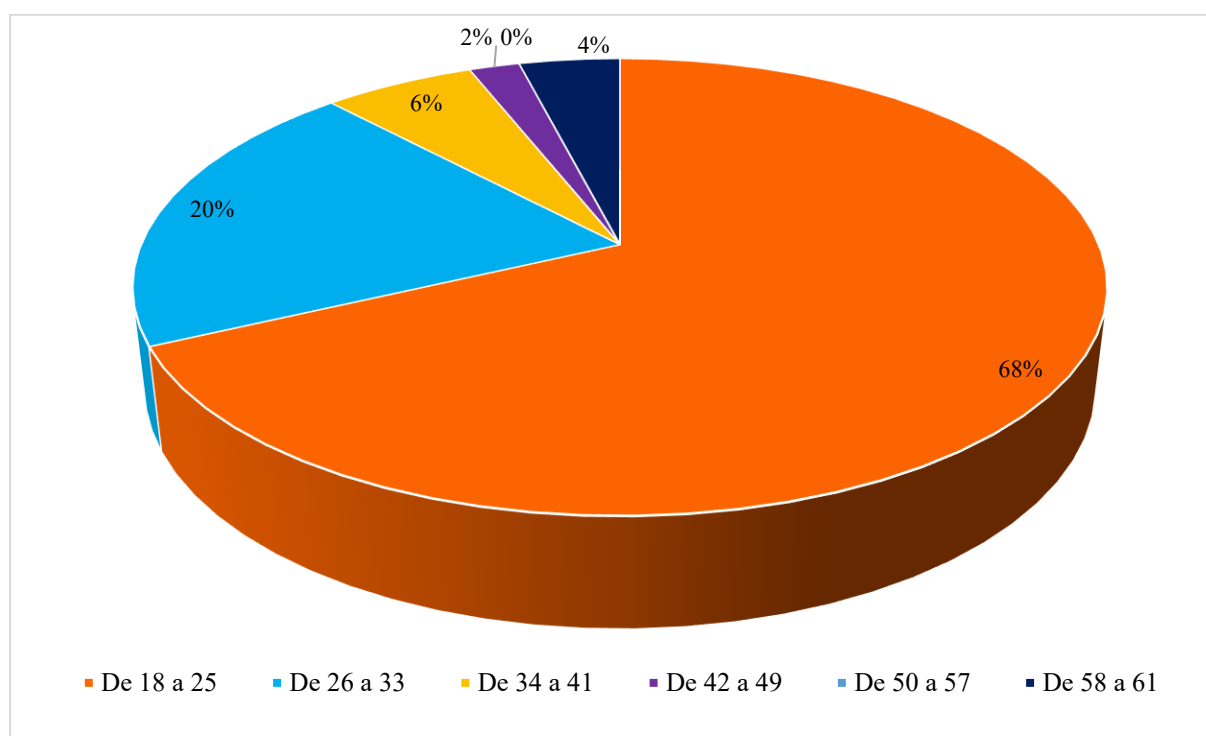
realizaron encuestas a visitantes nacionales y extranjeros en el puesto de control Carpa, lugar donde los turistas realizan su registro para visitar el glaciar Pastoruri.

En esta investigación tenemos dos análisis, una cuantitativa a través de las encuestas a cada turista y la segunda es cualitativa a través de entrevistas realizadas a los especialistas y lugareños que dependen del turismo del glaciar Pastoruri. En esa línea, se realizaron encuestas a doscientos (200) visitantes en los años 2019 y 2022, por medio de una encuesta estructurada en doce (12) preguntas entre cerradas, semi abiertas y algunas aplicando la escala Likert, detallando los resultados de dicha encuesta a continuación.

4.3.2.1. Datos Generales.

Figura 23

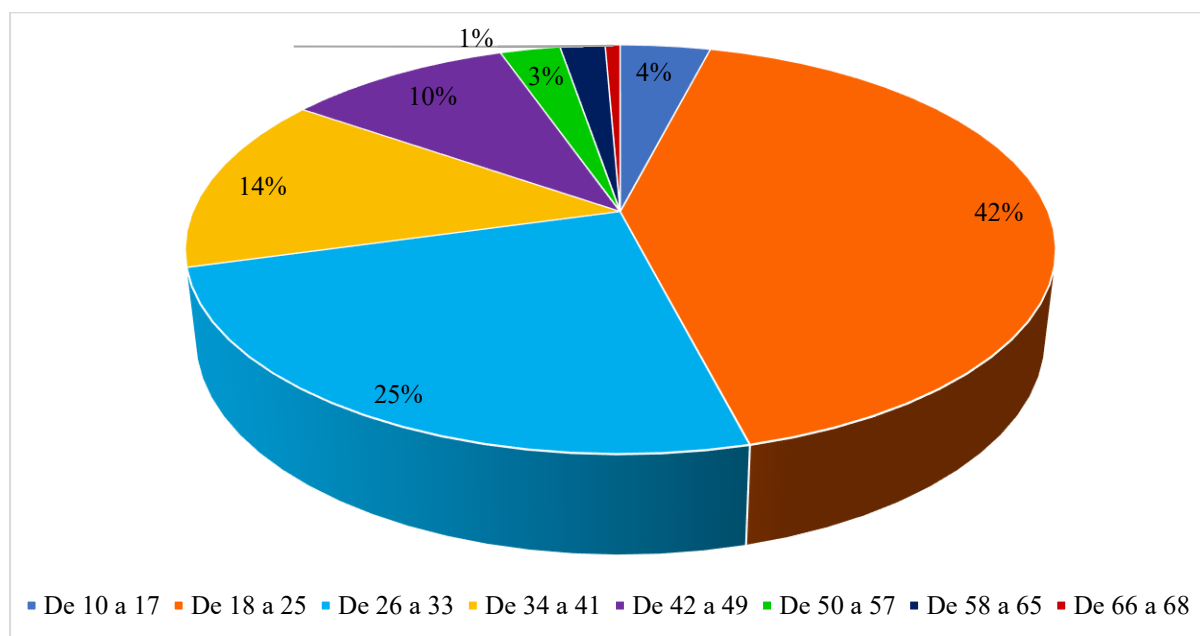
Rango de edad de visitantes encuestados en el año 2019



Nota. Información y representación propia.

Figura 24

Rango de edad de visitantes encuestados en el año 2022



Nota. Información y representación propia.

En el año 2019 se realizaron 50 encuestas y en el año 2022 se realizaron 150 encuestas a visitantes nacionales e internacionales para ambos años, teniendo como resultados en género femenino a 78 visitantes (39%) y en género masculino a 122 visitantes (61%) en total. Respecto a la edad, en el año 2019, se obtuvo que de 18 a 25 años fueron 34 (68%); de 26 a 33 años fueron 10 (20%); de 34 a 41 años fueron 3 (6%); de 42 a 49 años fue solo 1 (2%); de 50 a 57 años ninguno (0%); y de 58 a 61 años fueron 2 (4%). Ver figura número 23.

Para el año 2022, se obtuvo que de 10 a 17 años fueron 6 (4%); de 18 a 25 años fueron 63 (42%); de 26 a 33 fueron 37 (25%); de 34 a 41 fueron 21 (14%); de 42 a 49 años fueron 15 (10%); de 50 a 57 años fueron 4 (3%); de 58 a 65 años fueron 3 (2%); y de 66 a 68 años fue solo 1 (1%). Ver figura número 24.

Con relación a la nacionalidad de los visitantes encuestados, en el año 2019, se tuvo presencia de países como España (4%), Francia (4%), Italia (2%), Ucrania (2%), U.S.A (2%), Venezuela (4%) y Perú con el mayor porcentaje (82%). Según las encuestas del año 2022, se

tuvo la participación de los países de China (2%), Ecuador (1%), España (1%), Francia (5%), Perú (84%), Suiza (3%) y Venezuela (4%).

Figura 25

Nacionalidad de visitantes encuestados en el año 2019

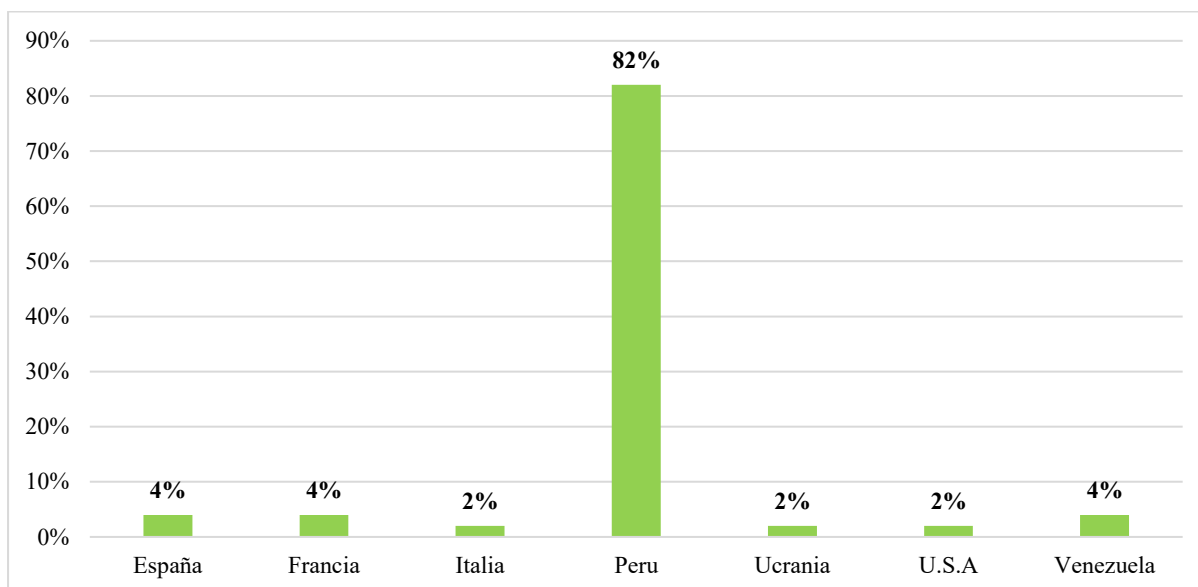
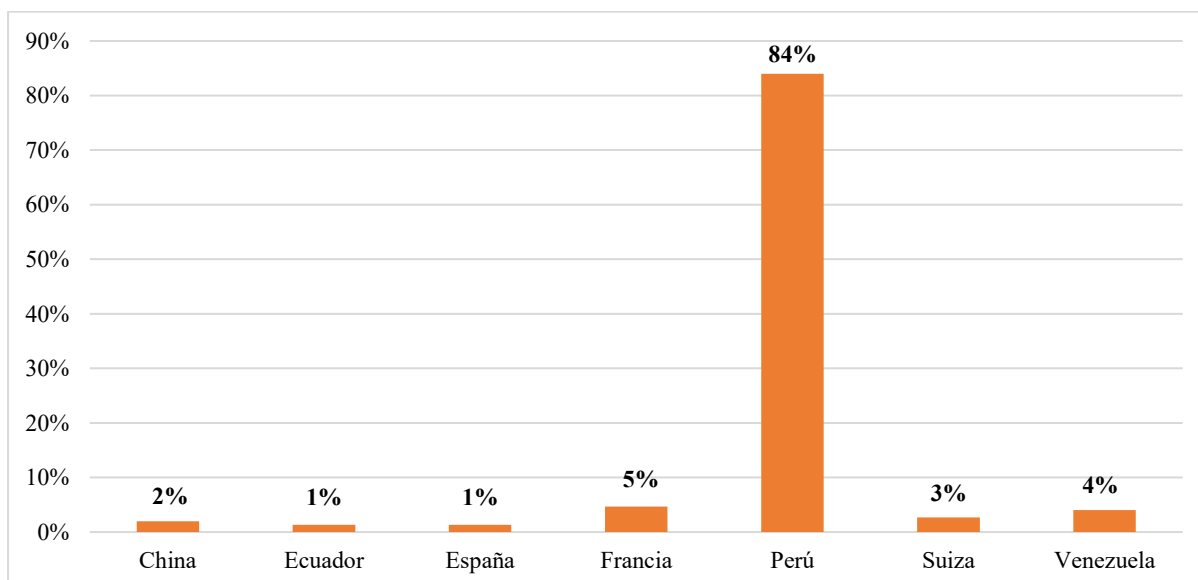


Figura 26

Nacionalidad de visitantes encuestados en el año 2022



Nota. Información propia.

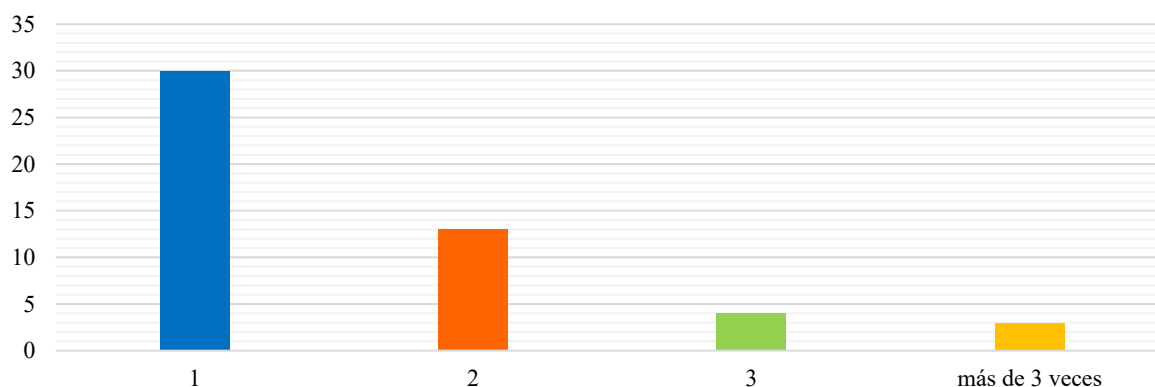
4.3.2.2. Preguntas de Encuesta.

• Pregunta 1

Para la primera pregunta se indagó cuantas veces los visitantes han visitado el glaciar Pastoruri, por lo que en términos generales 124 encuestados (62%) visitaron el glaciar una vez; 62 encuestados (31%) visitaron 2 veces el glaciar; 7 encuestados (4%) visitaron tres veces el glaciar; y 7 encuestados (4%) visitaron más de tres veces el recurso. Asimismo, a continuación, se presenta los resultados de dicha pregunta realizado en el año 2019 y 2022 respectivamente.

Figura 27

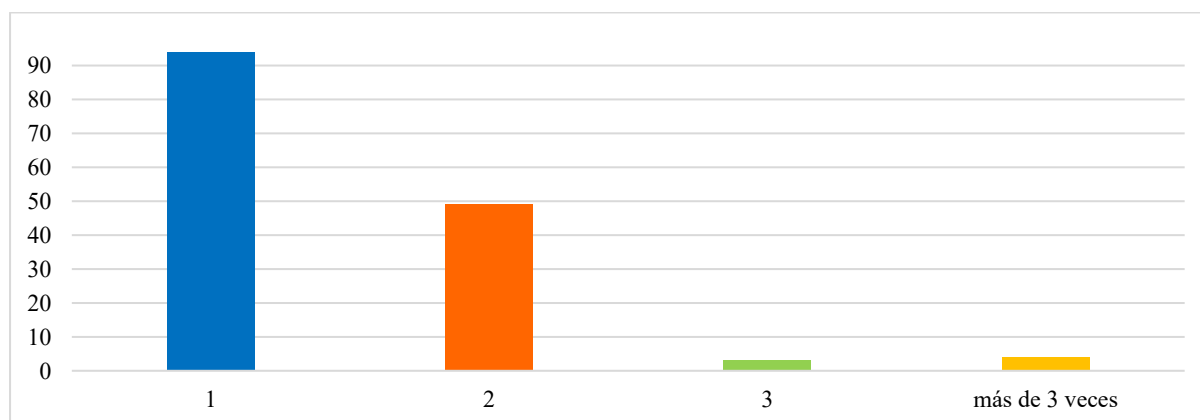
Cantidad de veces que visitaron el glaciar Pastoruri en la encuesta del año 2019



Nota. Información propia

Figura 28

Cantidad de veces que visitaron el glaciar Pastoruri en la encuesta del año 2022



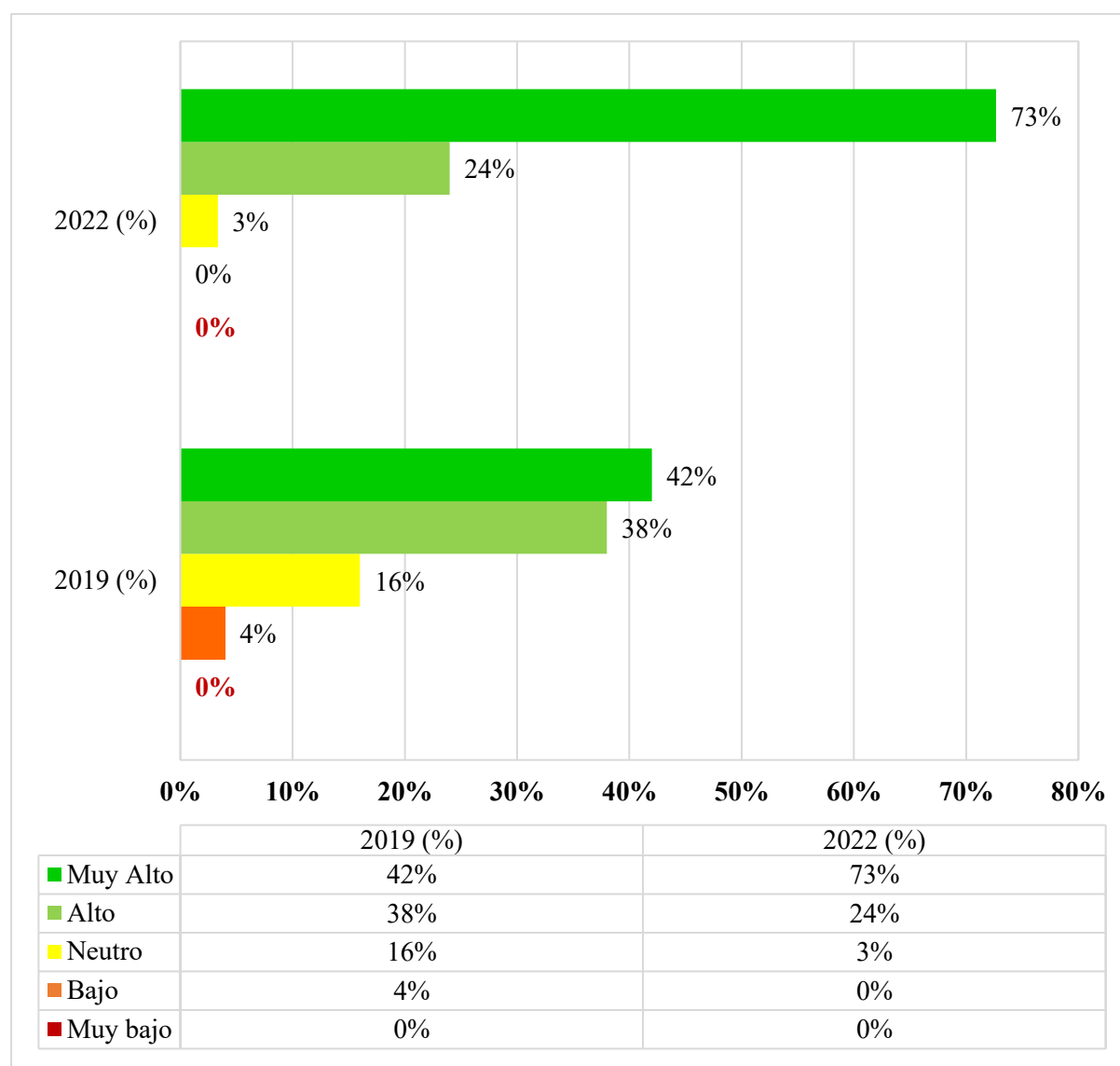
Nota. Información propia

• **Pregunta 2**

Para la pregunta dos, se indagó el nivel de satisfacción que los visitantes encuestados esperan tener al visitar el glaciar Pastoruri (antes de), resumiendo los resultados en valores porcentuales detallados en la siguiente figura:

Figura 29

Resultados (%) sobre el nivel de expectativa que tenían antes de visitar el glaciar Pastoruri.



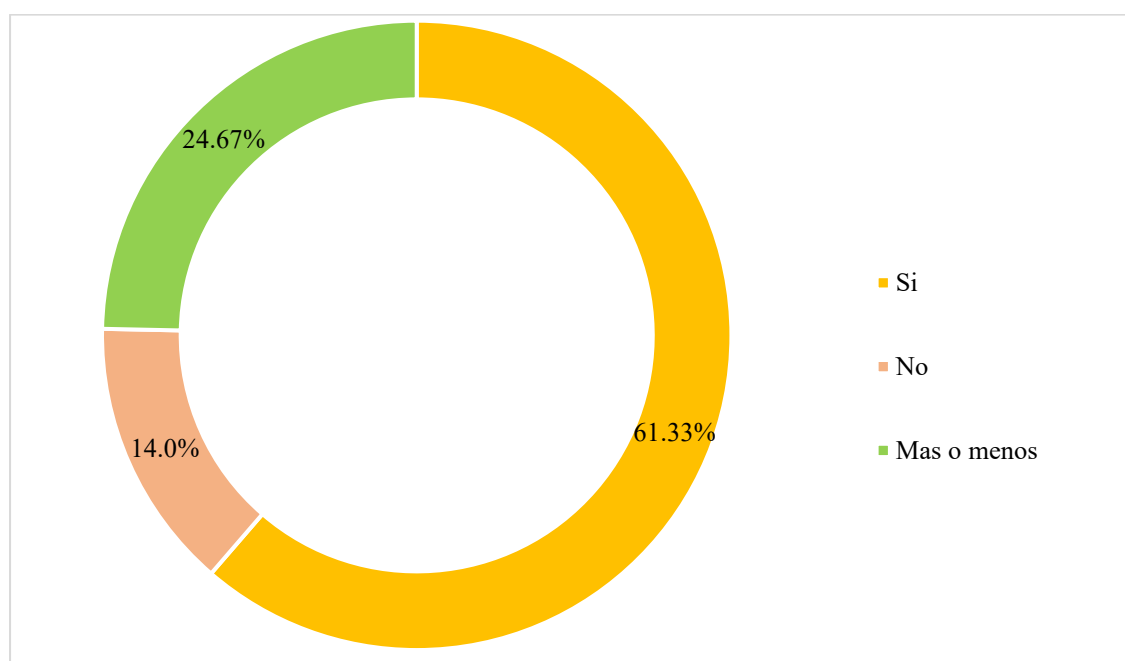
Nota. Información propia.

• Pregunta 3

Esta pregunta tiene la finalidad de saber si el concepto o significado de cambio climático es conocido por estos turistas que visitan atractivos altamente vulnerables al cambio en el clima. En esa línea, se obtuvo que de los 150 encuestados (año 2022); 92 (61.33%) dijeron que SI, 21 (14%) dijeron que NO y 37 (24.67%) dijeron MAS O MENOS.

Figura 30

Porcentajes de las alternativas planteadas en la pregunta tres realizado en el año 2022.



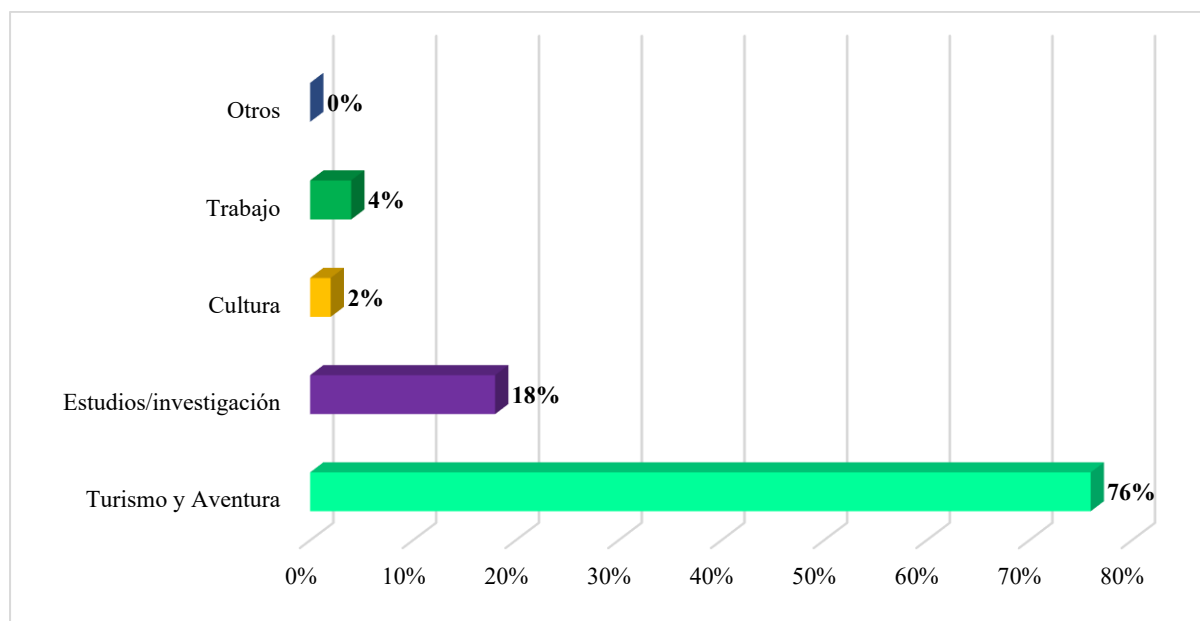
Nota. Información propia.

• Pregunta 4

Se tuvieron los siguientes resultados para el año 2019: 76% (38) fueron por motivo de turismo y aventura; 18% (9) fueron por estudios o investigación; 2% (1) fueron por cultura; 4% (2) fueron por motivos laborales; y finalmente 0% por otros motivos. Para el año 2022 57% (86) fueron por turismo y aventura; 3% (4) fueron por estudios o investigación; 1% (1) fueron por cultura; 0% fueron por motivos laborales u otros motivos; y finalmente en este año de encuestas se añadió una alternativa más para fortalecer la investigación donde 39% (59) fueron para conocer los efectos del cambio climático.

Figura 31

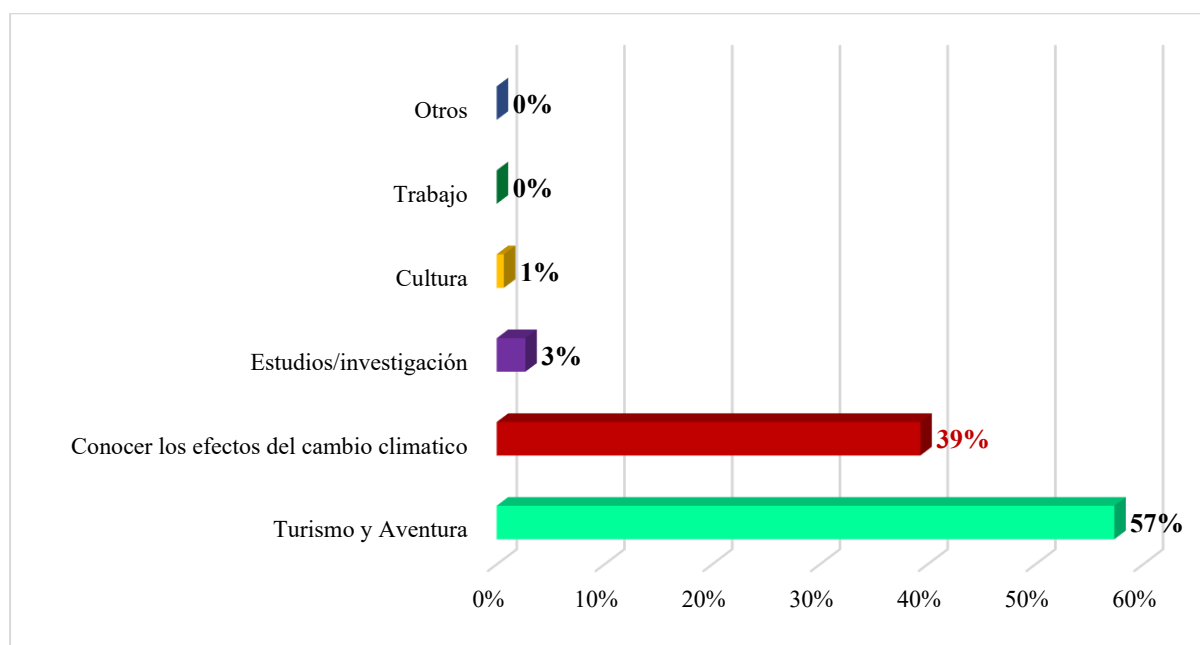
Porcentaje de motivación para visita el glaciar Pastoruri 2019.



Nota. Información propia.

Figura 32

Porcentaje de motivación para visita el glaciar Pastoruri 2022.



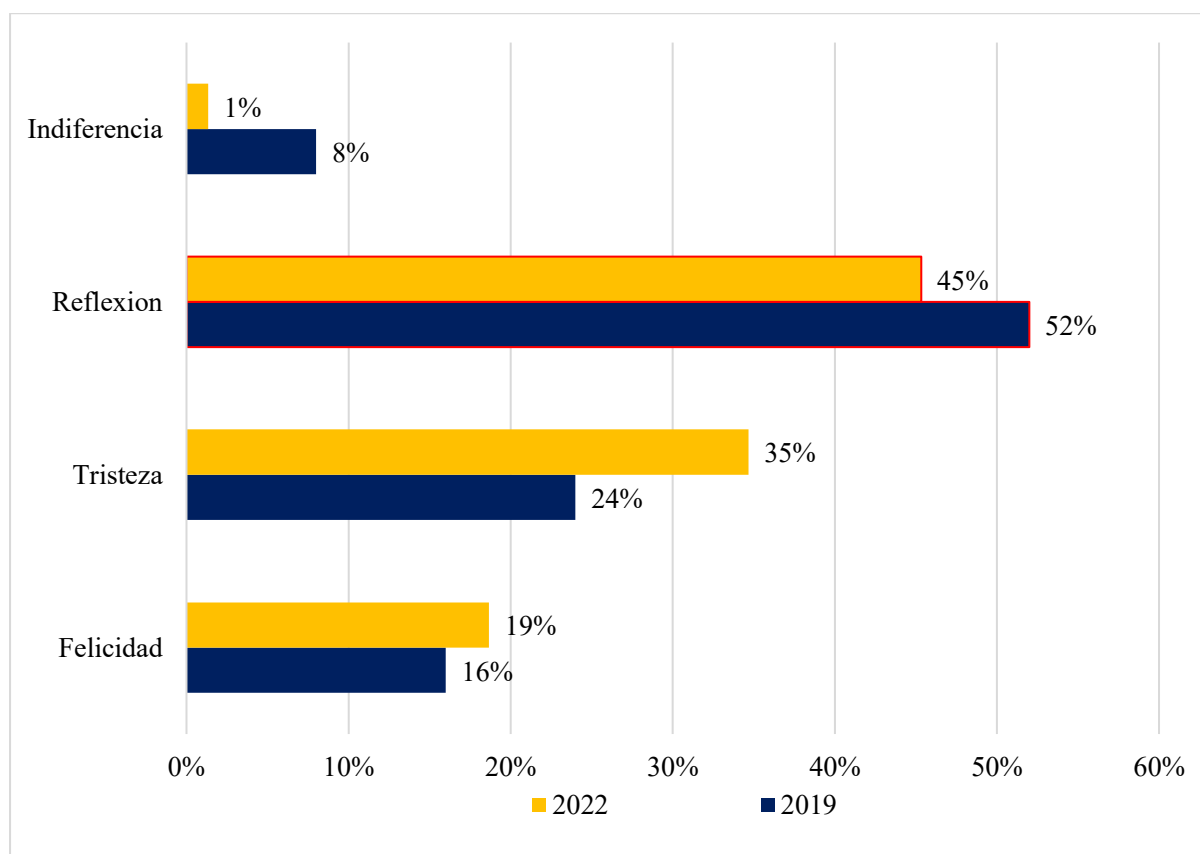
Nota. Información propia.

• Pregunta 5

Los resultados de esta pregunta son los siguientes: en el año 2019 se registró un 8% de visitantes que sintieron indiferencia; 16% sintieron felicidad; 24% sintieron tristeza y 52% sintieron reflexión al visitar el glaciar Pastoruri, siendo el porcentaje más alto. En el año 2022 se obtuvo que 1% sintió indiferencia al visitar el glaciar; 19% sintió felicidad; 35% sintieron tristeza y 45% sintieron reflexión, siendo este último con el mayor porcentaje.

Figura 33

Resultados de los sentimientos provocados al visitar y contemplar el glaciar Pastoruri



Nota. Información propia.

• Pregunta 6

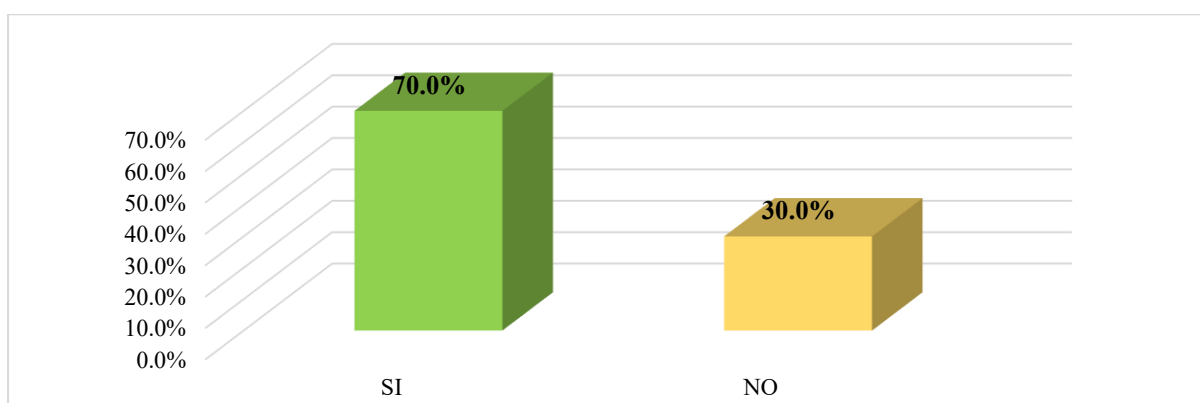
En la presente pregunta que se les planteó a los visitantes encuestados, se intentó indagar si la desglaciación afectó y afecta la actividad turística que realizaron en el glaciar Pastoruri, esto con la finalidad de reconocer un impacto negativo en un contexto de cambio

climático en recursos turísticos altamente vulnerables a este. Mencionado ello, se tiene que el 70% (35) de los encuestados respondieron SI y el 30% (15) respondieron NO para el año 2019; para el año 2022, el 71.33% (107) de los encuestados respondieron SI y el 26.67% (43) respondieron NO.

Figura 34

Resultados sobre la afectación de la desglaciación del Pastoruri en la actividad turística

2019

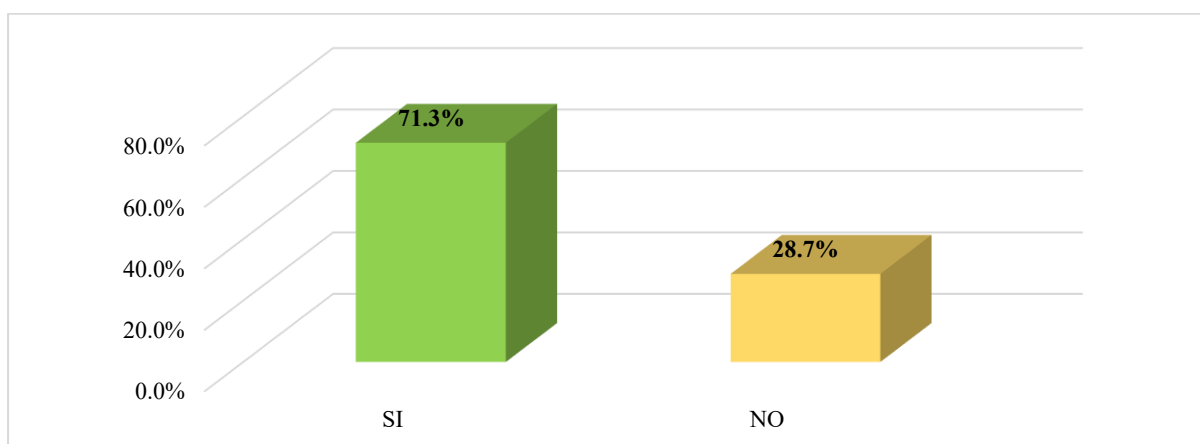


Nota. Información propia.

Figura 35

Resultados sobre la afectación de la desglaciación del Pastoruri en la actividad turística

2022



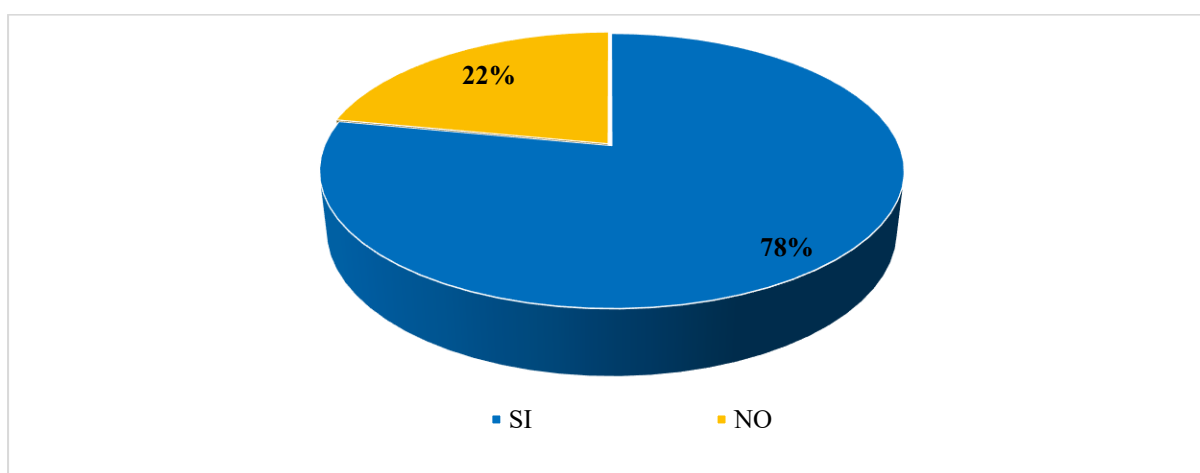
Nota. Información propia.

• Pregunta 7

Para el año 2019 se obtuvo que el 78% de los visitantes respondieron que SI les afectó en su satisfacción la prohibición de subir al glaciar Pastoruri y un 22% respondieron NO; para el año 2022 también se tuvo un alto porcentaje en la respuesta SI con un 75% y el 25% restante respondieron NO.

Figura 36

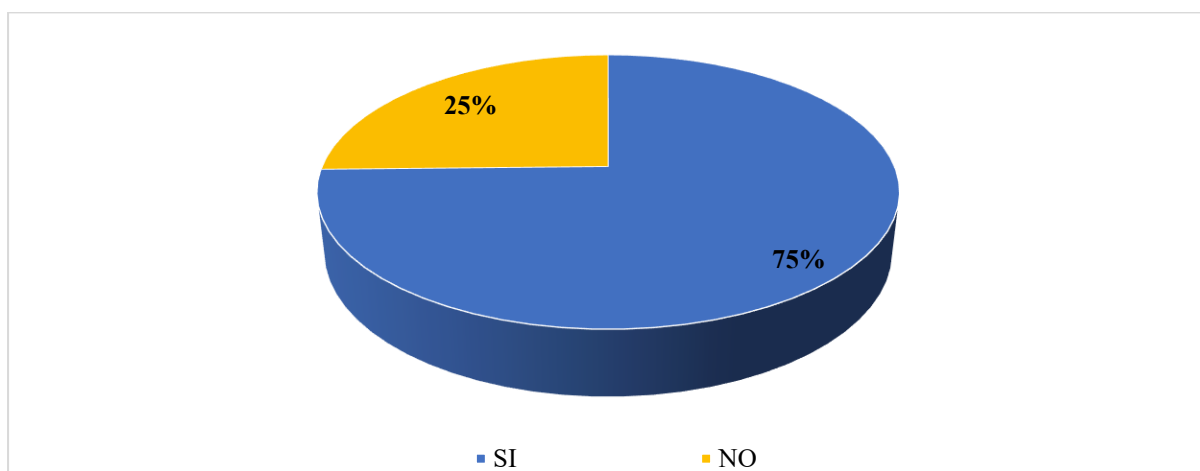
Resultados en porcentaje de la pregunta siete para el año 2019



Nota. Información propia.

Figura 37

Resultados en porcentaje de la pregunta siete para el año 2022



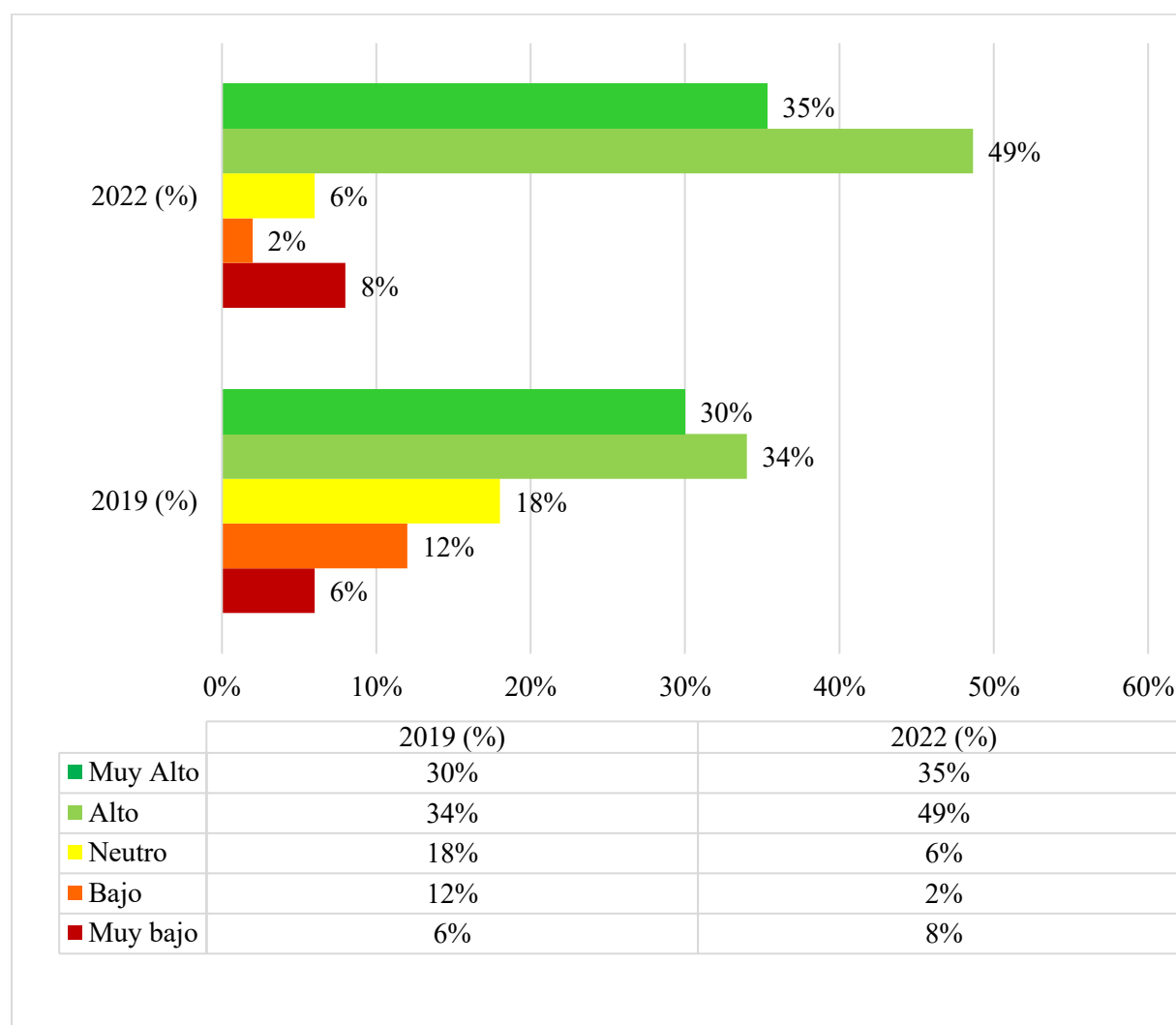
Nota. Información propia.

• Pregunta 8

Para la pregunta ocho, se indagó el nivel de expectativas que tuvieron después de visitar el glaciar Pastoruri, resumiendo los resultados en valores porcentuales detallados en la siguiente figura:

Figura 38

Resultados (%) sobre el nivel de expectativa que tuvieron después de visitar el glaciar Pastoruri.



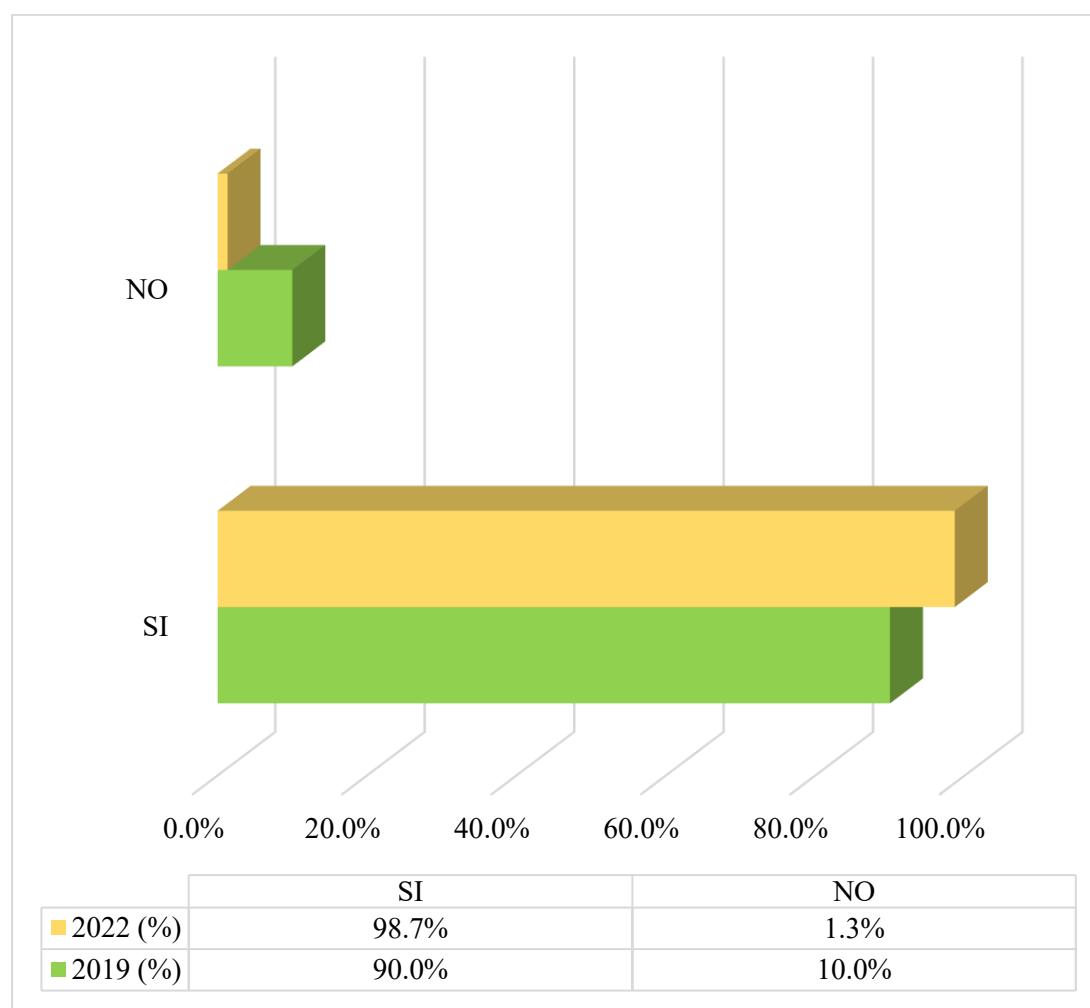
Nota. Esta información se relaciona con la pregunta 2, que indaga sobre el nivel de satisfacción antes de visitar el Pastoruri, mientras que aquí se muestra el cambio en la satisfacción después de la visita.

• Pregunta 9

Esta pregunta fue planteada con la finalidad de saber el grado de conciencia que tienen los visitantes en cuanto a los efectos del cambio climático en los recursos naturales que actúan como destinos turísticos. En esa línea, se tuvo como resultados generales para el año 2019 que el 90% (45) respondieron que SI afecta el CC en la atracción del glaciar Pastoruri y el 10% (5) respondieron que NO. Para el año 2022, se obtuvo que el 98.67% (148) respondieron SI a la pregunta y el 1.33% (2) respondieron que NO.

Figura 39

Resultados de la pregunta nueve en porcentaje para el año 2019 y 2022.



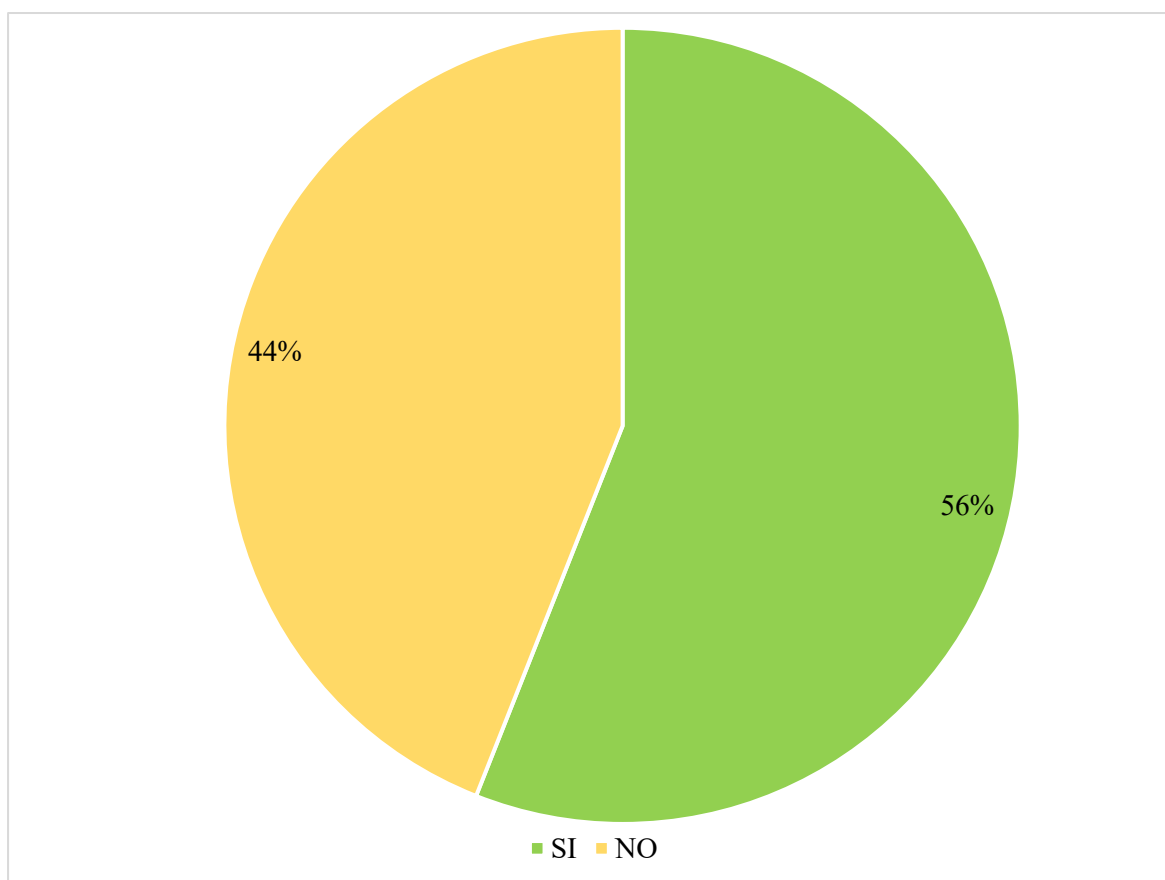
Nota. Información Propia

• Pregunta 10

En la presente, se obtuvo un 56% (84) de los visitantes encuestados respondieron afirmativamente a la pregunta y el 44% (66) respondieron negativamente. Ver resultados en la siguiente figura:

Figura 40

Resultados en porcentaje de la pregunta diez



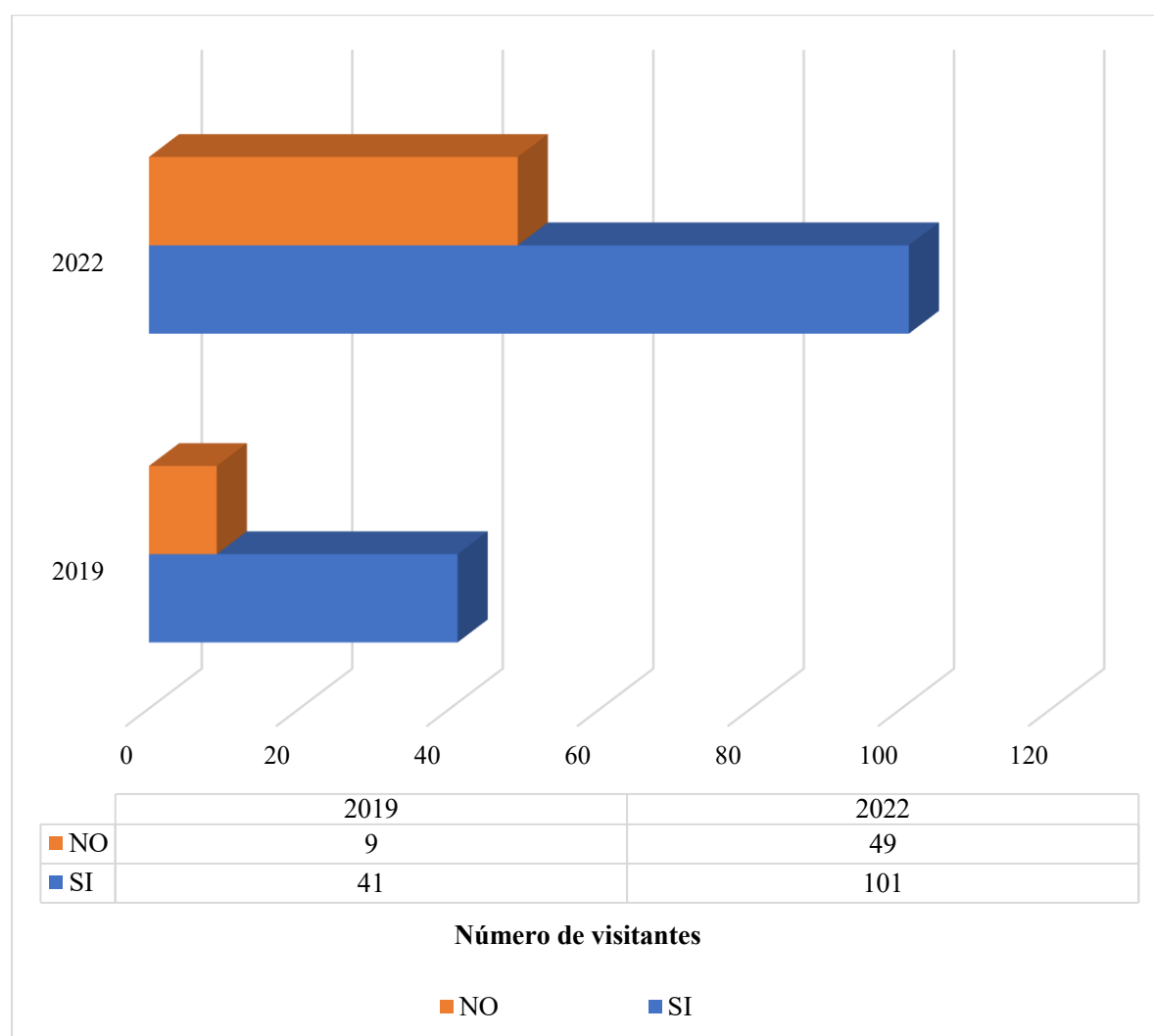
Nota. El presente diagrama se basó en los resultados obtenidos en la encuesta realizada en el año 2022, ya que se trata de una pregunta nueva añadida al cuestionario con la finalidad de fortalecer el estudio. Información propia.

• Pregunta 11

En esta pregunta se intentó conocer la intención de los y las visitantes encuestados en volver a visitar el glaciar en años futuros a pesar de saber el inminente y rápido retroceso al cual está sometido el glaciar Pastoruri, lo cual, se obtuvo que para la encuesta del año 2019 el 82% de los encuestados dijeron que SI y el 18% dijo que NO. Para la encuesta del año 2022, el 62% menciono que SI volvería a visitar el atractivo y el 33% mencionó que NO lo haría.

Figura 41

Resultados de la pregunta once para las encuestas de los años 2019 y 2022.



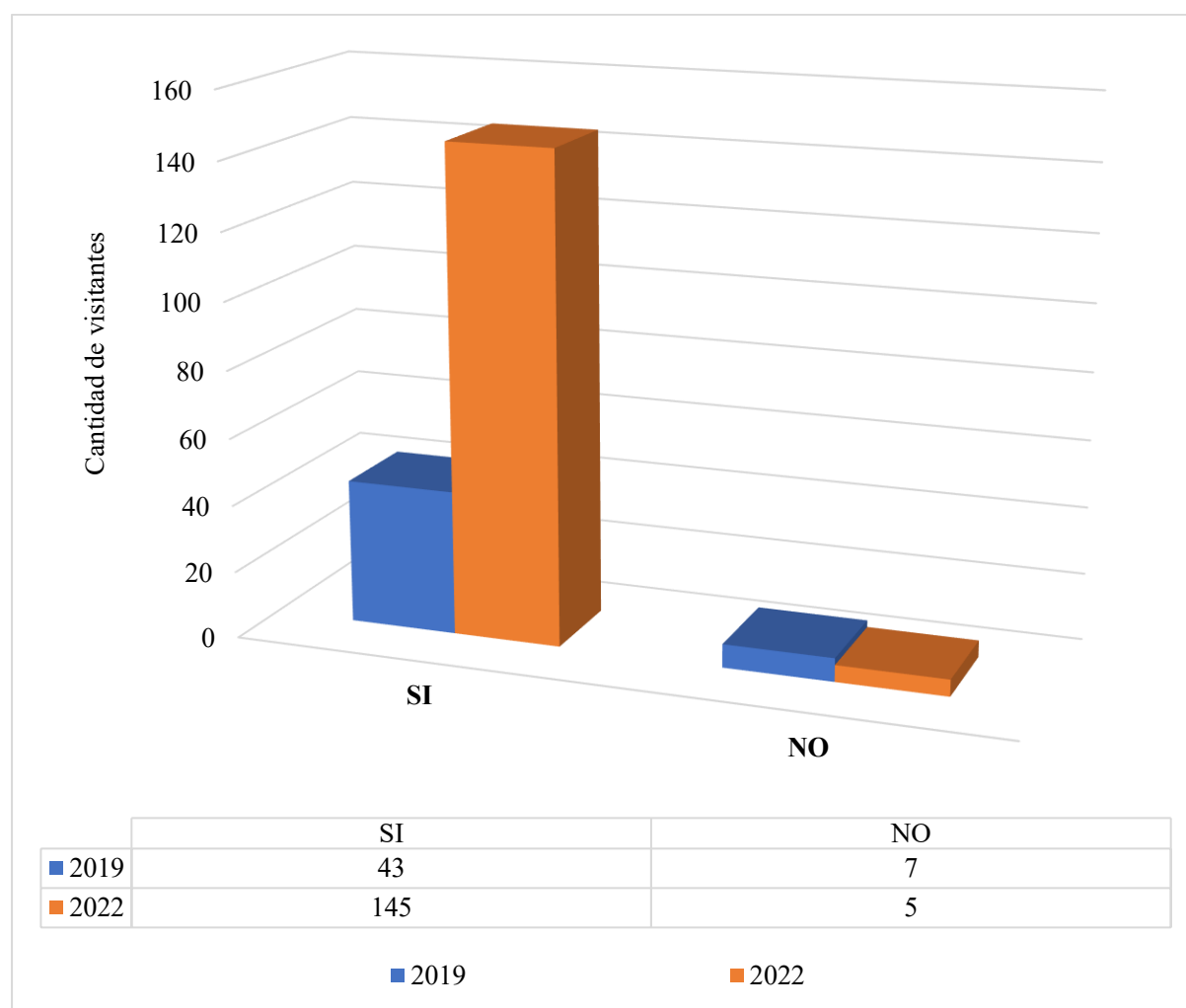
Nota. Información propia.

• Pregunta 12

En la presente se consultó a los encuestados si recomendaría a sus familiares y/o amistades a visitar el glaciar Pastoruri con la finalidad de saber si los turistas que visitaron este atractivo con afectación por el cambio climático, lo recomendarían por lo que se obtuvo que de los 200 encuestados en el año 2019 y 2022 en conjunto, el 94% (188) respondieron que SI lo recomendarían y el 6% (12) respondieron que no. Véase la siguiente figura para conocer los resultados detallados por cada año de encuesta.

Figura 42

Resultados de la pregunta doce para el año 2019 y 2022 en estudio.



Nota. Información propia.

4.4. Estimación del Impacto de la Demanda Turística del Glaciar Pastoruri en un Contexto de Cambio Climático

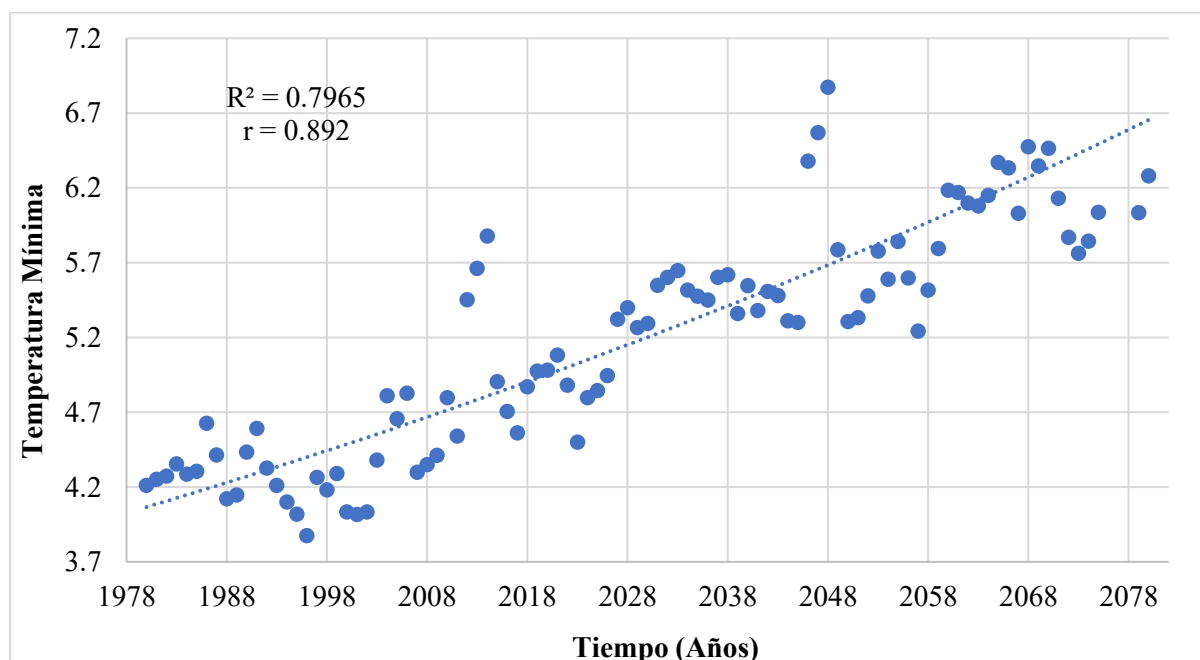
En el presente ítem da a conocer los resultados de la estimación del impacto que la demanda turística por efectos de la desglaciación del Pastoruri en un contexto de cambio climático a largo plazo. Asimismo, se recalca que dichos resultados están expresados en cuatro (4) intervalos de tiempo: el primero de 1985 a 1989, el segundo de 1990 a 1999, el tercero del 2000 al 2009 y el cuarto de 2001 al 2019; es por ello que cada gráfica contendrá 4 puntos de evaluación.

4.4.1. Análisis de la temperatura del Glaciar Pastoruri

Para la cuantificación del impacto de la demanda turística y la cobertura glaciar en términos climáticos, se hizo uso de la data antigua, actual y futura de la temperatura correspondiente a la zona de estudio (del año 1980 al año 2080).

Figura 43

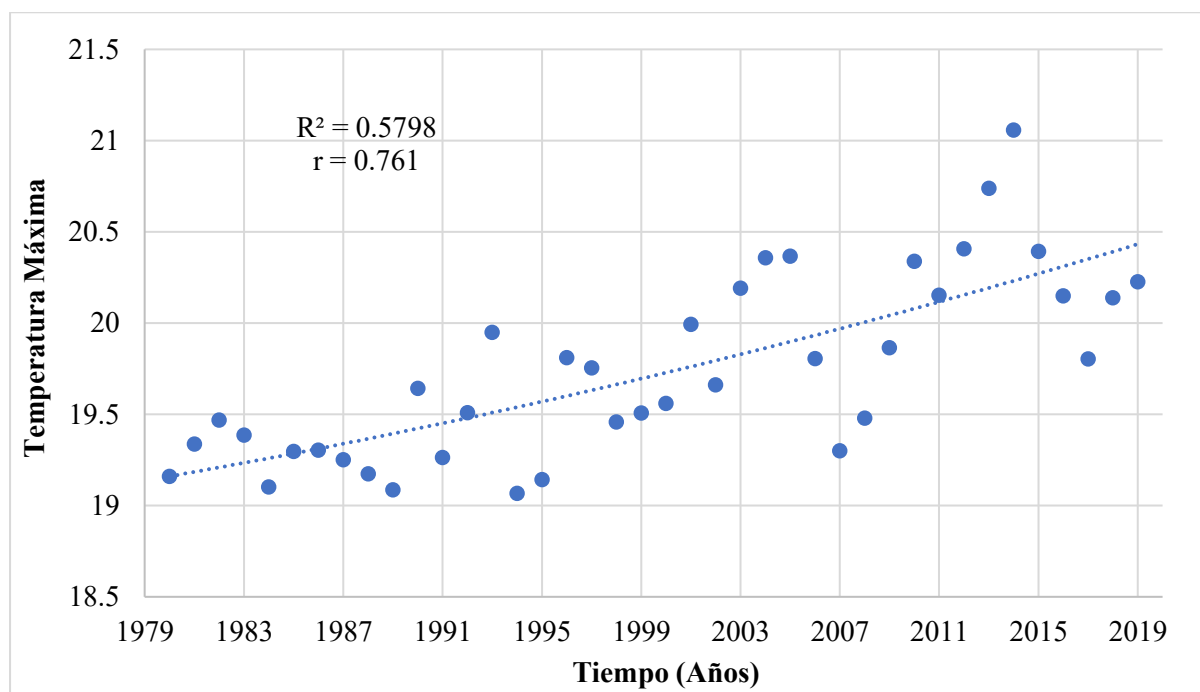
Temperatura mínima del glaciar Pastoruri desde 1980 al año 2080



Nota. Data obtenida del Proyecto GLOP por investigadores del INAIGEM, 2019. Tratamiento y representación de la temperatura a través del tiempo realizada por la presente investigación.

Figura 44

Temperatura máxima del glaciar Pastoruri desde 1980 al año 2080



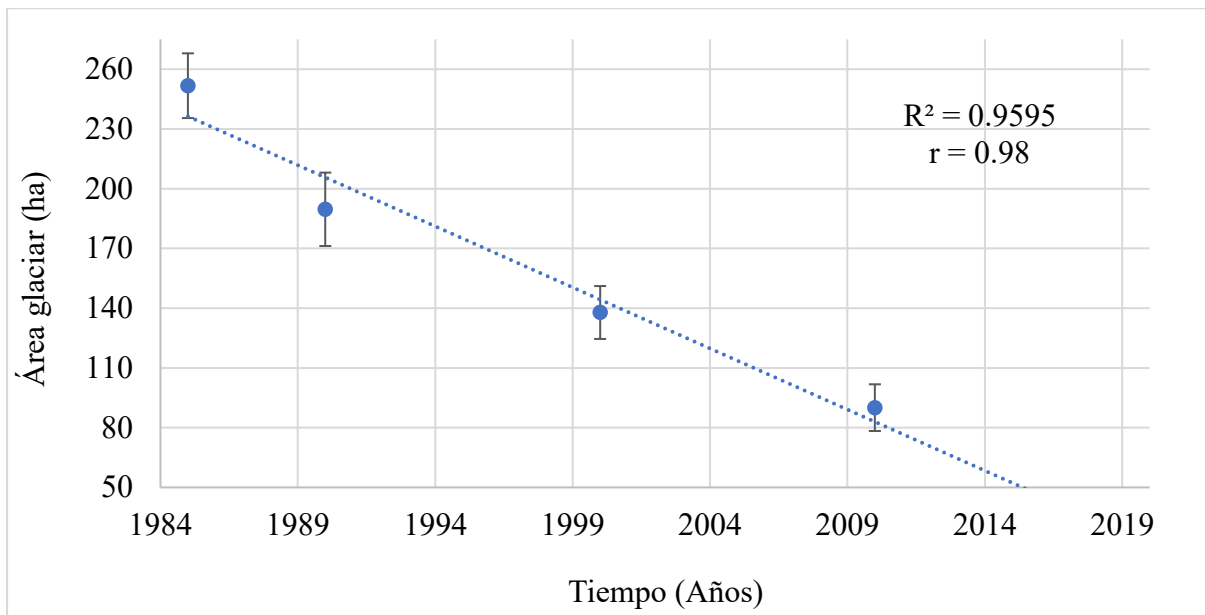
Nota. Data obtenida del Proyecto GLOP por investigadores del INAIGEM, 2019. Tratamiento y representación de la temperatura a través del tiempo realizada por la presente investigación.

4.4.2. Cambio de las variables de evaluación a través del tiempo

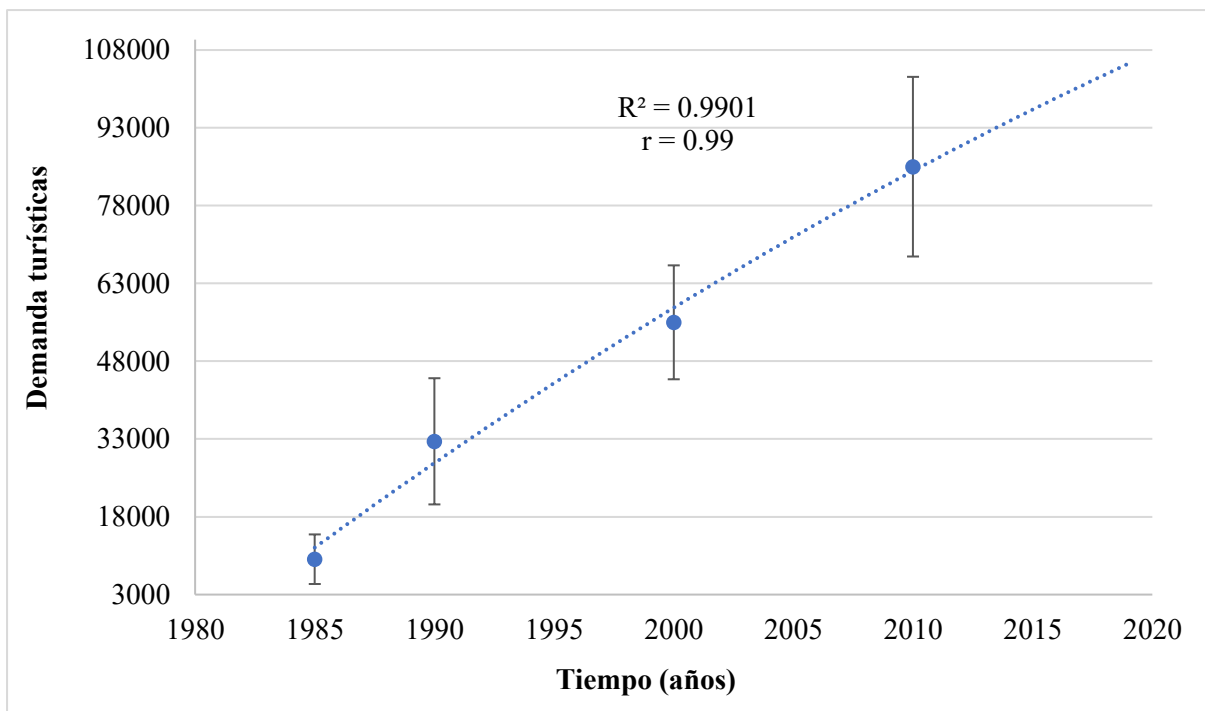
En los siguientes gráficos se dan a conocer los cambios de las áreas glaciares del Pastoruri (representado en hectáreas), del flujo de la demanda turística (expresado en cantidad de turistas) en a través del tiempo, es decir, durante el periodo de estudio. Asimismo, los datos observados corresponden al promedio de cada década en el periodo de 1985 al 2019, a excepción del primer intervalo 1985 a 1989; ya que, al contar con 35 años de evaluación, se decidió realizar el conteo de décadas de manera descendente para evitar mayor error en los años más actuales que pasados.

Figura 45

Cambio del área glaciar del Pastoruri por cada década desde 1985 a 2019

**Figura 46**

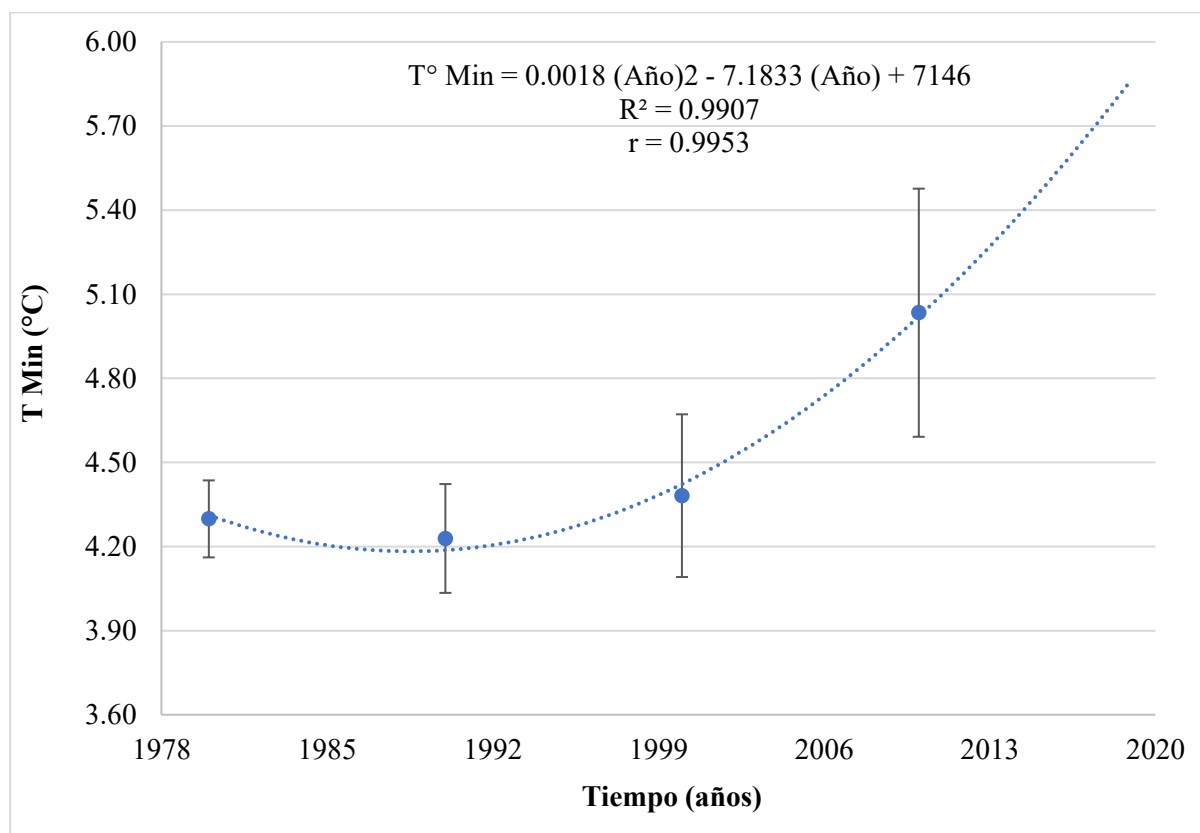
Cambio de la demanda turística en el Pastoruri por cada década desde 1985 a 2019



Asimismo, se da a conocer los cambios ocurridos en uno de los factores del clima, específicamente la temperatura (máxima y mínima), a través del tiempo según la data obtenida y acondicionada en el estudio (desde el año 1980 al año 2019). Dichos datos presentados a continuación, corresponden al promedio de los valores de temperatura durante 10 años, es decir, por cada década.

Figura 47

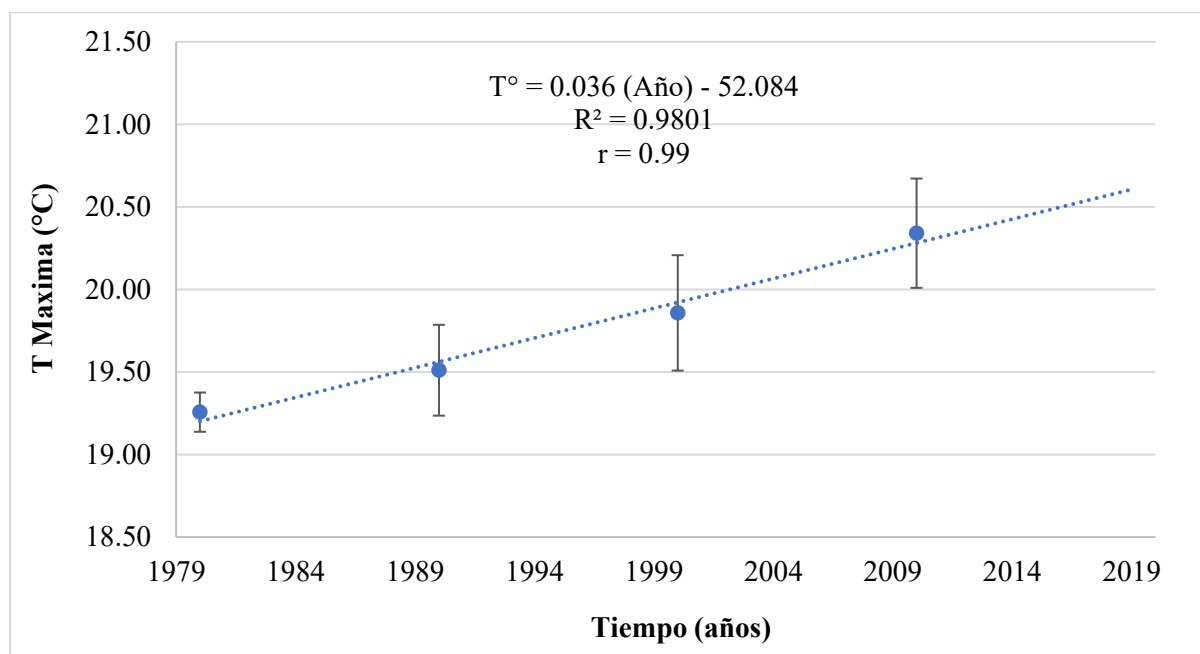
Cambio en la temperatura mínima en el Glaciar Pastoruri en el periodo 1980 - 2019



Nota. La data presentada corresponde a la temperatura mínima calculada del glaciar Pastoruri; la cual fue brindada por el INAIGEM.

Figura 48

Cambio en la temperatura máxima en el Glaciar Pastoruri en el periodo 1980 - 2019



Nota. La data presentada corresponde a la temperatura máxima calculada del glaciar Pastoruri; la cual fue brindada por el INAIGEM.

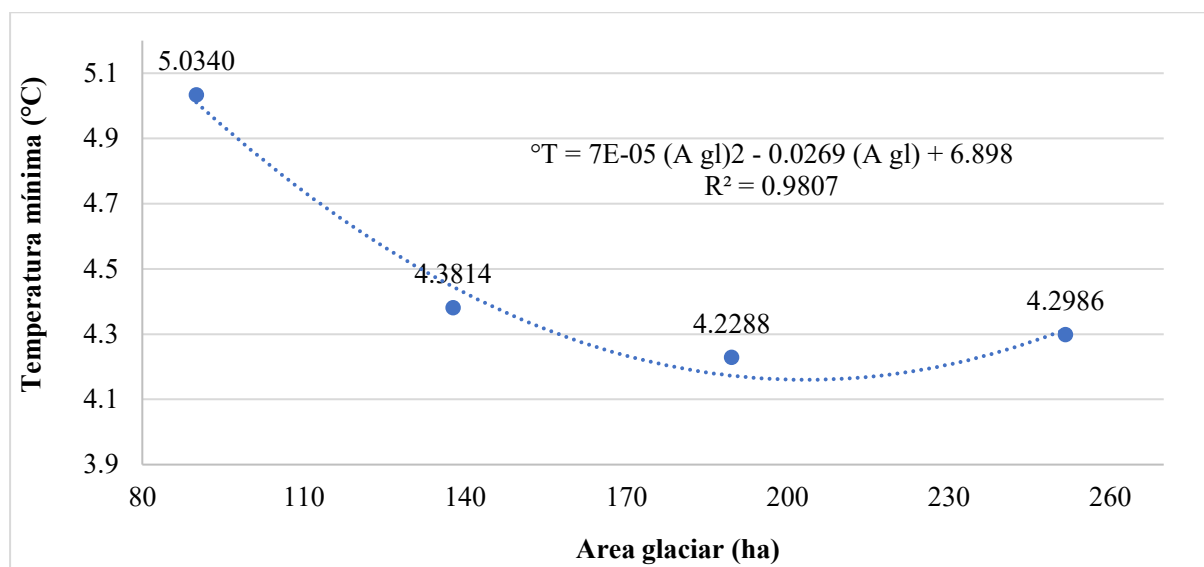
4.4.3. Impacto del Cambio Climático en el Sector Turismo del Glaciar Pastoruri

En la presente sección se muestran los resultados de análisis con respecto a la influencia e impacto que tienen las variables de estudio entre sí a través del tiempo, es decir, entre la cobertura glaciar y la demanda turística; asimismo, precisar que los resultados del impacto de estas variables en un contexto de cambio climático se expresan a través del involucramiento de la temperatura en el análisis para el periodo de estudio y para años futuro.

4.4.3.1. Impacto del Área Glaciar por Cambio de la Temperatura. A continuación, se presentan los resultados de la relación entre la desglaciación del Pastoruri respecto al comportamiento de la temperatura tanto mínima como máxima en el periodo 1985 al 2019, representando de esta manera el impacto ocurrido entre ambas variables en un contexto de cambio climático.

Figura 49

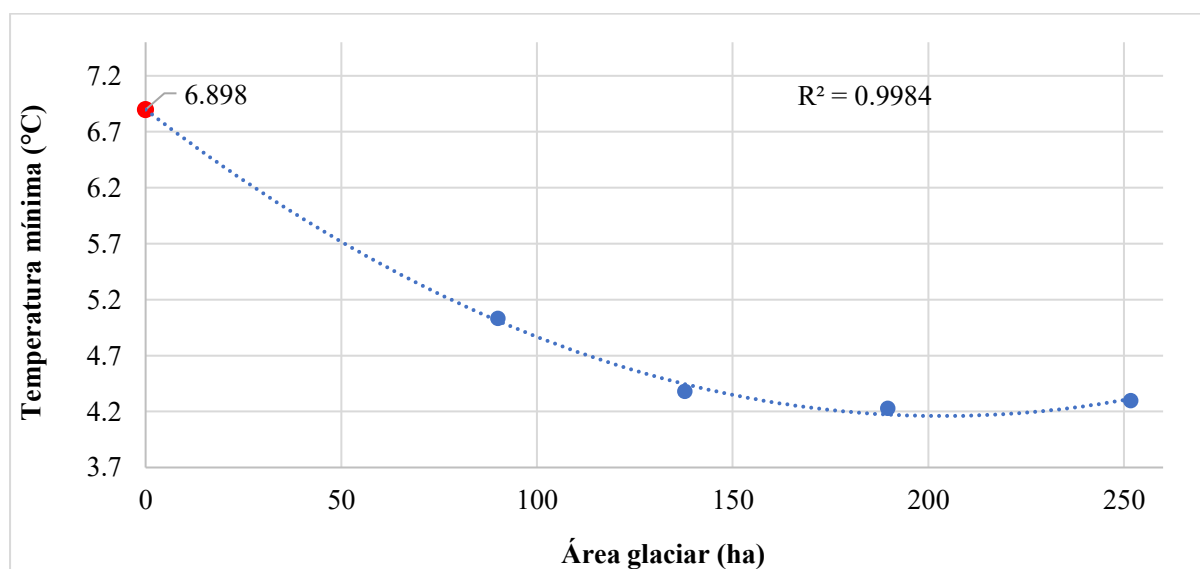
Impacto del área glaciaria del Pastoruri respecto al cambio de la temperatura mínima



Nota. Datos expresados dentro del periodo de estudio (1985 – 2019). Elaboración propia.

Figura 50

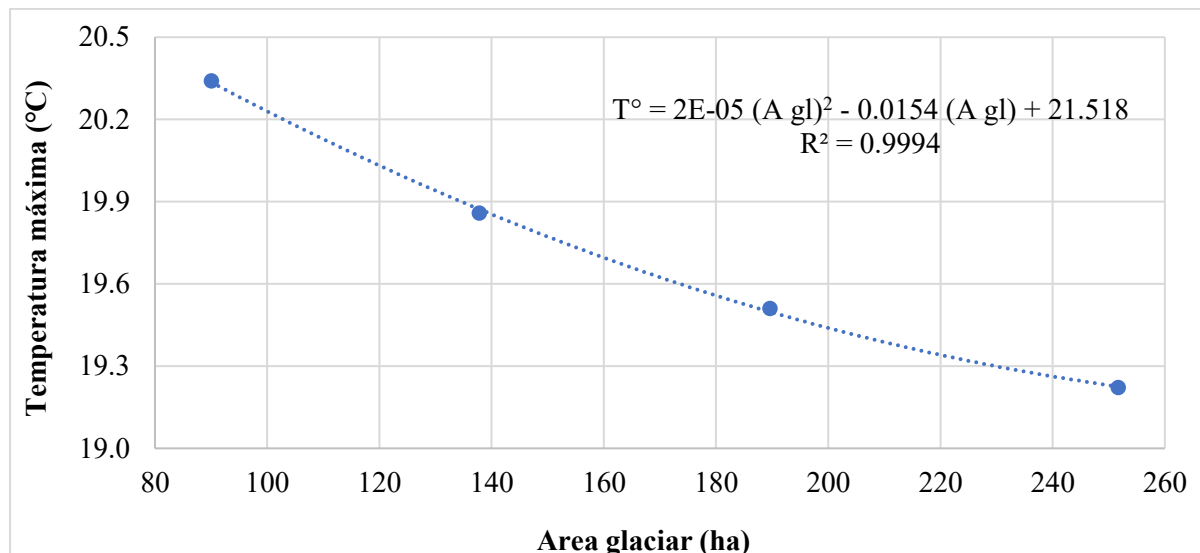
Impacto del área glaciaria del Pastoruri cuando este desaparezca respecto al cambio de la temperatura mínima



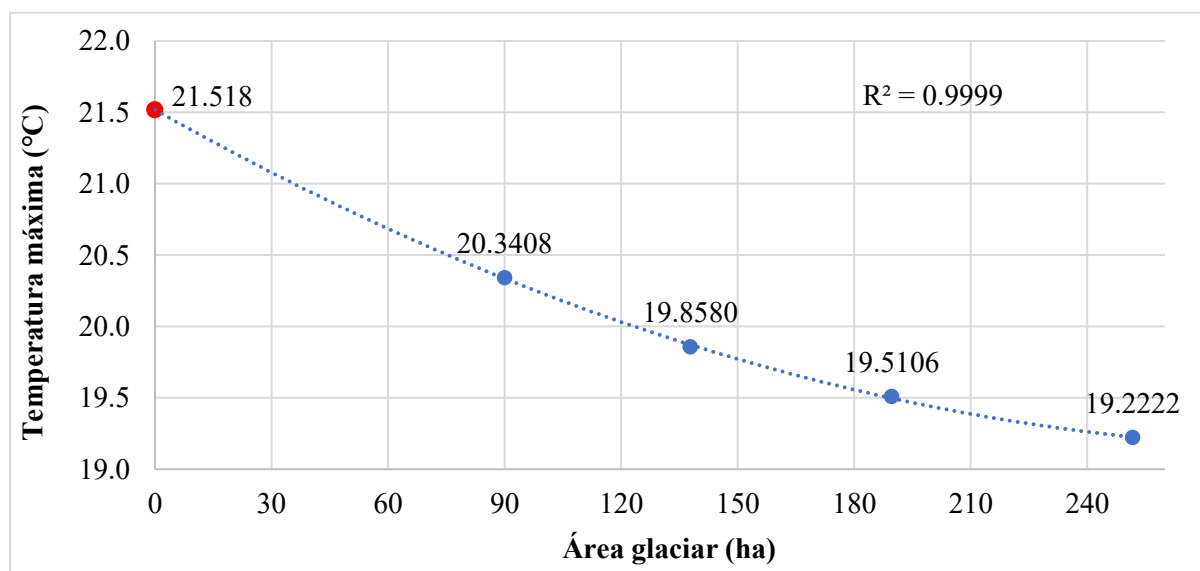
Nota. El punto rojo representa el valor estimado de la temperatura cuando el glaciar Pastoruri tenga una superficie de 0 ha, previamente utilizando la ecuación de regresión dada en la Figura 47.

Figura 51

Impacto del área glaciar del Pastoruri respecto al cambio de la temperatura máxima 1985-2019

**Figura 52**

Impacto del área glaciar del Pastoruri cuando este desaparezca respecto al cambio de la temperatura máxima a largo plazo

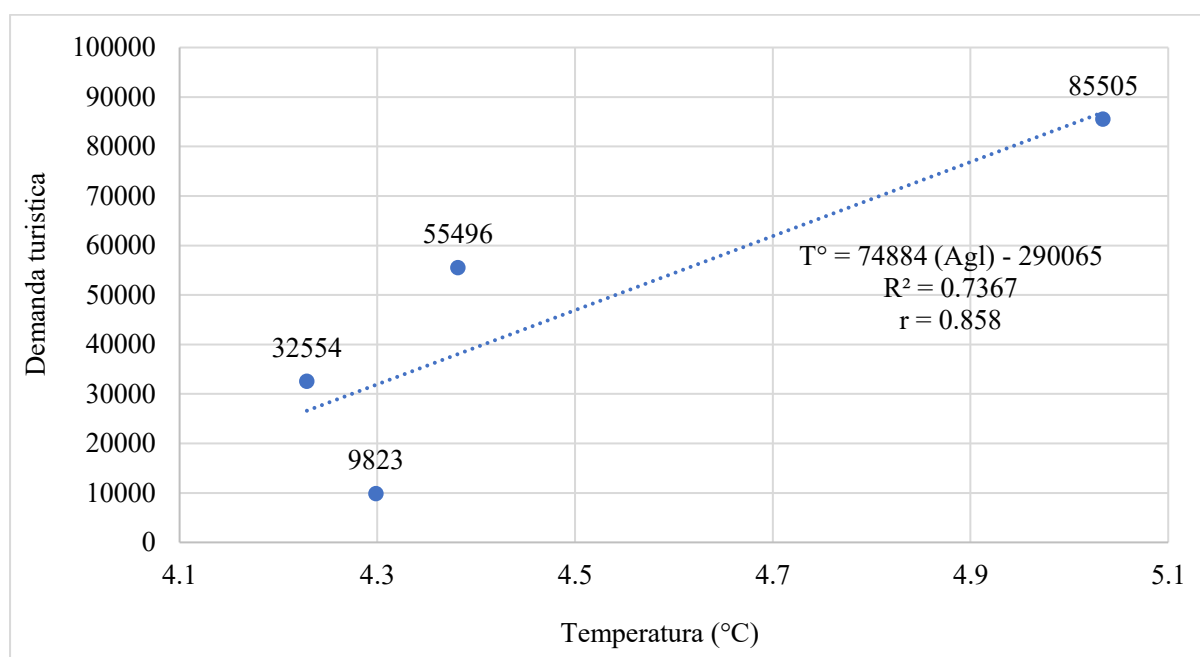


Nota. El punto rojo representa el valor estimado de la temperatura cuando el glaciar Pastoruri tenga una superficie de 0 ha, previamente utilizando la ecuación de regresión dada en la Figura 50.

4.4.3.2. Impacto de la Demanda Turística por Cambio de la Temperatura. En las siguientes figuras, se representa el impacto dado en la demanda turística, debido al incremento de la temperatura en años futuros. Se evidencia, en la figura 52, que el comportamiento de ambas variables a través del tiempo es de tendencia polinómica de grado 2, donde hasta cierto punto en el tiempo la demanda turística llegará a su nivel más alto de visitas turísticas pero debido a la escasa visualización y disfrute paisajístico del Pastoruri por efectos de la desglaciación, generará un impacto de tendencia negativa donde la demanda turística irá descendiendo poco a poco hasta que el área glaciaria sea igual a 0 ha y la temperatura sea aproximadamente 8.9 °C.

Figura 53

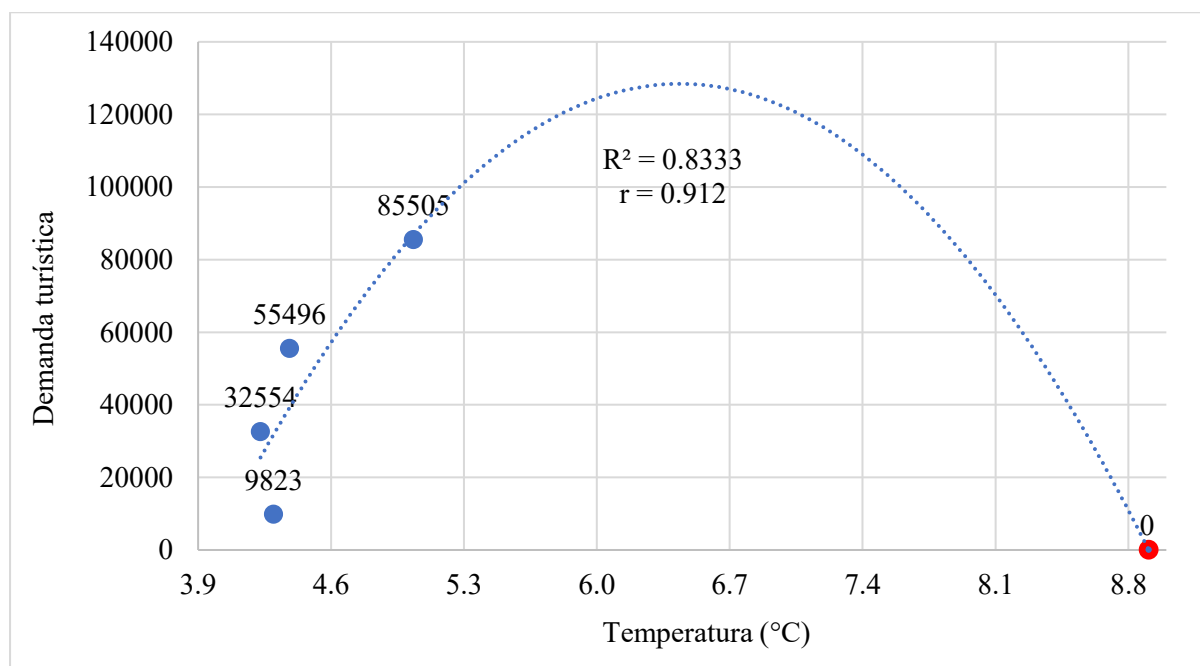
Impacto de la demanda turística respecto al cambio de la temperatura mínima



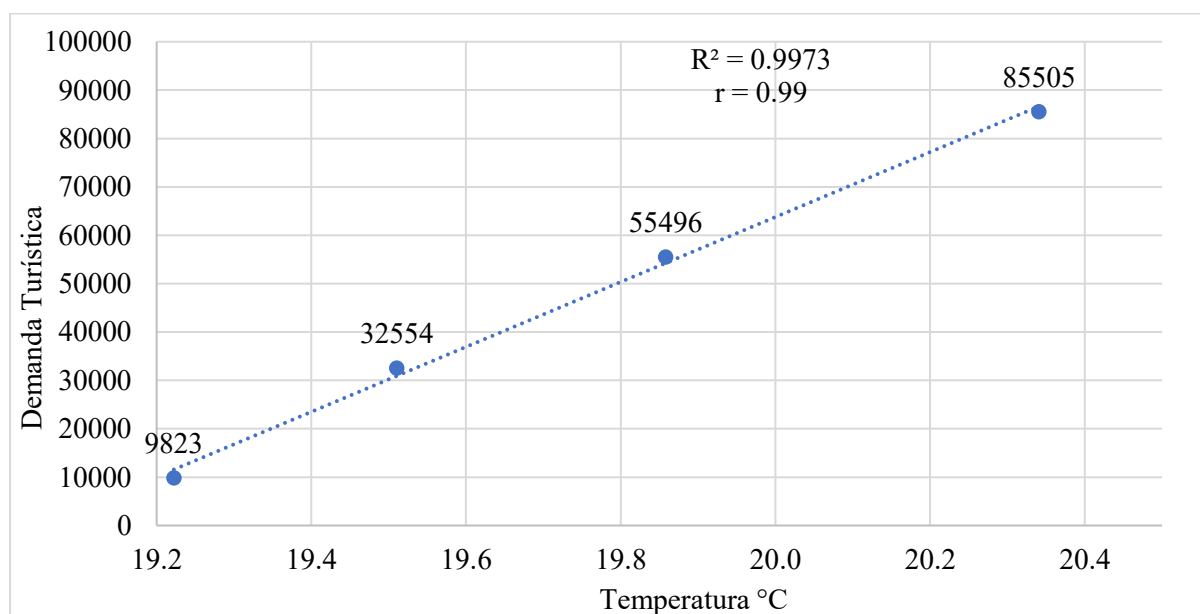
Nota. Datos expresados dentro del periodo de estudio (1985 – 2019). Elaboración propia.

Figura 54

Impacto de la demanda turística respecto al cambio de la temperatura mínima a largo plazo

**Figura 55**

Impacto de la demanda turística respecto al cambio de la temperatura máxima



Nota. Datos expresados dentro del periodo de estudio (1985 – 2019). Elaboración propia.

4.4.3.3. Impacto de la Demanda Turística por el Retroceso Glaciar. En las siguientes figuras se da a conocer el impacto que presenta la demanda turística por efectos de la desglaciación del Pastoruri; es decir, en primer lugar, el cambio en el flujo de turistas debido al retroceso glaciar dado a través del tiempo desde 1985 hasta 2019 (ver figura 53), y, en segundo lugar, se representa el impacto aproximado que tendría la demanda turística (177488 turistas) cuando el glaciar Pastoruri llegue a desaparecer (ver figura 54).

Por otro lado, se precisa que dicho análisis y resultado expresado en ambas figuras, fueron separadas por cuatro (4) intervalos de tiempo: el primero de 1985 a 1989, el segundo de 1990 a 1999, el tercero del 2000 al 2009 y el cuarto de 2001 al 2019 (ver tabla 17).

Tabla 22

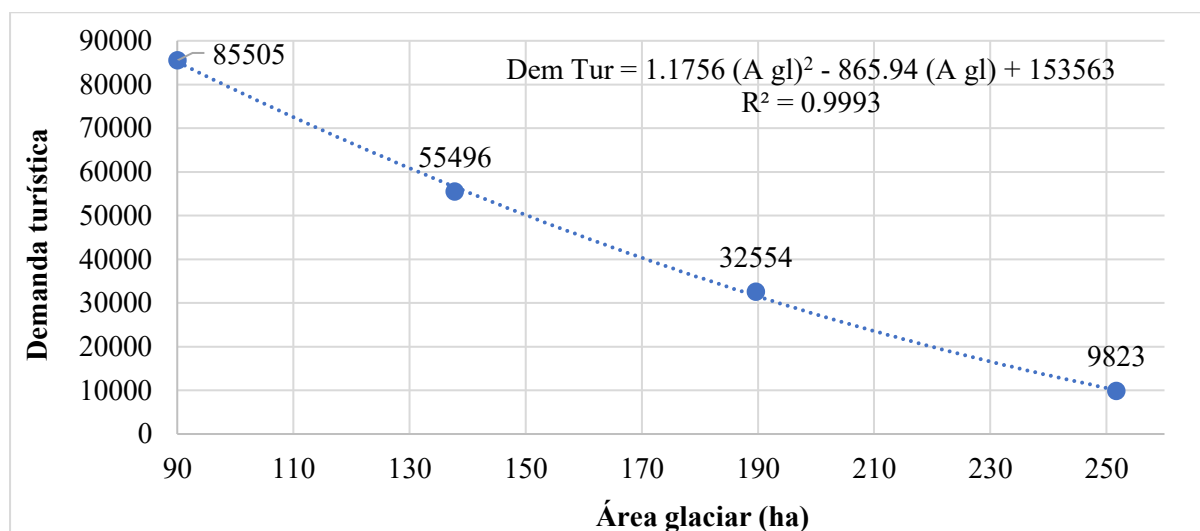
Área glaciar y de la demanda turística del Pastoruri en cuatro intervalos de tiempo

Intervalos (t)	Área Glaciar	Demanda
	Media	Media
1985 - 1989	251.7149	9823
1990 - 1999	189.6401	32554
2000 - 2009	137.8209	55496
2001 - 2019	90.0492	85505

Nota. Los valores expresados son los promedios de cada intervalo de 10 años, a excepción del primer intervalo que es de 5 años (1985-1989), debido al número de cantidad total de años que se evalúan en el presente estudio. Por criterio propio se decidió separarlo de esta manera.

Figura 56

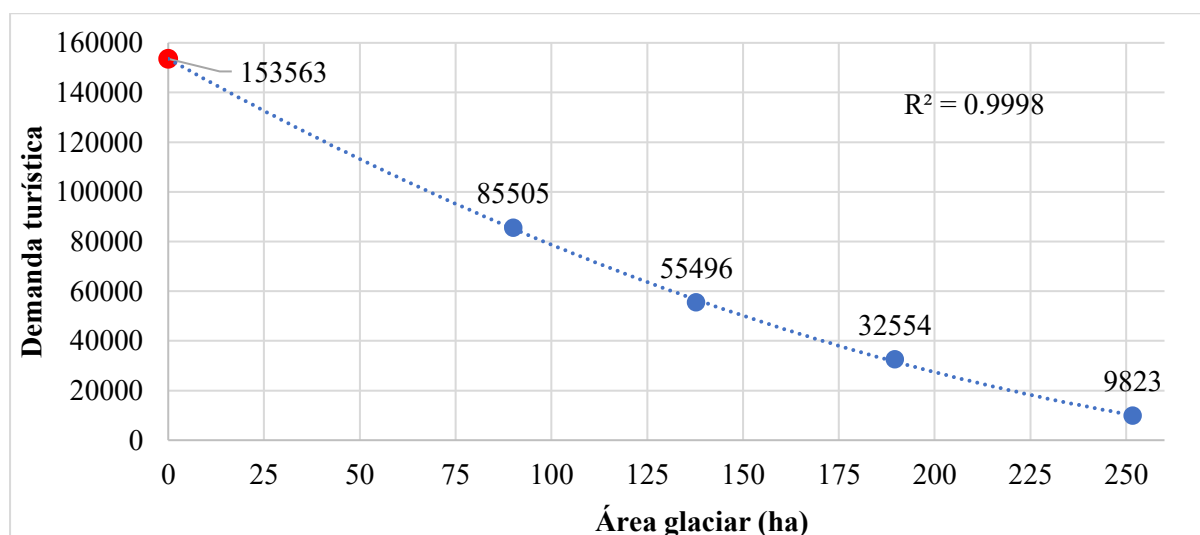
Impacto de la demanda turística por la desglaciación del Pastoruri de 1985 a 2019



Nota. La representación de cada punto en relación es por cada intervalo, siendo el intervalo 1985-1989 correspondiente al punto con valor 9823, el segundo intervalo al punto con valor de 32554 y así sucesivamente.

Figura 57

Impacto de la demanda turística por la desglaciación del Pastoruri a largo plazo



Nota. Elaboración propia.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- A partir de las imágenes satelitales Landsat 5 TM y Landsat 8 OLI – TIRS y el procesamiento realizado en la plataforma GEE, se estimó el área del glaciar Pastoruri para el periodo 1985 al 2019, obteniéndose que dicha superficie en el año 1985 presentó un valor de 273.421 ha y en el año 2019 un valor de 62.763 ha o 0.627 km², mostrando una pérdida de 210.658 ha, la cual en términos porcentuales representa el 77.05 % en un intervalo de tiempo de 35 años y contando con tasa de retroceso glaciar promedio de -8.19 ha/año. En la publicación oficial “Pastoruri, 40 años de estudios glaciológicos” (2021), se afirma que en un intervalo de 25 años el Pastoruri ha perdido el 70% de su cobertura glaciar, teniendo un área de 0.545 km² en el año 2019; siendo similar a los resultados de la presente investigación tanto en el área correspondiente al último año de evaluación como en el porcentaje de pérdida; ya que, en el presente estudio el año de inicio de evaluación es 1985 y el de la citada en el año 1995, esto explica que porcentaje de pérdida del presente estudio es 7.5% mayor que el mencionado.

- Los resultados de la presente investigación presentan ciertas diferencias en el área glaciar de un determinado año de evaluación con otras investigaciones publicadas anteriormente debido a diversos factores; entre ellos se tiene (i) la delimitación del área de estudio, ya que esto podría aumentar o disminuir las cifras de las áreas calculadas en un estudio, por ejemplo, en la investigación de Tarazona (2012) considera al Pastoruri a todo el sistema glaciar comprendido por el Pastoruri 1, Pastoruri 2, Chirapun y otros bloques de hielo hacia el oeste las cuales se consideraban por muchos años como la extensión del Nevado Pastoruri (ver página 12 de la investigación de Tarazona C. Y.). Asimismo, en la tesis de Santiago, A. (2022) realiza un estudio de balance de masa del Glaciar Pastoruri, pero solo considera al bloque de hielo Pastoruri 1 (ver página 07 del estudio). (ii) otro factor que influye en los resultados de un

análisis de áreas en el tiempo es el criterio de delimitación del investigador; si bien se utilizan softwares y plataformas digitales para el cálculo de índices, el paso final es la corrección y perfección de dicha delimitación preliminar donde influye la visualización y criterio propio del autor para su resultado final. Esto también se considera como tercer y último factor (iii) el tipo de imagen satelital y/o metodología a utilizar, lo cual genera una inmediata diferenciación de un estudio a otro.

- Por otro lado, se analizó la demanda turística del Parque Nacional Huascarán, específicamente en el Sector Carpa correspondiente a la ruta del glaciar Pastoruri, donde se determinó que en el año 1985 asistieron un total de 3941 turistas y en el año 2019 un total de 63 109 visitantes; y, por consiguiente, debido a la caída abrupta de la demanda turística en el año 2008, se realizaron correcciones estadísticas teniendo un total de 101 109 visitantes hipotéticamente para el año 2019. Dichos resultados tanto originales como con los datos corregidos, se evidencio una tendencia positiva con un coeficiente de correlación (r) buena con 0.75 y casi perfecta con 0.94 respectivamente según Pearson. Los presentes datos fueron proporcionados por el mismos ANP, así como también no se cuenta con alguna investigación similar o que considere valores cuantitativos de la cantidad de turistas anuales del Parque Nacional Huascarán, sector Carpa; por lo tanto, no existe ninguna discusión en cuanto a los resultados obtenidos en dicho objetivo.

- El comportamiento de la demanda turística (expresado en cantidad de visitantes) presentó varias fluctuaciones altas y bajas significativas a lo largo del periodo estudiado, por lo cual se decidió representar el análisis de manera global (1985-2019) y en dos momentos o periodos: 1985-2007 y 2008-2019 ya que en el año 2008 tuvo el valor más abrupto y bajo a comparación de los demás años de evaluación. En ambos periodos se realizaron coeficientes

de correlaciones simples de tipo lineal ascendente con valores r de 0.90 en el primer periodo y 0.94 en el segundo. El segundo periodo se manifestó una estabilidad ascendente de la demanda turística. Según este escenario de relación inversa donde a pesar del inminente retroceso que padece el glaciar Pastoruri, la demanda turística presenta un aumento en función a la cantidad de visitantes, se decidió indagar la razón de este comportamiento a través de 200 encuestas a los visitantes nacionales (83.5%) e internacionales (16.5) para el sector Carpa realizadas en el año 2019 (50 encuestas) y en el año 2022 (150 encuestas).

- El 65% y el 27.5% de los visitantes encuestados manifestaron tener un nivel de satisfacción y expectativas muy alto y alto respectivamente antes de visitar el glaciar Pastoruri; lo cual, por el contrario, estos niveles de satisfacción disminuyeron después de su visita siendo solo el 34% y el 45% respectivamente; así como también, el 71% de los encuestados en ambos años de recolección de información manifestaría que la desglaciación del Pastoruri afectó en sus expectativas de visita antes de presenciarlo. Adicionalmente, se indagó si la prohibición al disfrute turístico directo del glaciar Pastoruri afectó en la satisfacción de su visita, del total de encuestados el 76% dijeron que sí y 25% menciono que no les afectó. Dentro de las encuestas se indago si para los visitantes el Cambio Climático está afectando al glaciar Pastoruri como destino turístico lo cual, el 96.5% afirmaron la pregunta y el 3.5% la negaron; asimismo, los visitantes afirmaron con un 56% que a pesar del retroceso acelerado de los glaciares y en específico del Pastoruri seguirían visitándolo con la finalidad de que tanto ellos como sus familiares puedan conocer y disfrutar el poco tiempo que le queda al glaciar y sobre todo puedan conocer y vivir los efectos del CC.

- Los resultados de las encuestas y manifestaciones de los visitantes tiene coherencia con la medida de adaptación que en el año 2010 mediante el trabajo conjunto entre

el Ministerio de Comercio Exterior y Turismo (Mincetur) a través del Plan COOPESCO, el Parque Nacional Huascarán, la Municipalidad Distrital de Cátac y la comunidad campesina de Catak implementaron la denominada “Ruta del Cambio Climático” (2014), una estrategia de adaptación a la crisis climática que generó una nueva opción de visita al Pastoruri trayendo nuevamente a los turistas a través del conocimiento directo de las causas y efectos del cambio climático. En ese sentido, según Del Castillo (2019), afirma en sus conclusiones que dicha ruta tiene la finalidad de crear conciencia sobre las causas y efectos del CC y así la comunidad turística contribuya a la mitigación y prevención de sus impactos a través del turismo responsable. Así como también, Infantes Minaya (2017), en su investigación afirma que esta ruta conlleva impactos sociales en el sector como el incremento de los visitantes y oportunidades de empleo.

- El análisis de la relación entre la cobertura glaciaria y la demanda turística en el glaciar Pastoruri desde 1985 hasta 2019 revela un impacto significativo del cambio climático en ambas variables. A medida que las temperaturas han aumentado, la cobertura glaciaria ha disminuido de manera constante. Sin embargo, a pesar de este retroceso, la demanda turística ha mostrado una tendencia al alza, posiblemente debido al creciente interés en visitar estos lugares antes de que desaparezcan. Sin embargo, se espera que la demanda turística comience a disminuir a medida que la cobertura glaciaria se acerca a 0 ha y la temperatura aumenta a aproximadamente 8.9 °C, debido a la disminución de la calidad del paisaje. Asimismo, los resultados de los indicadores de CC evidencian una correlación fuerte entre las variables siendo, en el caso del área glaciaria vs temperatura, una correlación de 0.99 y manifestando que aproximadamente que cuando la temperatura mínima y máxima llegue aproximadamente a 6.8 y 21.5 °C respectivamente, el Pastoruri llegaría a su desaparición, lo cual, según el registro de valores de temperatura esto se daría entre los años 2035 a 2048. En el caso de la demanda

turística vs temperatura, se tiene de igual manera una correlación casi perfecta de 0.85 y 0.99 para temperatura mínima y máxima respectivamente, donde se deduce que cualquier incremento de la temperatura a través del tiempo afectaría en la demanda turística, es decir, en el flujo de turistas. Finalmente, en cuanto a demanda turística vs área glaciar, presento una correlación casi perfecta de 0.999 lo cual se aproxima a 1 donde se calcula que para cuando el área glaciar llegue hipotéticamente a 0 ha, la demanda llegara a un tope de 153 563 visitantes.

VI. CONCLUSIONES

- a. En respuesta al **primer objetivo específico**, se realizó un análisis exhaustivo de la evolución de la cobertura glaciar del Pastoruri en el periodo 1985 – 2019. A través del procesamiento de imágenes satelitales en la plataforma Google Earth Engine (GEE), determinándose que la superficie glaciar disminuyó de 273.421 ha en 1985 a 62.763 ha en 2019. Esto representa una pérdida del 77.05% de su superficie, con una tasa de retroceso anual promedio de -8.19 ha/año, equivalente a una tasa de cambio de -5.63%. Es importante destacar que estas tasas de retroceso no son uniformes para cada año, sino que varían, lo que indica la complejidad y la naturaleza dinámica del clima y sus efectos en los glaciares. Este análisis multitemporal, realizado a través de la plataforma GEE, proporciona un nuevo aporte para la comunidad académica, ya que el código utilizado puede ser modificado para adaptarse a diferentes áreas de estudio en futuras investigaciones. La disminución significativa de la cobertura glaciar es consistente con los hallazgos de estudios previos y se atribuye principalmente al cambio climático, confirmando así la continua disminución de la superficie glaciar en la zona de estudio durante el periodo analizado.
- b. En relación con el **segundo objetivo específico**, se evaluó el comportamiento de la demanda turística del Parque Nacional Huascarán en el periodo 1985 – 2019. A pesar de la disminución de la cobertura glaciar, la demanda turística ha mostrado una tendencia positiva en el mismo periodo. En 1985, el parque recibió a 3,941 turistas, mientras que, en 2019, la cifra aumentó a 63,109 visitantes, tanto extranjeros como nacionales. Es importante destacar que los años 2008 y 2009 registraron los números más bajos de visitantes, lo que llevó a dividir el análisis en dos periodos separados. A pesar de estas fluctuaciones, la tendencia general muestra un aumento progresivo de la demanda turística. Es importante tener en cuenta que este análisis de la demanda turística se basa únicamente en la cantidad de turistas que ingresan al sector Carpa, y no toma en cuenta otros factores

que podrían influir en la demanda turística. En resumen, a pesar de los desafíos presentados por el cambio climático y la disminución de la cobertura glaciar, el Parque Nacional Huascarán ha logrado mantener y aumentar su demanda turística a lo largo del tiempo estudiado.

- c. En relación con el **tercer objetivo específico**, se realizó un análisis para determinar la relación entre la demanda turística y los cambios en la cobertura glaciar del Pastoruri. Se encontró una correlación casi perfecta de 0.999 entre estas dos variables, lo que sugiere que, a pesar de la disminución de la cobertura glaciar, la demanda turística ha seguido aumentando. Este fenómeno de relación inversa pudo ser explicado gracias a las encuestas realizadas, que este se dio debido al creciente interés de los turistas en visitar zonas naturales afectados por cambio climático, y, con ayuda de una estrategia adaptativa como la implementación de la "Ruta del Cambio Climático", ha proporcionado una nueva forma de experimentar el glaciar Pastoruri. Como prueba de ello, los resultados de las encuestas indican que la mayoría de los visitantes están conscientes del impacto visual e inminente del cambio climático en el glaciar Pastoruri y que este ha afectado sus expectativas de visita. Sin embargo, muchos visitantes expresaron su deseo de seguir visitando el glaciar para experimentar de primera mano los efectos del cambio climático. Estos hallazgos explican que, aunque la cobertura glaciar está disminuyendo, la demanda turística puede mantenerse e incluso aumentar si se implementan estrategias de adaptación adecuadas para su visita.
- d. En relación con el **cuarto objetivo específico**, el cambio climático, a través del aumento de las temperaturas, está teniendo un impacto significativo en el sector turístico del glaciar Pastoruri. Los resultados del análisis muestran una correlación fuerte entre la cobertura glaciar y las temperaturas, con una correlación de 0.99. Se estima que cuando las temperaturas mínima y máxima alcancen aproximadamente 6.8 y 21.5 °C respectivamente, el glaciar Pastoruri podría desaparecer, lo cual se espera que ocurra entre los años 2035 a

2048. Además, se encontró una correlación casi perfecta de 0.85 y 0.99 entre la demanda turística y las temperaturas mínima y máxima respectivamente. Esto indica que cualquier incremento de la temperatura a través del tiempo afectaría la demanda turística, es decir, el flujo de turistas. Se calcula que cuando la cobertura glaciar llegue hipotéticamente a 0 ha, la demanda turística podría llegar a un tope de 153 563 visitantes. Estos hallazgos indican que el cambio climático, a través del retroceso glaciar, está teniendo un impacto considerable en el sector turístico del Pastoruri. Sin embargo, a pesar de estos desafíos, los resultados también evidencian que hay potencial para la adaptación y la resiliencia en el sector turístico, siempre y cuando se implementen estrategias adecuadas para gestionar estos cambios.

- e. Por otro lado, continuando con el **cuarto objetivo** de la investigación, se conocen posibles impactos en la actividad turística del Pastoruri debido a la desglaciación, pero estos no son absolutos ni exactos, por lo que me es necesario plantear tres (3) escenarios hipotéticos futuros a tomar en cuenta para la investigación y asistencia prospectiva de la actividad y contribución en adaptación: (i) En el **primer escenario**, el glaciar Pastoruri desaparece completamente, pero la demanda turística se mantiene ascendiendo debido a un cambio en las motivaciones de los visitantes. En lugar de venir a ver el glaciar, los turistas pueden estar interesados en explorar otros aspectos de la Ruta del CC, como las pinturas rupestres existentes y futuras o las lagunas formadas por el derretimiento total del glaciar. Para adaptarse a este cambio, se concluye que las autoridades podrían invertir en la mejora y promoción de estos otros atractivos, asegurándose de que sean accesibles y atrayentes para los visitantes o también podrían desarrollar programas educativos y de concienciación sobre el CC para atraer a los turistas interesados en aprender más sobre este tema. (ii) En el **segundo escenario**, la desaparición del glaciar Pastoruri lleva a una disminución gradual de la demanda turística, ya que el glaciar era el principal atractivo. Sin embargo, todavía

puede haber un flujo constante de visitantes de tipo científico, educativo y/o cultural. Para adaptarse a este cambio, se concluye que las autoridades como el Parque Nacional Huascarán podrían centrarse en promover esta zona como un destino para la investigación y la educación sobre el cambio climático en su totalidad; esto podría implicar la creación de instalaciones de investigación y la colaboración con instituciones académicas y científicas como el INAIGEM. (iii) En el **tercer escenario**, la desaparición del glaciar y la falta de medidas de adaptación por parte de las autoridades involucradas llevan a una disminución drástica de la demanda turística trayendo pérdidas económicas a instituciones de conservación, empresas turísticas y a la población local. Para evitar este resultado, se concluye que las autoridades deben desarrollar un plan de adaptación al cambio climático que incluya la identificación de nuevos atractivos turísticos, la mejora de las infraestructuras turísticas existentes, la promoción de prácticas de turismo sostenible involucrando a la comunidad local y/o buscar la colaboración con organizaciones internacionales y ONGs para obtener apoyo y financiación para estas iniciativas.

- f. El presente estudio aporta a la medida de adaptación de agua número 30 que justamente busca implementar servicios de información para la planificación y la gestión multisectorial de los recursos hídricos en cuencas vulnerables al cambio climático; y a su vez, este estudio actúa como condición habilitante en el área Turismo establecido en el Plan Nacional de Adaptación del Perú (NAP) ya que actúa como una acción que facilita o ayuda a superar la barrera de desconocimiento de los impactos del cambio climático en el sector turismo aportando a la información, investigación, arreglos institucionales en dicho sector. Finalmente, aportaría a las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDC) en Adaptación en Turismo que actualmente se están formulando y por consiguiente a la formulación e implementación de las medidas de adaptación en turismo.

- g. Esta investigación evidencia la relación intrínseca y compleja entre el cambio climático, el retroceso glaciar y la demanda turística, utilizando el glaciar Pastoruri como un estudio de caso ilustrativo. A pesar de los impactos negativos inminentes que el CC puede generar en el sector turístico y en la degradación de nuestros recursos naturales, en particular los glaciares, este estudio destaca cómo estos desafíos también pueden ser una oportunidad para la creación de medidas de adaptación y concientización en la actividad turística. Los hallazgos de esta investigación evidencian que los turistas están comenzando a ver al glaciar Pastoruri no solo como un destino turístico, sino también como un lugar de educación ambiental y concientización sobre el CC. Esto indica la emergencia de una nueva tipología de turismo, centrada en la interpretación del patrimonio natural de otro enfoque y diseñada para fomentar una mayor apreciación y cuidado de los valores naturales de una región.
- h. Esta tesis aporta a la comunidad científica una metodología robusta para analizar el impacto del cambio climático en el turismo de glaciares, y datos empíricos que pueden guiar a futuras investigaciones y políticas. Los hallazgos pueden ayudar justamente a desarrollar nuevas estrategias de adaptación en el sector turístico, en todas las ANP según sus particularidades y efectos por el CC. A pesar de los desafíos planteados, esta investigación demuestra que hay potencial para la adaptación, la resiliencia y la educación en el sector turístico. Con un enfoque reflexivo y consciente, podemos trabajar para asegurar que los destinos como el glaciar Pastoruri sigan siendo valorados y protegidos para las generaciones futuras.

VII. RECOMENDACIONES

7.1. Recomendaciones Técnicas

- Se recomienda realizar mayores estudios de la demanda turística con respecto al retroceso glaciar del Pastoruri en un enfoque económico para conocer los impactos y/o cambios en los ingresos monetarios del Parque Nacional Huascarán-Sector Carpa, con la finalidad de afinar el presente aporte a través del estudio de ingresos, así como también un estudio de valoración económica del glaciar u de la ruta del CC mediante la metodología de disponibilidad a pagar para que de esta manera también se obtenga nuevas evidencias del valor de los glaciares en las personas y finalmente que se obtenga una nueva opción de recaudación del valor para nuevas medidas de adaptación incluyendo el beneficio a las poblaciones locales.
- Es necesaria la creación de una adecuada metodología que ayude a cuantificar numéricamente la demanda turística aparte del análisis estadístico que se aplica en el presente trabajo. Así como también se debe de realizar este tipo de estudios en todos los nevados del país, utilizando una misma metodología, u otra con la finalidad de que los resultados sean comparables entre sí; esto se debe de realizar, con el objetivo de conocer los impactos del cambio climático en estos ecosistemas.
- El registro de la demanda turística de cualquier área natural protegida debe ser reportado adecuadamente y en periodos de tiempo mensual con la finalidad de minimizar errores o pérdida de información. Así como también, facilitar a los investigadores en la proporción de dichos datos.
- Es necesario generar información científica que ayuden a conocer y entender los impactos del CC en los sectores que también son de suma importancia para el Perú en términos económicos y culturales como es el Turismo; ya que estos actúan como base para la posterior disposición a la integración de planes, programas y/o proyectos para la gestión

de nuestros recursos naturales y sean considerados en la toma de decisiones de los sectores y entidades involucradas. Es decir, es crucial profundizar en el impacto socioeconómico derivado de la disminución del glaciar en la región ya que un análisis más detallado de cómo estos cambios afectan a las comunidades locales, la economía del turismo y la infraestructura turística proporcionaría una base más sólida para la comprensión de las implicaciones a nivel social y económico.

- Se recomienda a los futuros investigadores examinar y proponer prácticas turísticas sostenibles en la región, incluso después de la desaparición del glaciar, ya que esto podría incluir la promoción del turismo responsable, la acción adaptativa y la preservación de la biodiversidad local.

7.2. Recomendaciones a Tomadores de Decisiones

- Integrar la adaptación en un contexto de cambio climático en los planes, programas, proyectos y estrategias dentro del ámbito del turismo, principalmente a nivel local y regional, para afrontar los desafíos climáticos que se tiene en el sector turismo a mediano y largo plazo incorporando el proceso de participación de las comunidades locales que dependen de este sector.
- Proteger los destinos y recursos turísticos ya que son elementos naturales o culturales actual y potencialmente afectados por el cambio climático; así como fomentar la resiliencia de las infraestructuras y los equipamientos que ayudan a impulsar la actividad turística frente a los efectos del cambio climático, teniendo el apoyo de las municipalidades, operadores turísticos, gobiernos regionales, el Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado, Ministerio de Comercio Exterior y Turismo y otros.
- Planificación y gestión de áreas protegidas con criterios adaptativos promovidos por el SERNANP, a través de la formación del personal de áreas protegidas en términos de

efectos, impactos y adaptación al cambio climático en todos los ámbitos de las ANPs, con recursos y productos turísticos.

- Integrar la Gestión de Riesgos ante los efectos del cambio climático en la conservación del patrimonio natural y cultural involucrando a las municipalidades, gobiernos regionales, ministerios involucrados (Ministerio de Educación, Ministerio del Ambiente, Ministerio de Comercio Exterior y Turismo, entre otros y el Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado).
- Promover modelos turísticos más sostenibles y más resilientes a los impactos del cambio climático y reformular los existentes para contribuir a una renovación del turismo en el Perú, descartando el turismo convencional, siendo el actor principal el Ministerio de Comercio Exterior y Turismo (MINCETUR).

VIII. REFERENCIA

- Autoridad Nacional del Agua. (2021). *Pastoruri: 40 años de estudios glaciológicos* (1a. ed.). Huaraz, Perú.
<https://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12543/4779/ANA0003288.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Araña, V., y Ortiz, R. (1993). *Riesgo Volcánico*. La Volcanología, 277-385.
- Autoridad Nacional del Agua. (enero de 2018). *Retroceso del glaciar Pastoruri*. Repositorio Digital de Recursos Hídricos. <https://hdl.handle.net/20.500.12543/2431>
- Badii, M. H., Landeros, J., & Cerda, E. (2015). Papel de los Ecosistemas en la Sustentabilidad. *Cultura Científica y Tecnológica*, 21(4).
<https://revistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/article/view/437>
- Baldera Santisteban, J. A. (2015). *Análisis de la variación de la cobertura glaciar y su influencia en el aporte hídrico de la subcuenca Lullán - río Santa*. [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional Federico Villarreal.
- Bense, T. (2017). Introducción a la Percepción Remota. (enero de 2022). *Teledet*
<http://www.teledet.com.uy/tutorial-imagenessatelitales/imagenes-satelitales-tutorial.htm>
- Bocco, G., Mendoza, M., y Masera, O. R. (2001). La dinámica del cambio del uso del suelo en Michoacán. Una propuesta metodológica para el estudio de los procesos de deforestación. *Investigaciones Geográficas*, 1(44).
<https://doi.org/https://doi.org/10.14350/rig.59133>

- Brenning, A. (2003). La Importancia de los Glaciares de Escombros en los Sistemas Geomorfológico e Hidrológico de la Cordillera de Santiago: Fundamentos y Primeros Resultados. *Revista de Geografía Norte Grande*, 30, 7-22.
- Bury, J. T., Mark, B. G., McKenzie, J. M., French, A., Baraer, M., Huh, K. I., Luyo, M. A. Z., y López, R. J. G. (2010). Glacier recession and human vulnerability in the Yanamarey watershed of the Cordillera Blanca, Peru. *Climatic Change*, 105(1-2), 179-206. <https://doi.org/10.1007/s10584-010-9870-1>.
- Cárdenas, L. V. y Cuervo, C. G. (2019). *Variación (en el cálculo) vs variabilidad (en la estadística): Un marco de referencia*. [Tesis de licenciatura en matemáticas, Universidad Pedagógica Nacional]. <http://repository.pedagogica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12209/11763/TE-23972.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Castellanos, M., y Orgaz, F. (2013). Potencialidades ecoturísticas de la República Dominicana. *Turydes*, 6(14), 1-15. <https://idus.us.es/handle/11441/94696>
- Chambers, C., Raniwala, A., Perry, F., Adams, S., Henry, R., Bradshaw, R., y Weizenbaum, N. (2010). FlumeJava: easy, efficient data-parallel pipelines. *Proceedings of the 2010 ACM SIGPLAN Conference on Programming language design and implementation - PLDI '10*. <https://doi.org/10.1145/1806596.1806638>
- Chaplin, J., & Brabyn, L. (2013). Using remote sensing and GIS to investigate the impacts of tourism on forest cover in the Annapurna Conservation Area, Nepal. *Applied Geography*, 43, 159-168. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2013.06.008>
- Chuvieco, E. (1995). *Fundamentos de la Teledetección Espacial* (2da ed.). Ediciones RIALP, S.A. <https://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/20.500.13082/23090>

- Chuvieco, E. (2010). *Teledetección Ambiental: La observación de la Tierra desde el Espacio* (2ª ed.). Ariel ciencias S.A.
https://catoute.unileon.es/discovery/fulldisplay/alma991007465379705772/34BUC_ULE:VU1
- Colonia, D., y Torres, J. (2013). *Disponibilidad hídrica glaciar en la subcuenca Quillcay teniendo en cuenta el cambio climático, 1970–2013–2050* [Proyecto de Investigación, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo].
<https://doi.org/https://docplayer.es/19381234-Titulo-del-proyecto-de-investigacion.html>
- Cortés, J., y Delgado, H. (2013). *La evolución del mayor glaciar de México vista desde el espacio. La evolución del mayor glaciar de México vista desde el espacio* [Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de México].
https://www.posgrado.unam.mx/publicaciones/ant_col-posg/49_Glaciari.pdf
- Croce, F., y Milana, J. (2002). Internal structure and behaviour of a rock glacier in the arid Andes of Argentina. *Permafrost and Periglacial Processes*, 13, 289-299.
- De la Torre, F. B. (2017). *Los recursos hídricos en el mundo: cuantificación y distribución*. Dialnet (186), 21-70. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6115629>
- Del Castillo Pérez, E. (2019). *Turismo sostenible y sus efectos frente al cambio climático en Pastoruri, Parque Nacional Huascarán* [Tesis doctoral en Turismo, Universidad San Martín de Porres]. Repositorio Académico USMP.
<https://hdl.handle.net/20.500.12727/5670>
- Ley N° 30754. Ley Marco sobre Cambio Climático. (18 de abril de 2018). Diario Oficial El Peruano. <https://busquedas.elperuano.pe/dispositivo/NL/1638161-1>

- Durand, D. (2009). Geomorfología de la microcuenca Pastoruri-Cordillera Blanca. *Investigaciones Sociales*, 13(23), 59-77. <https://doi.org/10.15381/is.v13i23.7223>
- Ferrado, F. (2014). Análisis y propuesta de definición de "Glaciar". Universidad de Chile, Departamento de Geografía, <https://www.camara.cl/verDoc.aspx?prmID=18201&prmTIPO=DOCUMENTOCOMISION>
- Figueroa, J. (2020). Turismo y la lucha contra la pobreza en el Perú: Análisis de dos casos regionales. *Dimensiones Turísticas*, 4(6), 39-62. 10.47557/scuo1957
- Flores, V. (2017). *Predicción de bofedales en la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo a través del tratamiento de imágenes satelitales* [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. DSpace. <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/8200>
- Francou, B., y Pouyaud, B. (2004). *Métodos de observación de glaciares en los Andes Tropicales. Mediciones de terreno y procesamiento de datos*. Institut de Recherche sur le Développement. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4220.8164>
- Francou, B., y Pouyaud, B. (2008). Glaciares: ¿Cómo y dónde estudiarlos? *Revista virtual Redesma*, (2), 9-17. <https://cebem.org/revistaredesma/vol5/articulo1.php?id=c1>
- Francou, B., Rabatel, A., Soruco, A., Sicart, J.E., Silvestre, E.E., Ginot, P., Cáceres, B., Condom, T., Villacís, M., Ceballos, J.L., Lehmann, B., Anthelme, F., Dangles, O., Gomez, J., Favier, V., Maisincho, L., Jomelli, V., Vuille, M., Wagnon, P., Lejeune, Y., Ramallo, C., y Mendoza, J. (2007). *Glaciares de los Andes Tropicales, víctimas del Cambio Climático*. Comunidad Andina. https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers14-07/010062800.pdf

- García, L., Laila, M., y Nahas, A. (2019). *Atlas de glaciares de la Argentina* (1ra ed.). Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/126694/CONICET_Digital_Nro.c6818f28-36d1-4ced-83de-86cf9dbd11ef_A.pdf?sequence=2
- García, M., Raes, D., y Jacobsen, S. (2003). Evapotranspiration analysis and irrigation requirements of quinoa (*Chenopodium quinoa*) in the Bolivian highlands. *Agricultural Water Management*, 60(2), 119-134. [https://doi.org/10.1016/S0378-3774\(02\)00162-2](https://doi.org/10.1016/S0378-3774(02)00162-2)
- GEOESTUDIOS LTDA. (2008). Manual de Glaciología. Ministerio de Obras Públicas, Santiago de Chile.
- Ginot, P., Kull, C., Schotterer, U., Schwikowski, M., y Gäggeler, H. (2006). Glacier mass balance reconstruction by sublimation induced enrichment of chemical species on Cerro Tapado (Chilean Andes). *Climate of the Past*, 2(1), 21-30. <https://cp.copernicus.org/articles/2/21/2006/cp-2-21-2006.pdf>
- Gómez, W., y Zamora, N. (2017). *Influencia del área glaciar en el rendimiento hídrico de la subcuenca Honda - río Santa* [Investigación, Universidad Nacional Federico Villarreal]. Academia EDU. https://www.academia.edu/6005586/Influencia_del_%C3%A1rea_glaciar_en_el_rendimiento_h%C3%ADrico_de_la_subcuenca_Honda_Rio_Santa
- Gonzales, F. (2011). Estudio multitemporal del nevado Ampay en el contexto del cambio: 1986 – 2011.
- Google. (2016). *Introducción a Google Earth Engine*. Google Earth Solidario. (junio de 2022) https://www.google.com/intl/es_es/earth/outreach/learn/introduction-to-google-earth-engine/

- Google. (s.f.). *Análisis a nivel planetario en la nube de Google*. (junio de 2022)
https://www.google.com/intl/es_ALL/earth/education/tools/google-earth-engine/
- Hamilto, J. M., y Tol, R. S. (2007). The impact of climate change on tourism in Germany, the UK and Ireland: a simulation study. *Regional Environmental Change*, 7(3), 161-172.
<https://doi.org/10.1007/s10113-007-0036-2>
- Huacani C., W. (2021). *Efectos del Cambio Climático en la desglaciación del nevado Ampay - Apurímac, periodo 2000 - 2019* [Tesis doctoral en ciencia, tecnología y medio ambiente, Universidad Nacional del Altiplano]. Repositorio UNAP.
<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/18202>
- Instituto de Accesibilidad IDA. (2023). *Turismo Accesible o Turismo para todos, el concepto y su relación con la accesibilidad*. Accesibilidad.
<https://institutodeaccesibilidad.com/turismo-accesible-o-turismo-para-todos-concepto-y-relacion-con-la-accesibilidad>
- Ihaka, R. (2005). Lecture note for Time Series Analysis.
- Infantes Minaya, P. (2017). *La ruta del cambio climático en el nevado Pastoruri y sus impactos en el desarrollo del turismo en la comunidad de Cátac 2016* [Tesis de pregrado en Turismo y Hotelería, Universidad San Martín de Porres]. Repositorio USMP.
<https://hdl.handle.net/20.500.12727/3176>
- Inoue Velarde, J. (2018). *Evolución de la cobertura glaciaria y su influencia en la disponibilidad hídrica de la subcuenca blanco – Río Santa* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Federico Villarreal]. Repositorio UNFV. <https://hdl.handle.net/20.500.13084/2706>

Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico INGEMMET (2023). *Mapa Geológico del Perú 1:1 000 000*. Repositorio Institucional INGEMMET: <https://hdl.handle.net/20.500.12544/3837>

Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña. (2018). *Inventario Nacional de Glaciares Las Cordilleras Glaciares del Perú 2018*. Repositorio INAIGEM. <https://repositorio.inaigem.gob.pe/handle/16072021/57>

Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña. (1 de marzo de 2019). *GLOP: Informes y publicaciones*. Gobierno.pe. <https://www.gob.pe/institucion/inaigem/informes-publicaciones/832131-glop>

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2001). *Climate Change 2001: Synthesis Report - Anexo B: Glossary of terms*. Cambridge University Press. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/08/TAR_syrfull_es.pdf

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2013). *Cambio Climático 2013: Bases físicas*. Recuperado el 28 de enero de 2022. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/WG1AR5_SummaryVolume_FINAL_SPANISH.pdf

Inversión Pública y Adaptación al Cambio Climático. (2013). *Adaptación al Cambio Climático del Sector Turismo en el Perú*. Presentación de ponencia IPACC, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (Giz). Recuperado en enero de 2021.

Kaser, G. (1999). A review of the modern fluctuations of tropical glaciers. *Global and Planetary Change*, 22(1 - 4), 93-103. [https://doi.org/doi.org/10.1016/S0921-8181\(99\)00028-4](https://doi.org/doi.org/10.1016/S0921-8181(99)00028-4)

- Kogut, D. (2021). *Teledetección Satelital: Tipos, Usos y Aplicaciones*. Análisis de datos de EOS: <https://eos.com/es/blog/teledeteccion/>
- Kotlyakov, V., y Komarova, A. (2007). *Elsevier's Dictionary of Geography* (1st ed.). Elsevier. <https://shop.elsevier.com/books/elseviers-dictionary-of-geography/kotlyakov/978-0-444-51042-6>
- Landsat NASA. (4 de abril de 2024). *Landsat 8 Mission Details*. LandsaT Science. <https://landsat.gsfc.nasa.gov/satellites/landsat-8/landsat-8-mission-details/>
- Iliboutry, L. (1956). *Nieves y glaciares de Chile: fundamentos de Glaciología*. Ediciones de la Universidad de Chile. <https://libros.uchile.cl/1339>
- López, M. A. (2012). *Unidad Mínima Cartografiable*. Recuperado el 27 de enero de 2022. <https://es.scribd.com/document/369523150/Lopez-Unidad-minima-cartografiable-2012-pdf>
- Loroña, F. (2011). *Evolución de la cobertura glaciar en la subcuenca de Quillcay y la influencia en su rendimiento hídrico* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Federico Villarreal]. <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/990>
- Main, A. K., y Agrawal, V. (2011). *Satellite Technology: Principles and Applications* (3° ed). Editorial Wiley. <https://www.amazon.com/Satellite-Technology-Applications-Anil-Maini/dp/1118636473>
- Marangunic, C. (8 de julio de 2019). Glaciares y los ecosistemas de montaña: Las importantes tareas pendientes. *Revista de Glaciares y Ecosistemas de Montaña*, (1) 9-9. <https://doi.org/10.36580/rgem.il.11-19>

- Martin, A. J., Jones, E. S., y Callan, V. J. (2005). The role of psychological climate in facilitating employee adjustment during organizational change. *European Journal of Work and Organizational Psychology*, 14(3), 263-289.
<https://doi.org/10.1080/13594320500141228>
- Mason, B., Pyle, D. M., y Oppenheimer, C. (2004). The size and frequency of the largest explosive eruptions on Earth. *Bulletin of Volcanology*, 66, 735-748.
<https://doi.org/10.1007/s00445-004-0355-9>
- Ministerio del Ambiente. (18 de abril de 2018). *Ley Marco sobre Cambio Climático*. Diario el Peruano. <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/ley-marco-sobre-cambio-climatico-ley-n-30754-1638161-1/>
- Ministerio del Ambiente. (s.f.). *Mapa Geomorfológico del Perú: Ancash*. Plataforma Nacional de Datos Abiertos:
<https://www.datosabiertos.gob.pe/dataset/geolog%C3%ADa/resource/969cc9de-4c7d-48b4-821f-8e0cb4ed43be>
- Ley N° 29408. Ley General de Turismo (2009). Ministerio de Comercio Exterior y Turismo. Normas legales del MINCETUR. <https://www.mincetur.gob.pe/turismo/normas-legales/marco-general/>
- Ministerio de Comercio Exterior y Turismo. (2015). *El Perú como destino para la operación turística*. Subdirección de Inteligencia y Prospectiva Turística. Dirección de Promoción del Turismo.
https://www.promperu.gob.pe/TurismoIN/Uploads/temp/Uploads_publicaciones_10_El_Per%C3%BA_como_destino_para_la_operaci%C3%B3n_tur%C3%ADstica.pdf

- Ministerio de Economía y Finanzas. (2011). *Guía Metodológica para la Identificación, Formulación y Evaluación Social de Proyectos de Inversión Pública del Sector Turismo, a nivel de Perfil*. Dirección General de Política de Inversiones. https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/instrumentos_metod/turismo/Guia_de_turismo.pdf
- Ministerio de Obras Públicas. (2016). *Atlas del Agua Chile 2016*. Dirección General de Aguas. <https://snia.mop.gob.cl/repositorioldga/bitstream/handle/20.500.13000/4371/Atlas2016parte1.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Moreno, A. (2010). *Turismo y Cambio Climático en España: Evaluación de la Vulnerabilidad del Turismo de Interior frente a los Impactos del Cambio Climático*. International Centre for Integrated Assessment and Sustainable Development. https://adaptecca.es/sites/default/files/editor_documentos/vulnerabilidad_del_turismo_de_interior_frente_a_los_impactos_del_cambio_climatico_2010.pdf
- Müller, F., Caflisch, T., y Müller, G. (1977). *Instructions for a compilation and assemblage of data for a World Glacier Inventory*. International Commission on Snow and Ice. https://www.wgms.ch/downloads/Mueller_etal_UNESCO_1977.pdf
- Murillo, K. (2017). *El turismo frente al cambio climático*. LatinClima: Red de Comunicación en Cambio Climático. <https://latinclima.org/articulos/el-turismo-frente-al-cambio-climatico>
- Naciones Unidas. (1992). *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. https://unfccc.int/files/essential_background/background_publications_htmlpdf/application/pdf/convsp.pdf

- Naciones Unidas. (1994). *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático - CMNUCC*. Recuperado en setiembre de 2021. https://unfccc.int/sites/default/files/convention_text_with_annexes_spanish_for_posting.pdf
- Naciones Unidas. (2020). *La Agenda para el Desarrollo Sostenible: 17 Objetivos para las personas y para el planeta*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/development-agenda/>
- Oerlemans, J. (1994). Quantifying global warming from the retreat of glaciers. *Science*, 264 (5156), 243-245. <https://doi.org/10.1126/science.264.5156.243>
- Olaya, V. (2011). *Sistema de Información Geográfica Versión 1.0*. Recuperado el 25 de junio de 2022.
- Organización Mundial del Turismo. (2007). *Cambio climático y turismo: Responder a los retos mundiales*. Declaración de Davos. <https://www.unclearn.org/wp-content/uploads/library/summarydavoss.pdf>
- Organización Mundial del Turismo. (2011). *Turismo y cambio climático: Hacer frente a los retos comunes*. UNWTO. https://www.ucipfg.com/Repositorio/MGTS/2015/MGTS_02/Unidad3/003.pdf
- Organización Mundial del Turismo. (2021). La declaración de Glasgow: un llamamiento mundial urgente al compromiso con una década de acción climática en el turismo. Recuperado en julio de 2022. UNWTO.org. <https://www.unwto.org/es/news/la-declaracion-de-glasgow-un-llamamiento-mundial-urgente-al-compromiso-con-una-decada-de-accion-climatica-en-el-turismo>

Organización Mundial del Turismo. (s.f.). Glosario de términos de turismo. UNWTO.

[https://www.unwto.org/es/glosario-terminos-](https://www.unwto.org/es/glosario-terminos-turisticos#:~:text=Destino%20tur%C3%ADstico%3A%20Un%20destino%20tur%C3%ADstico,que%20un%20visitante%20puede%20pernoctar.)

[turisticos#:~:text=Destino%20tur%C3%ADstico%3A%20Un%20destino%20tur%C3%ADstico,que%20un%20visitante%20puede%20pernoctar.](https://www.unwto.org/es/glosario-terminos-turisticos#:~:text=Destino%20tur%C3%ADstico%3A%20Un%20destino%20tur%C3%ADstico,que%20un%20visitante%20puede%20pernoctar.)

Orgaz, F., y Moral, S. (2016). El turismo como motor potencial para el desarrollo económico de zonas fronterizas en vías de desarrollo: Un estudio de caso. *El periplo sustentable* (31). <https://doi.org/10.21854/eps.v0i31.2477>

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (1992). *Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo*. Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. Río de Janeiro. PNUMA. http://portal.uned.es/pls/portal/docs/PAGE/UNED_MAIN/LAUNIVERSIDAD/DEPARTAMENTOS/0614/ASIGNAT/MEDIOAMBIENTE/TEMA%201/%20%20%20%20%20%20DECLARACI%C3%93N%20DE%20R%C3%8DO%201992.PDF

Rabatel, A., Francou, B., Soruco, A., Gomez, J., Cáceres, B., Ceballos, J., y Lejeune, Y. (2013). Current state of glaciers in the tropical Andes: a multi-century perspective on glacier evolution and climate change. *The Cryosphere*, 7(1), 81-102. <https://doi.org/10.5194/tc-7-81-2013>

Ramos, R. B. (2018). *Evolución de la cobertura glaciar del Nevado Coropuna y su relación con el entorno climático* [Tesis de Magister Scientiae en Recursos Hídricos, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/3321>

Rampiro, M., Self, S., y Stothers, R. (1988). Volcanic winters. *Annual Review of Earth and Planetary Science*, 16, 73-99. <https://doi.org/10.1146/annurev.ea.16.050188.000445>

- Rigol, L. M. (2009). Conceptualización de la demanda turística. *Ciencias Holguín*, XV (1), 1-8. <https://www.redalyc.org/pdf/1815/181517987002.pdf>
- Rivera, A., Bown, F., Napoleoni, F., Muñoz, C., y Vuille, M. (2016). Balance de masa glaciar (1ra ed.). Ediciones CECs. <https://glaciologia.cl/>
- Salim, E., Ravanel, L., y Gauchon, C. (2021). Aesthetic perceptions of the landscape of a shrinking glacier: Evidence from the Mont Blanc massif. *Journal of Outdoor Recreation and Tourism*, 35(100411). <https://doi.org/doi.org/10.1016/j.jort.2021.100411>
- Sampieri H., R., Fernández C., C., y Baptista L., P. (2014). *Metodología de la Investigación* (6° ed.). Editorial Mac Graw Hill. <https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista- Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>
- Sánchez, K. (2019). *Percepción del turista ante el cambio climático que afecta el Nevado Huaytapallana provincia de Huancayo–Junín, 2019* [Tesis de pregrado en Administración en Turismo y Hotelería, Universidad Cesar Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/46995>
- Santiago M., A. (2022). *Balance de masa del glaciar Pastoruri mediante el método geodésico empleando tecnología RPA en el periodo 2016* [Tesis de posgrado, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo]. <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/5540>

- Santillana y García. (2015). *Evaluación de los Glaciares Tropicales, Lagunas y Bofedales en un contexto de Cambio Climático*. Autoridad Nacional del Agua. https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2015/02/5.1-Evaluacion-de-glaciares-tropicales-lagunas-y-bofedales-Cambio-Climatico-ANA_NsantillanEgracia.pdf
- Schoolmeester, T., Verbist, K., Johansen, K., Alfthan, B., Baker, E., y Hesping, M. (2018). *The Andean glacier and water atlas: the impact of glacier retreat on water resources*. Place de Fontenoy. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000265810>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. (2020). *Climas del Perú - Mapa de Clasificación Climática Nacional*. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01404SENA-4.pdf>
- Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado. (2010). Parque Nacional Huascarán: Plan Maestro 2010 - 2015. Huaraz, Ancash.
- Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado. (s.f.). *Parques Nacionales*. Plataforma digital única del Estado Peruano. <https://www.gob.pe/institucion/sernanp/colecciones/3257-parques-nacionales>
- Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado. (s.f.). *¿Qué es un ANP?*. Recuperado en setiembre de 2021. <https://www.sernanp.gob.pe/ques-es-un-anp>
- Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado. (2014). *Ruta del Cambio Climático Sector Carpa*. Huaraz. https://www.cambioclimatico-bolivia.org/archivos/20120708213857_0.pdf
- Shariff, N. M., Abidin, A. Z., y Mohamed, A. E. (2018). Investigating critical indicators of climate variability and change to tourism event. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/200/1/012057>

- Shiklomanov, I. (1999). *World Water Resources and their Use*. UNESCO, París.
- Tarazona, Y. (2012). *Aplicación de la Teledetección como una herramienta para el análisis Multitemporal del retroceso glaciar en el Nevado Pastoruri debido al Cambio Climático*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima.
<https://teledeteccionsigcartografia.files.wordpress.com/2013/01/retroceso-del-nevado-pastoruri.pdf>
- Tordocillo Puchuc, J. (2011). *Estimación del retroceso y flujo glaciar por teledetección del Nevado Champará* [Tesis de pregrado en Física, Universidad Nacional del Callao]. Repositorio Institucional Digital. <https://hdl.handle.net/20.500.12952/149>
- Úbeda, J. (2011). *El impacto del cambio climático en los glaciares del complejo volcánico nevado Coropuna (Cordillera Occidental de los Andes Centrales)* [Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid].
<https://eprints.ucm.es/id/eprint/12076/1/T32668.pdf>
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. (2003). *Water for People, Water for Life, Naciones Unidas World Water Development Report (WWDR), Part II: A look at the world's freshwater resources*. World Water Assessment Program (WWAP), UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000129556>
- Vaughan, D., Rivera, A., Woodward, J., Corr, H., Wendt, J., y Zamora, R. (2007). Topographic and hydrological controls on Subglacial Lake Ellsworth, West Antarctica. *Geophysical Research Letters*, 34(18). <https://doi.org/10.1029/2007gl030769>
- Veettil, B., y Kamp, U. (2019). Global Disappearance of Tropical Mountain Glaciers: Observations, Causes, and Challenges. *Geosciences*, 9(5), 196.
<https://doi.org/10.3390/geosciences9050196>

- Venturino, R., Schall, U., y Solichin, U. (2014). Google Earth Engine as a Remote Sensing Tool. *International Journal of Remote Sensing & Geoscience*.
- Verma, A., Pedrosa, L., Korupolu, M., Oppenheimer, D., Tune, E., y Wilkes, J. (2015). Large-scale cluster management at Google with Borg. *Proceedings of the Tenth European Conference on Computer Systems*, 1-17. <https://doi.org/10.1145/2741948.2741964>
- Vila, A., Sedano, M., López, A., y Juan, A. (2001). *Correlación lineal y análisis de regresión, Proyecto e-Math*. Recuperado de www.uoc.edu: <https://alfredocarneiro.files.wordpress.com/2011/09/correlacion-lineal-y-analisis-de-regresion.pdf>
- Wang, S.-J., y Zhou, L.-Y. (2019). Integrated impacts of climate change on glacier tourism. *Advances in Climate Change Research*, 10(2), 71-79. <https://doi.org/10.1016/j.accre.2019.06.006>
- World Tourism Organization -UNWTO. (2007). *Declaración de Davos “Cambio climático y turismo: responder a los retos mundiales”*. UNWTO Declarations, 17(2). <https://www.e-unwto.org/doi/pdf/10.18111/unwtodeclarations.2007.17.02>
- Yevgeniy, Y. (2015). *Ambientes glaciares y periglaciares: formación y desarrollo* (1ra ed.). Editorial Green Cross, Argentina. <https://www.greencross.org.ar/download/Libro-Glaciares.pdf>
- Zapata L., M. (2010). *Cambio Climático, Deglaciación y Peligros En Áreas Glaciares y Periglaciares en el Perú y Ancash*. Gob.pe, 347-350. <https://app.ingemmet.gob.pe/biblioteca/pdf/CPG15-085.pdf>

IX. ANEXOS

ANEXO A

PROCESAMIENTO Y ENCUESTAS

Anexo 1. Plataforma GEE corriendo el código construido – Subcuenca Pachacoto

The screenshot displays the Google Earth Engine (GEE) interface. At the top, the Google Earth Engine logo and a search bar are visible. Below the search bar, there are tabs for 'Scripts', 'Docs', and 'Assets'. The 'Scripts' tab is active, showing a script named 'ndsi_ndwi_L8.js'. The script code is as follows:

```

Imports (1 entry)
  ▶ var areaInteres: Table users/enver1mr/Pastoruri/UH_Pachacoto
1 // Colección de imágenes Landsat 8
2 // Año de operación del 2014 al 2022
3
4 var year = '2017';
5 var cloud = 20
6 var seleImage = '' // LC08_008067_20150901
7

```

On the right side, the 'Inspector' and 'Console' panels are visible. The 'Console' panel shows the output of the script:

```

Use print(...) to write to this console.
▶ ImageCollection LANDSAT/LC08/C02/T1_TOA (2 elem...  JSON
  Cantidad de imágenes de la colección 2017  JSON
  list_image  JSON
  ▶ ["LC08_008067_20170415", "LC08_008067_20170501"]  JSON

```

The main map area shows a 3D topographic view of the Pachacoto sub-basin. The area of interest is highlighted in red. The map includes labels for 'Catac', 'Utcuyacu', 'Carpa', and 'U. AG. CHUSPIC'. The map interface includes a search bar, a zoom control, and a 'Layers' panel. The URL at the bottom of the map is: <https://www.google.com/maps/@-9.8780467,-77.2507408,12z/data=!10m1!1e1!12b1?source...>

Anexo 2. Modelo de encuesta realizada en el año 2019 a visitantes



ENCUESTA SOBRE EL NIVEL DE SATISFACCIÓN DEL TURISTA EN EL ATRACTIVO TURÍSTICO NEVADO PASTORURI – PARQUE NACIONAL HUASCARÁN

I. Datos Generales

Nombre:

País:

Sexo: Femenino () Masculino ()

Edad: Grado de Instrucción: Primaria..... ()
 Secundaria..... ()
 Universitario..... ()
 Magister o Doctor... ()

II. Instrucciones: Marca con una (X), la alternativa que usted crea más conveniente según su percepción y experiencia vivida. SOLO SE MARCA 1 VEZ.

1. ¿Cuántas veces ha visitado el Nevado Pastoruri? Si fue más de una (1) indique hace cuánto tiempo.

1 vez 2 veces 3 veces más de 3 veces

2. ¿Cuál fue el nivel de sus expectativas antes de visitar el Nevado Pastoruri?

- Muy satisfecho..... ()
- Satisfecho..... ()
- Neutro..... ()
- Algo Satisfecho..... ()
- Insatisfecho..... ()

3. ¿Cuál fue el motivo de su visita este atractivo?

- Turismo y Aventura..... ()
- Estudios..... ()
- Cultura..... ()
- Trabajo..... ()
- Otros: _____

4. ¿Qué es lo que sintió al ver el Nevado Pastoruri?

- Felicidad..... ()
- Tristeza..... ()
- Reflexión..... ()
- Indiferencia..... ()

5. ¿La desglaciación del Nevado Pastoruri afectó en sus expectativas que tenía antes de visitarlo?

SI NO

6. ¿La prohibición de subir al Nevado Pastoruri afecta en la satisfacción de su visita?

SI NO

7. ¿Cuál fue el nivel de sus expectativas después de visitar El Nevado Pastoruri?

- Muy satisfecho..... ()
- Satisfecho..... ()
- Neutro..... ()
- Algo Satisfecho..... ()
- Insatisfecho..... ()

8. ¿Cree usted que el Cambio Climático está afectando en la atracción del Nevado Pastoruri como un destino turístico?

SI NO

9. ¿Volvería a visitar usted el Nevado Pastoruri de aquí a 5 años más?

SI NO

10. ¿Recomendaría a sus familiares o amigos visitar el Nevado Pastoruri? Por favor diga el por qué.

SI NO

¿Por qué?: _____

Muchas gracias, Dios lo bendiga

Anexo 3. Modelo de encuesta realizada en el año 2022 a visitantes



ENCUESTA DE LA TESIS: “EVOLUCIÓN DE LA COBERTURA GLACIAR DEL PASTORURRI Y SU INFLUENCIA EN LA DEMANDA TURISTICA DEL PARQUE NACIONAL HUASCARÁN”

I. Datos Generales

Nombre:

País:

Sexo: Femenino () Masculino ()

Edad: Grado de Instrucción: Primaria..... ()
 Secundaria..... ()
 Universitario..... ()
 Magister o Doctor... ()

II. Instrucciones: Marca con una (X), la alternativa que usted crea más conveniente según su percepción y experiencia vivida. SOLO SE MARCA 1 VEZ.

1. ¿Cuántas veces ha visitado el glaciar Pastoruri? Si fue más de una (1) indique hace cuánto tiempo.

1 vez 2 veces 3 veces más de 3 veces

2. ¿Cuál fue el nivel de sus expectativas antes de visitar el glaciar Pastoruri?

- Muy satisfecho..... ()
- Satisfecho..... ()
- Neutro..... ()
- Algo Satisfecho..... ()
- Insatisfecho..... ()

3. ¿Usted sabe que es el Cambio Climático?

SI NO

4. ¿Cuál fue el motivo de su visita a este atractivo?

- Turismo y Aventura..... ()
- Conocer los efectos del cambio climático... ()
- Estudios/investigación..... ()
- Cultura..... ()
- Trabajo..... ()
- Otros: _____

5. ¿Qué es lo que sintió al ver el glaciar Pastoruri?

- Felicidad..... ()
- Tristeza..... ()
- Reflexión..... ()
- Indiferencia..... ()



6. ¿La desglaciación del glaciar Pastoruri afectó en las expectativas que tenía antes de visitarlo?

SI NO

7. ¿La prohibición de subir al glaciar Pastoruri afecta en la satisfacción de su visita?

SI NO

8. ¿Cuál fue el nivel de sus expectativas después de visitar el glaciar Pastoruri?

- Muy satisfecho..... ()
- Satisfecho..... ()
- Neutro..... ()
- Algo Satisfecho..... ()
- Insatisfecho..... ()

9. ¿Cree usted que el Cambio Climático está afectando en la atracción del glaciar Pastoruri como destino turístico?

SI NO

10. Si le dijera que el cambio climático aumenta cada día y contribuye a la desaparición de los glaciares como el Pastoruri, ¿Seguiría visitándolo?

SI NO

11. ¿Volvería a visitar usted el glaciar Pastoruri de aquí a 5 años o más?

SI NO

12. ¿Recomendaría a sus familiares o amigos visitar el glaciar Pastoruri? Por favor diga el por qué.

SI NO

¿Por qué?: _____

Muchas gracias, Dios lo bendiga

ANEXO B
REGISTRO FOTOGRÁFICO

Fotografía 1. Entrevistando a los pobladores que dependen del turismo Pastoruri



Fotografía 2. Entrevistando a los pobladores que dependen del turismo Pastoruri



Fotografía 3. Actividad comerciante de los pobladores de Catac



Fotografía 4. Entrevistando a pobladora comerciante de Catac



Fotografía 5. Foto grupal con los comerciantes del sector Pastoruri



Fotografía 6. Centro de Interpretación de la Ruta del Cambio Climático



Fotografía 7. Llegada de turistas a visitar el Glaciar Pastoruri



Fotografía 8. Tarifario de entradas a visitantes al Pastoruri 2022

Contribución para la Naturaleza
Tarifas de ingreso 2021
Entrance rates 2021

Plan Tarifario según Resolución Presidencial N°349-2018-SERNANP
 Resolución Jefatura del Parque Nacional Huascarán N°017-2020-SERNANP-JEF

TODOS LOS VISITANTES ALL VISITOR	PROMOCIONAL NACIONAL NATIONAL PROMOTIONAL		LOCALES *** LOCAL	
	ADULTO ADULT	NIÑOS** CHILDREN	ADULTO ADULT	NIÑOS CHILDREN
1 DÍA* 1 DAY	S/ 30.00	S/ 12.00	S/ 5.00	S/ 3.00
TARIFA ESPECIAL Laguna 69 y Nevado Mateo ADULTO NACIONAL S/				
DE 02 A 03 DÍAS FROM 02 TO 03 DAYS	S/ 60.00	S/ 30.00	S/ 15.00	
DE 04 A 30 DÍAS FROM 04 TO 30 DAYS	S/ 150.00	S/ 75.00	S/ 35.00	

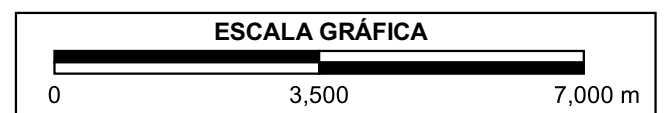
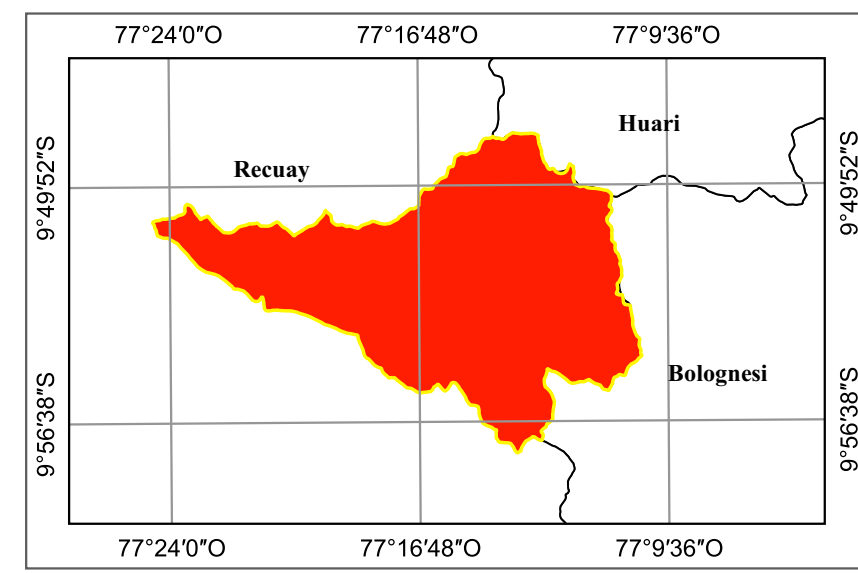
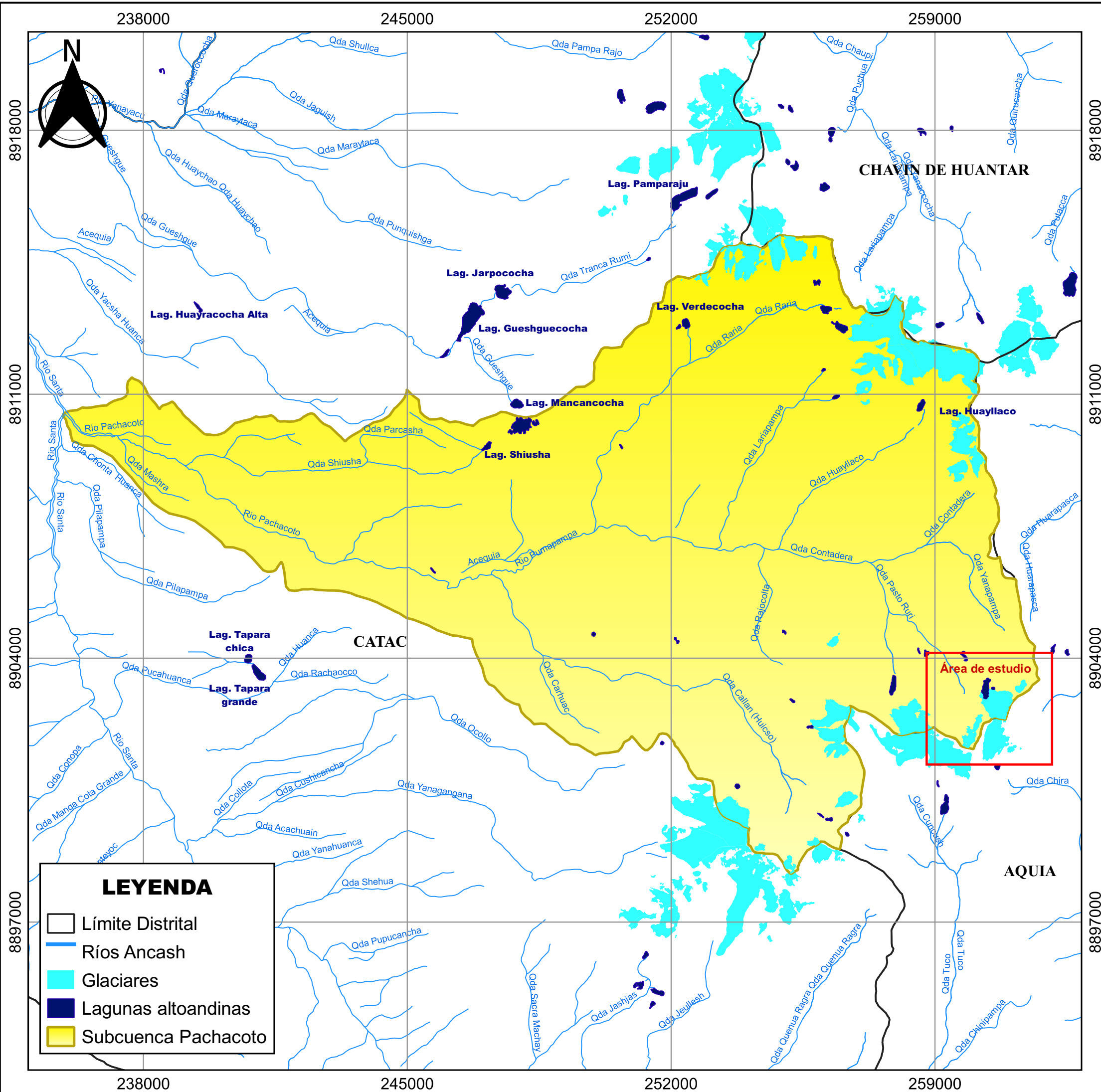
*Múltiple entrada por un sólo día válido desde su hora de ingreso.
 **Máximo de 2 a 5 años. Menores de 5 años ingresan (hasta) hasta 12.00 pesos más. Menor de 2 años con libre acceso.
 ***Reservados en su totalidad para uso exclusivo de las comunidades campesinas y comunales de la zona de influencia del Parque Nacional Huascarán. No se permite el ingreso de visitantes que no sean miembros de las comunidades campesinas o comunales de la zona de influencia del Parque Nacional Huascarán. No se permite el ingreso de visitantes que no sean miembros de las comunidades campesinas o comunales de la zona de influencia del Parque Nacional Huascarán.

El PERU PRIMERO

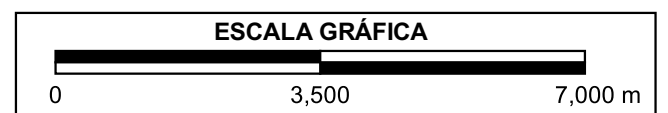
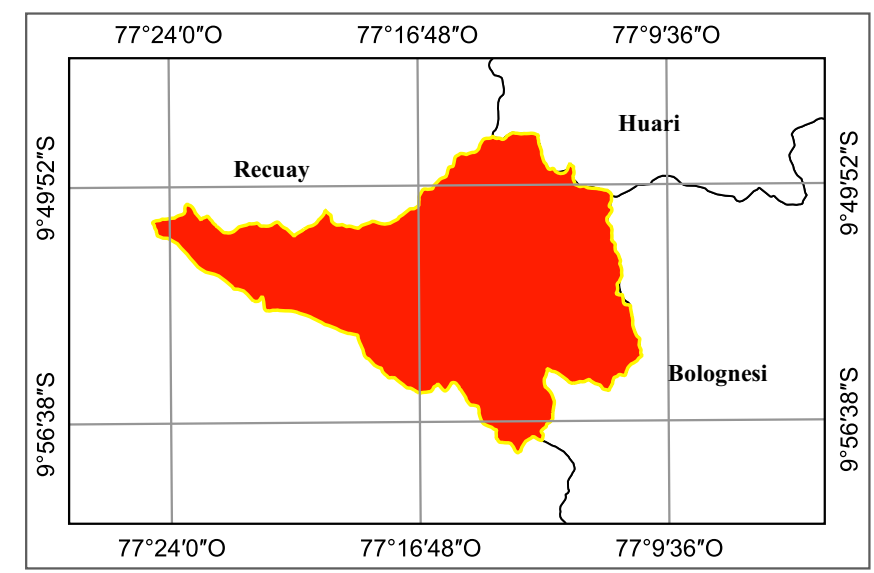
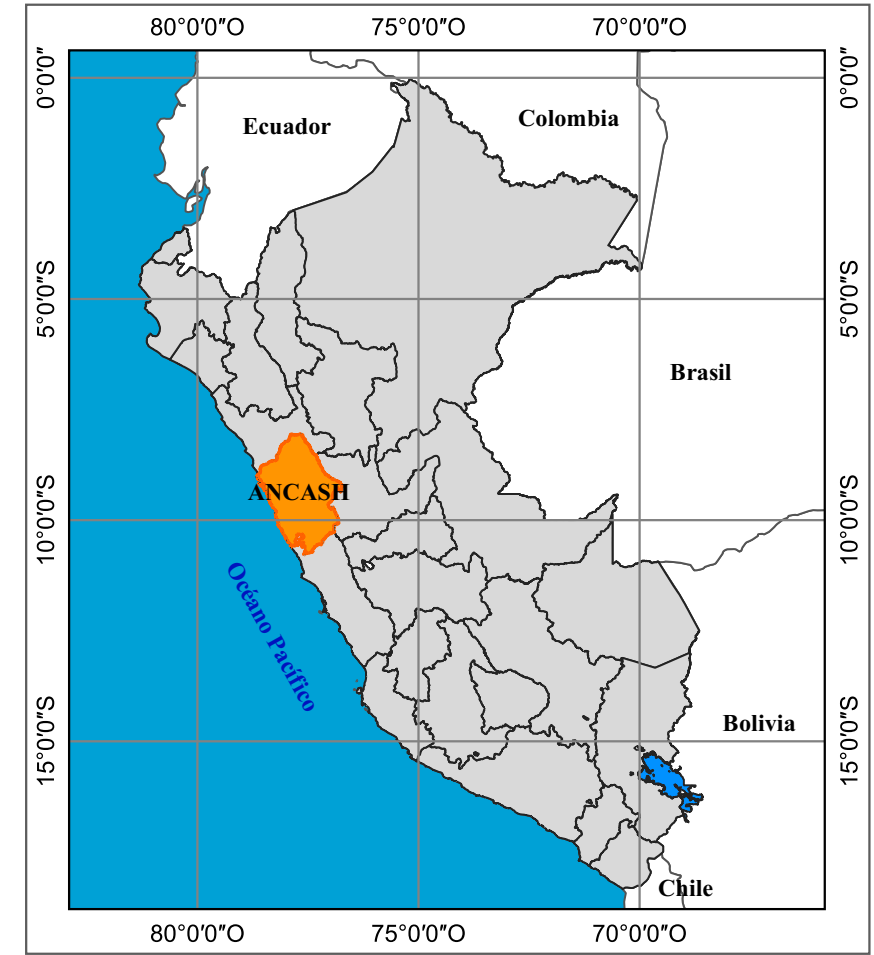
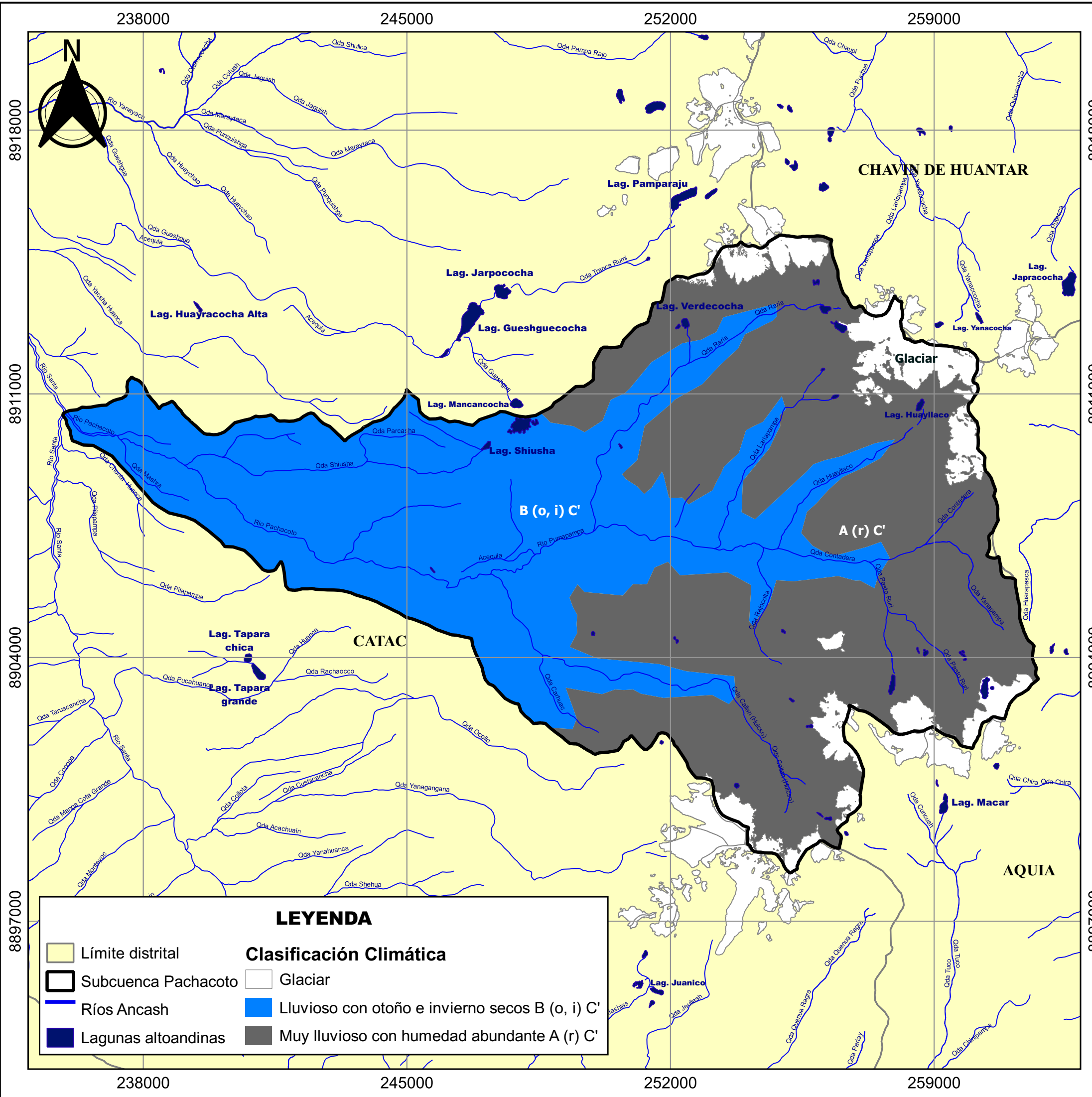
PNH Huascarán
 Parque Nacional Huascarán
 Código QR

ANEXO C

MAPAS TEMÁTICOS



UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL			
FACULTAD DE INGENIERIA GEOGRAFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN ECOTURISMO			
Título: "EVOLUCIÓN DE LA COBERTURA GLACIAR DEL PASTORURRI Y SU INFLUENCIA EN LA DEMANDA TURISTICA DEL PARQUE NACIONAL HUASCARÁN"			
MAPA DE UBICACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO - SUBCUENCA PACHACOTO			
Tesista: Bach. Ivana Escate Gastañaga	Asesor: DR. Noé Zamora Talaverano	Escala Numérica: 1: 100 000	
Fuente: Carta Nacional, escala 1: 100 000 (18-h, 19-h, 19-i, 20-i, 21-i); Geoservidor Minedu	Proyección: DATUM WGS84 ZONA 18S	N° de Mapa: 1	Formato: A3



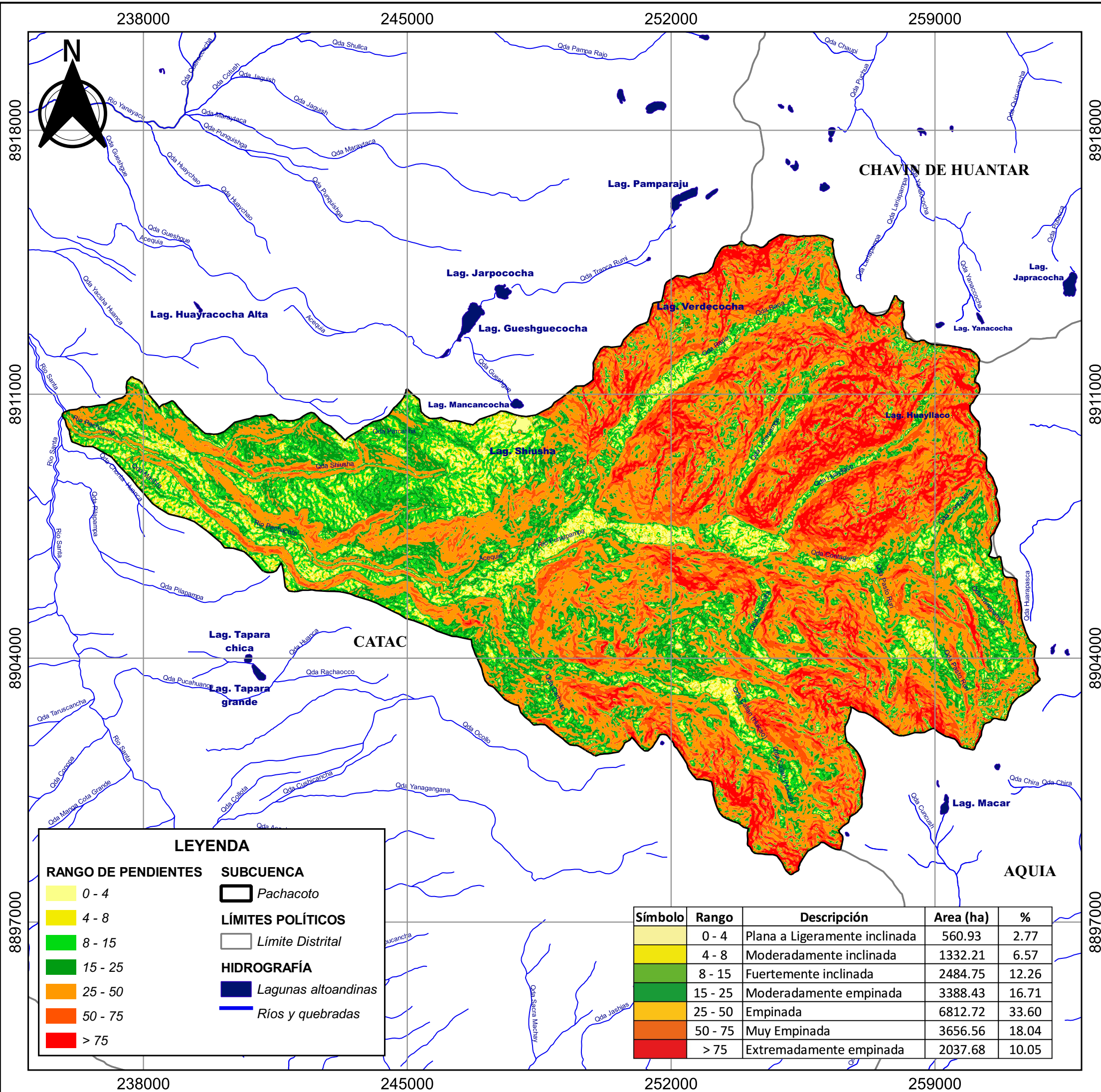
UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOGRAFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN ECOTURISMO

Título:
 "EVOLUCIÓN DE LA COBERTURA GLACIAR DEL PASTORURI Y SU INFLUENCIA EN LA DEMANDA TURISTICA DEL PARQUE NACIONAL HUASCARÁN"

MAPA DE CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA DE THORNTHWAITE

Tesista: Bach. Ivana Escate Gastañaga	Asesor: DR. Noé Zamora Talaverano	Escala Numérica: 1: 100 000
-------------------------------------------------	---------------------------------------------	---------------------------------------

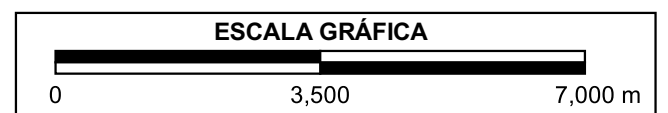
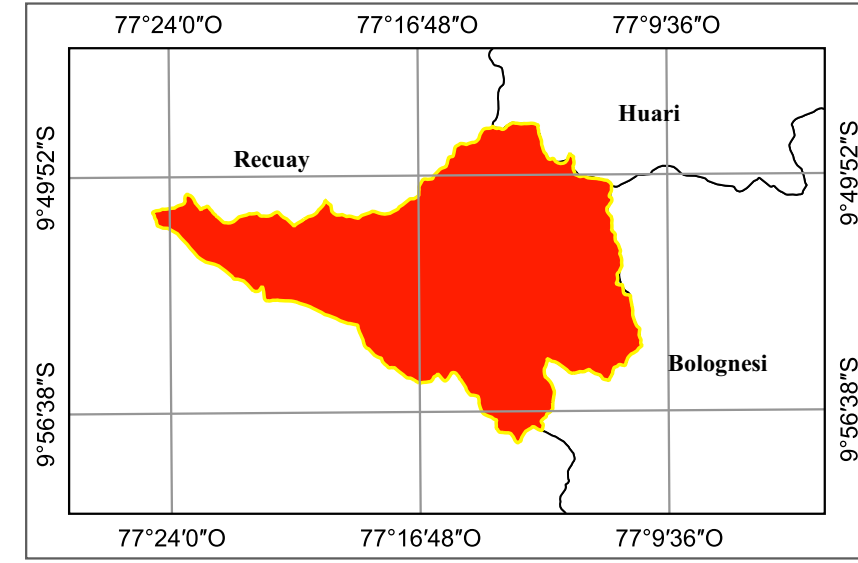
Fuente: Climas del Perú, Mapa de clasificación climática Nacional SENAMHI, 2020.	Proyección: DATUM WGS84 ZONA 18S	N° de Mapa: 2	Formato: A3
--------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------	-------------------------	-----------------------



LEYENDA

RANGO DE PENDIENTES	SUBCUENCA
0 - 4	Pachacoto
4 - 8	
8 - 15	LÍMITES POLÍTICOS
15 - 25	Límite Distrital
25 - 50	HIDROGRAFÍA
50 - 75	Lagunas altoandinas
> 75	Ríos y quebradas

Símbolo	Rango	Descripción	Area (ha)	%
	0 - 4	Plana a Ligeramente inclinada	560.93	2.77
	4 - 8	Moderadamente inclinada	1332.21	6.57
	8 - 15	Fuertemente inclinada	2484.75	12.26
	15 - 25	Moderadamente empinada	3388.43	16.71
	25 - 50	Empinada	6812.72	33.60
	50 - 75	Muy Empinada	3656.56	18.04
	> 75	Extremadamente empinada	2037.68	10.05

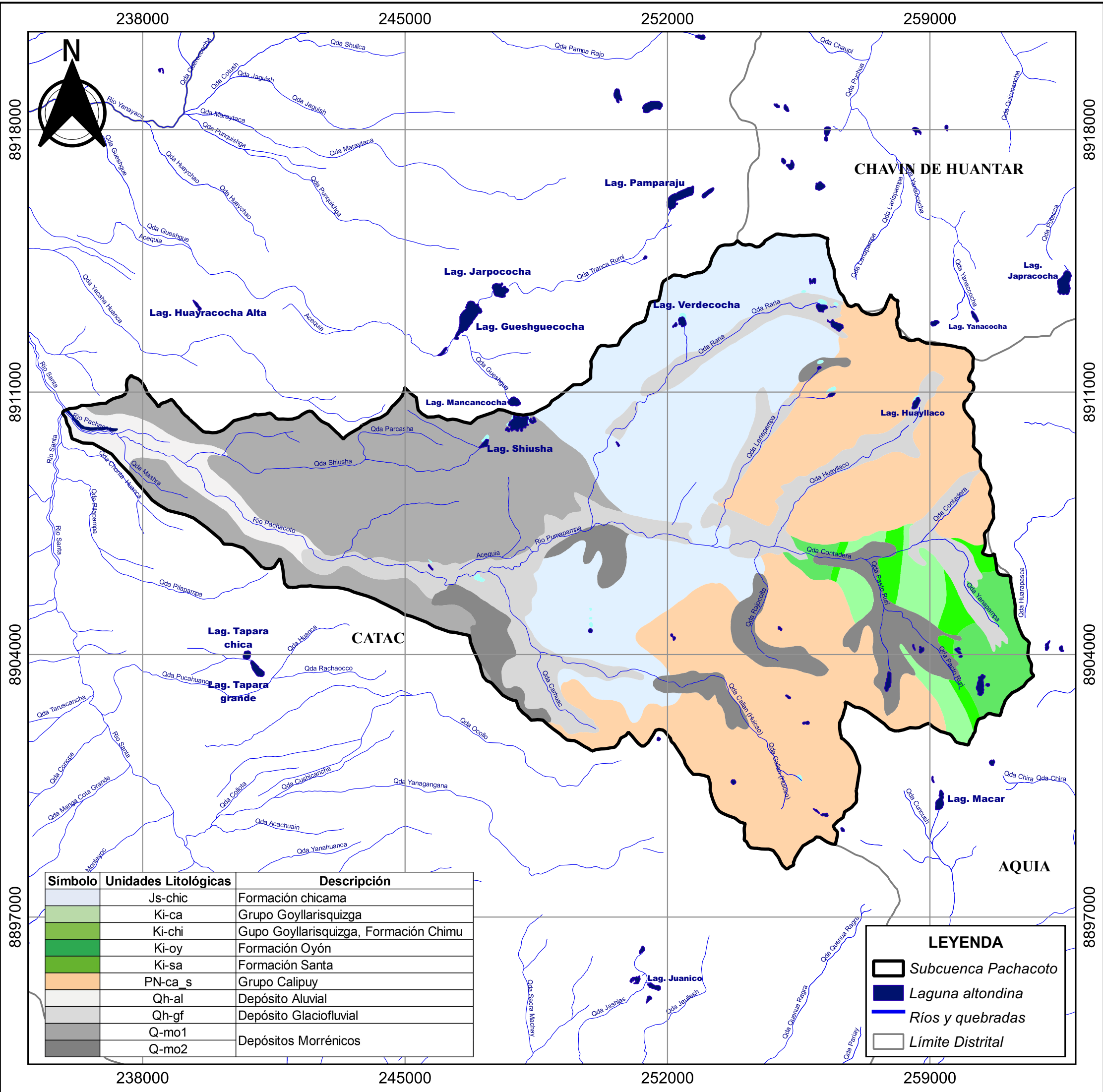


UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOGRAFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN ECOTURISMO

Título:
 "EVOLUCIÓN DE LA COBERTURA GLACIAR DEL PASTORURI Y SU INFLUENCIA EN LA DEMANDA TURISTICA DEL PARQUE NACIONAL HUASCARÁN"

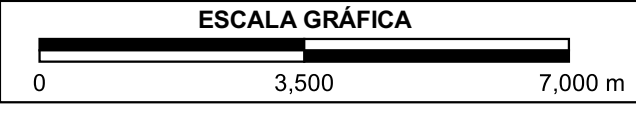
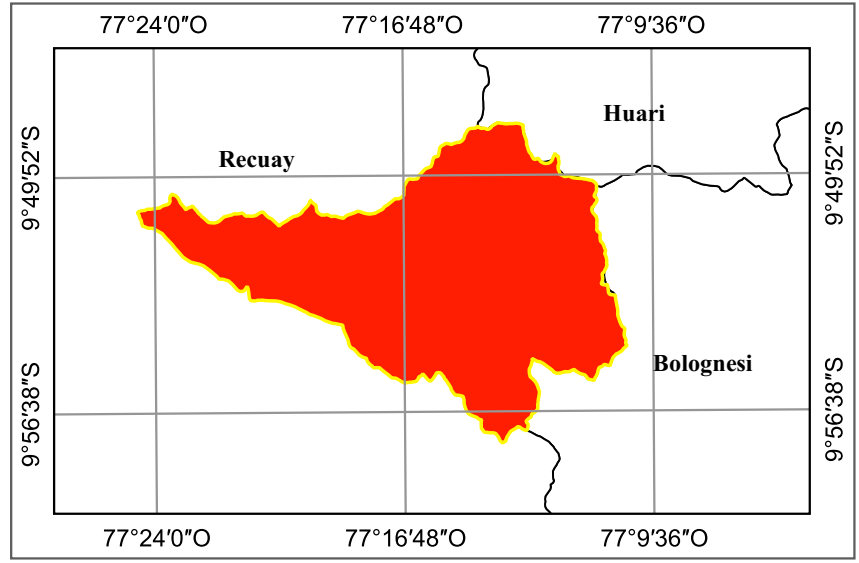
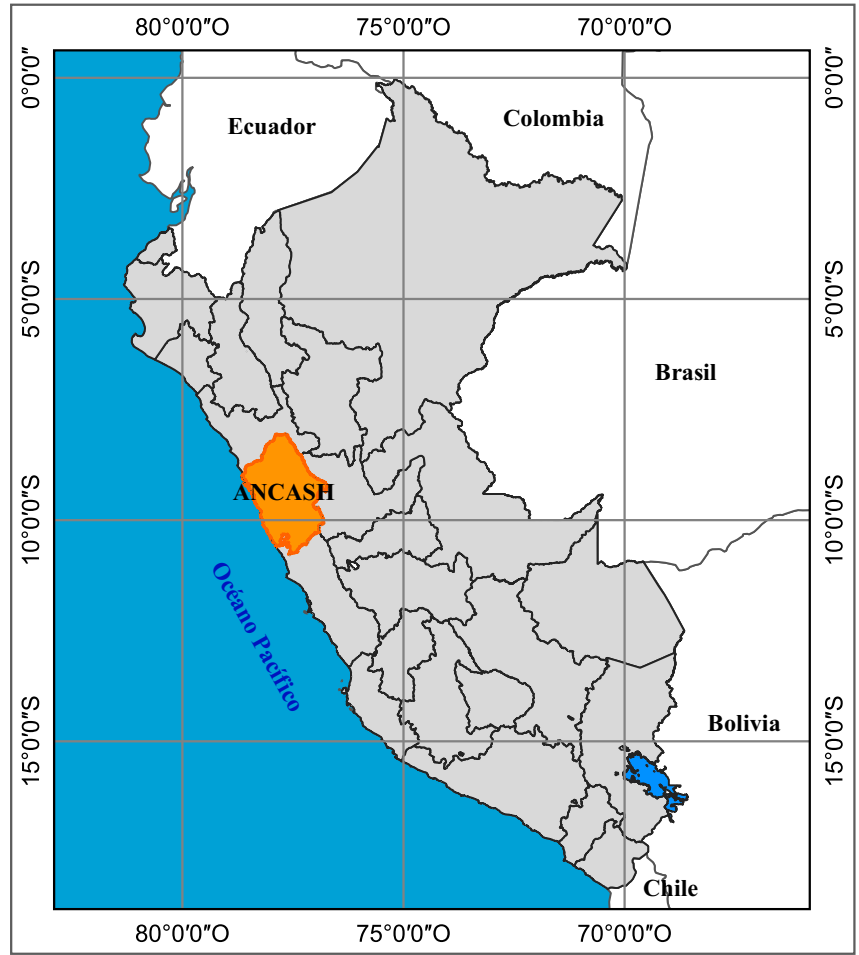
MAPA DE PENDIENTES DE LA SUBCUENCA PACHACOTO

Tesista: Bach. Ivana Escate Gastañaga	Asesor: DR. Noé Zamora Talaverano	Escala Numérica: 1: 100 000
Fuente: ASF, Alaska Satellite Facility ALOS PALSAR DS N°017-2009-AG, El Peruano	Proyección: DATUM WGS84 ZONA 18S	N° de Mapa: 3
		Formato: A3



Símbolo	Unidades Litológicas	Descripción
[Light Blue]	Js-chic	Formación chicama
[Light Green]	Ki-ca	Grupo Goyllarisquizga
[Medium Green]	Ki-chi	Gupo Goyllarisquizga, Formación Chimú
[Dark Green]	Ki-oy	Formación Oyón
[Light Orange]	Ki-sa	Formación Santa
[Light Grey]	PN-ca_s	Grupo Calipuy
[Light Grey]	Qh-al	Depósito Aluvial
[Light Grey]	Qh-gf	Depósito Glaciofluvial
[Dark Grey]	Q-mo1	Depósitos Morrénicos
[Dark Grey]	Q-mo2	

LEYENDA	
[Thick Black Line]	Subcuenca Pachacoto
[Dark Blue]	Laguna alondina
[Blue Line]	Ríos y quebradas
[Thin Black Line]	Límite Distrital

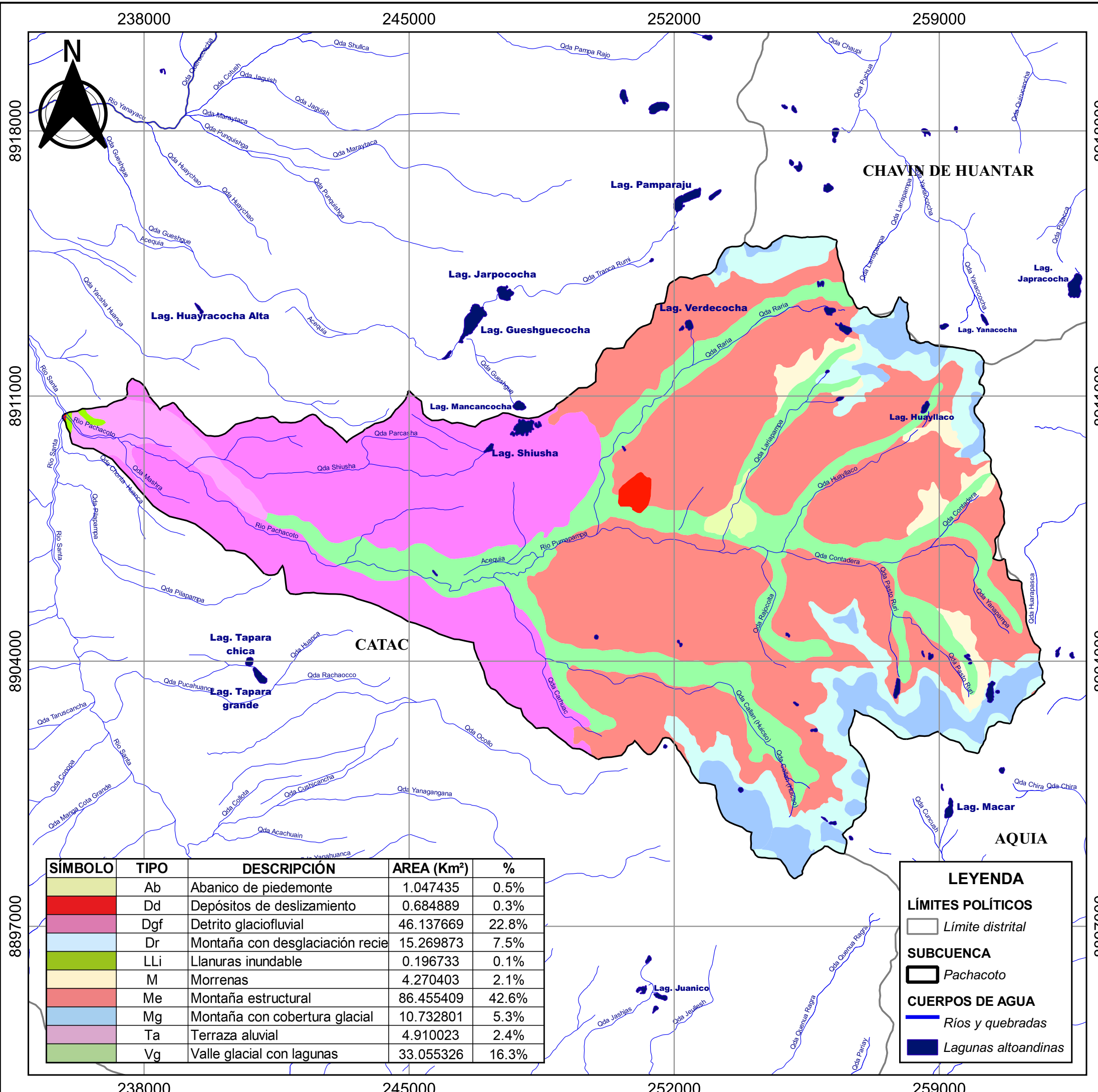


UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOGRAFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN ECOTURISMO

Título:
 "EVOLUCIÓN DE LA COBERTURA GLACIAR DEL PASTORURI Y SU INFLUENCIA EN LA DEMANDA TURISTICA DEL PARQUE NACIONAL HUASCARÁN"

MAPA GEOLÓGICO DE LA SUBCUENCA PACHACOTO

Tesista: Bach. Ivana Escate Gastañaga	Asesor: DR. Noé Zamora Talaverano	Escala Numérica: 1: 100 000
Fuente: Carta Nacional IGN - 20-i MINEDU, Perú Información geoespacial INGEMMET	Proyección: DATUM WGS84 ZONA 18S	N° de Mapa: 4
		Formato: A3



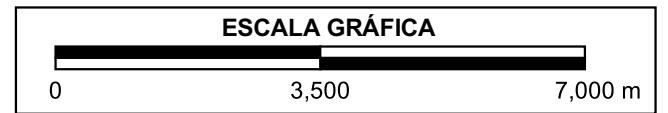
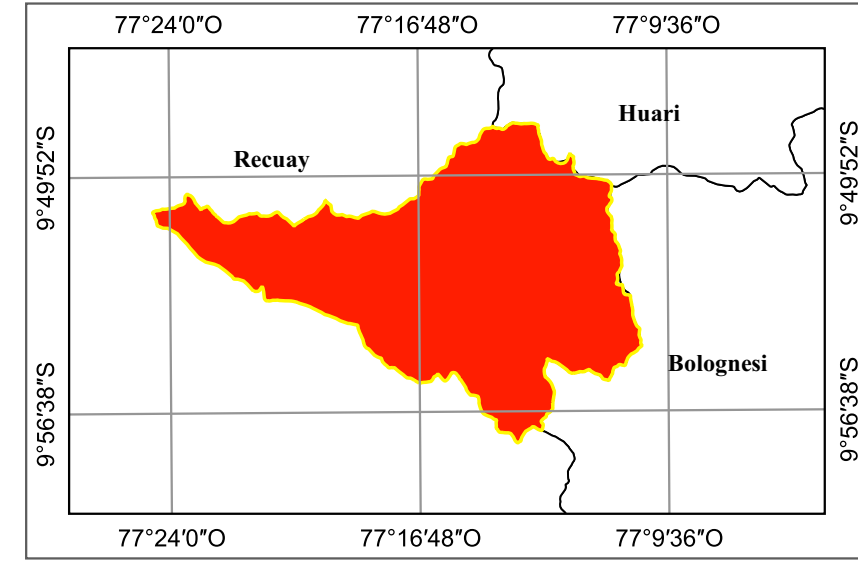
SÍMBOLO	TIPO	DESCRIPCIÓN	AREA (Km ²)	%
[Light Green Box]	Ab	Abanico de piedemonte	1.047435	0.5%
[Red Box]	Dd	Depósitos de deslizamiento	0.684889	0.3%
[Pink Box]	Dgf	Detrito glaciolluvial	46.137669	22.8%
[Light Blue Box]	Dr	Montaña con desglaciación recie	15.269873	7.5%
[Light Green Box]	LLi	Llanuras inundable	0.196733	0.1%
[Yellow Box]	M	Morrenas	4.270403	2.1%
[Red Box]	Me	Montaña estructural	86.455409	42.6%
[Light Blue Box]	Mg	Montaña con cobertura glacial	10.732801	5.3%
[Pink Box]	Ta	Terraza aluvial	4.910023	2.4%
[Light Green Box]	Vg	Valle glacial con lagunas	33.055326	16.3%

LEYENDA

LÍMITES POLÍTICOS
 [Grey Line] Límite distrital

SUBCUENCA
 [Black Line] Pachacoto

CUERPOS DE AGUA
 [Blue Line] Ríos y quebradas
 [Dark Blue Box] Lagunas altoandinas

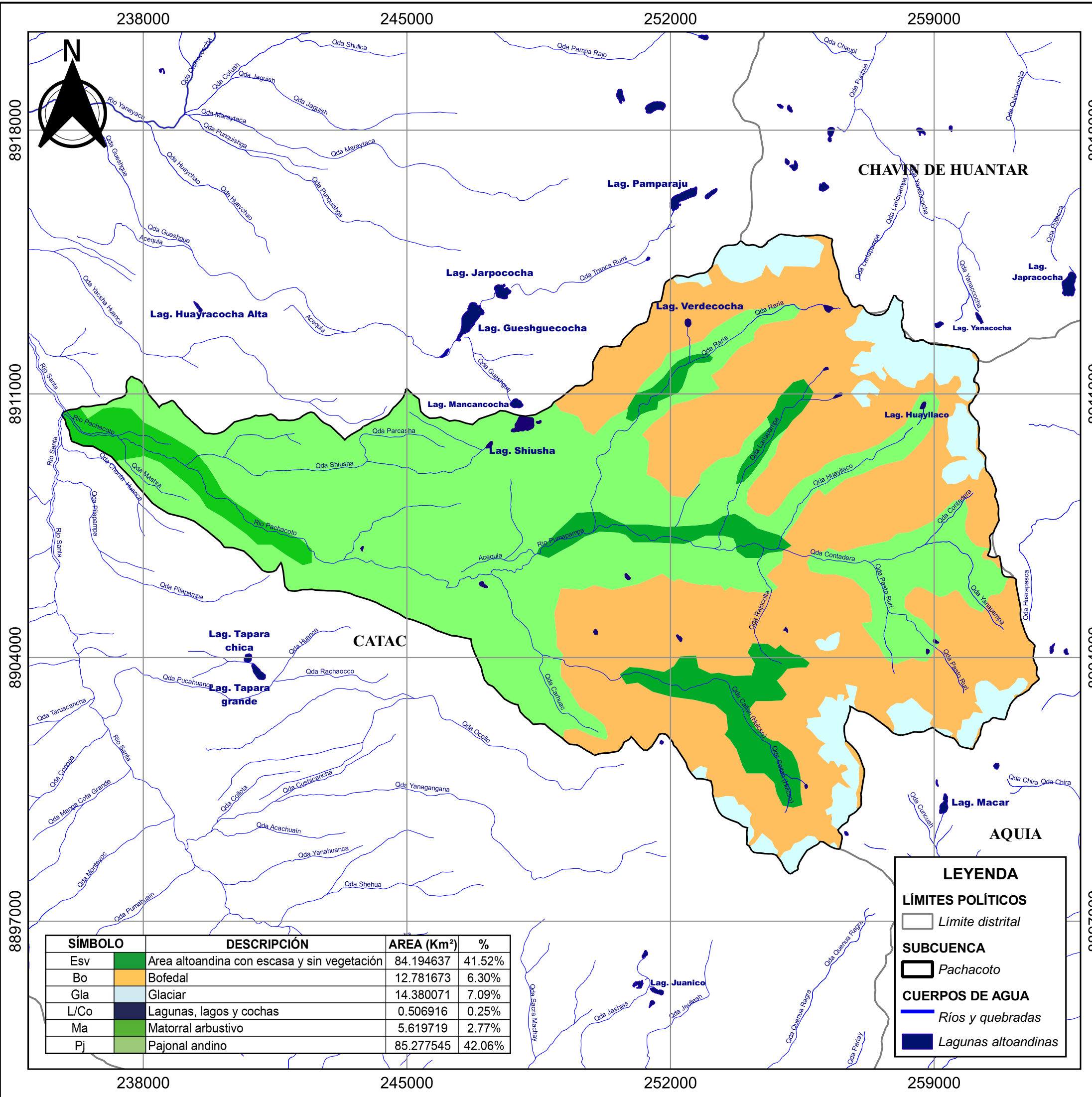


UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOGRAFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN ECOTURISMO

Título:
 "EVOLUCIÓN DE LA COBERTURA GLACIAR DEL PASTORURI Y SU INFLUENCIA EN LA DEMANDA TURISTICA DEL PARQUE NACIONAL HUASCARÁN"

MAPA DE GEOMORFOLOGÍA DE LA SUBCUENCA PACHACOTO

Tesista: Bach. Ivana Escate Gastañaga	Asesor: DR. Noé Zamora Talaverano	Escala Numérica: 1: 100 000
Fuente: Información geoespacial de Geoservidor MINAM y del GOE GPS Perú; INGGEMMET.	Proyección: DATUM WGS84 ZONA 18S	N° de Mapa: 5 Formato: A3



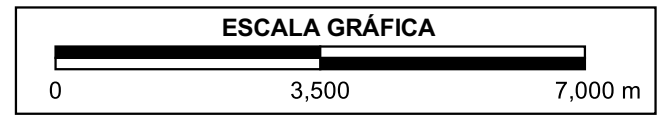
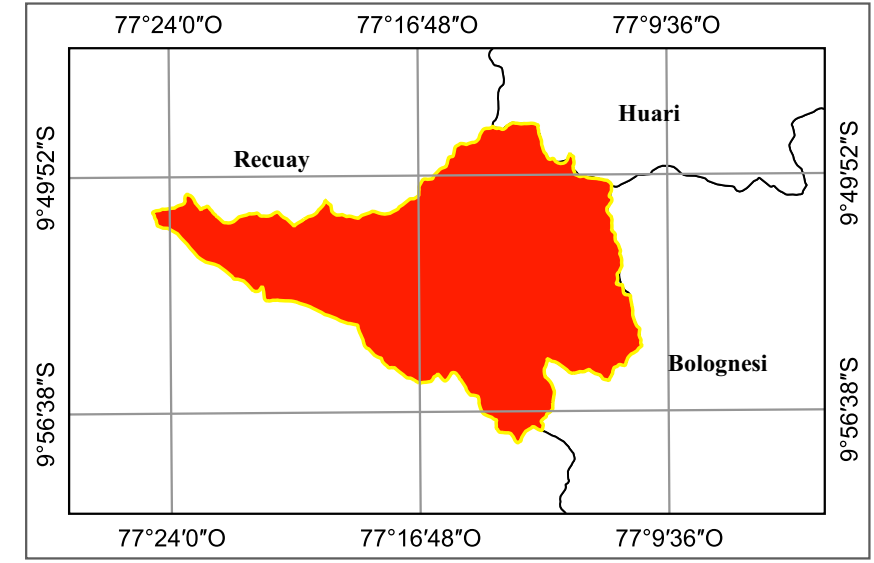
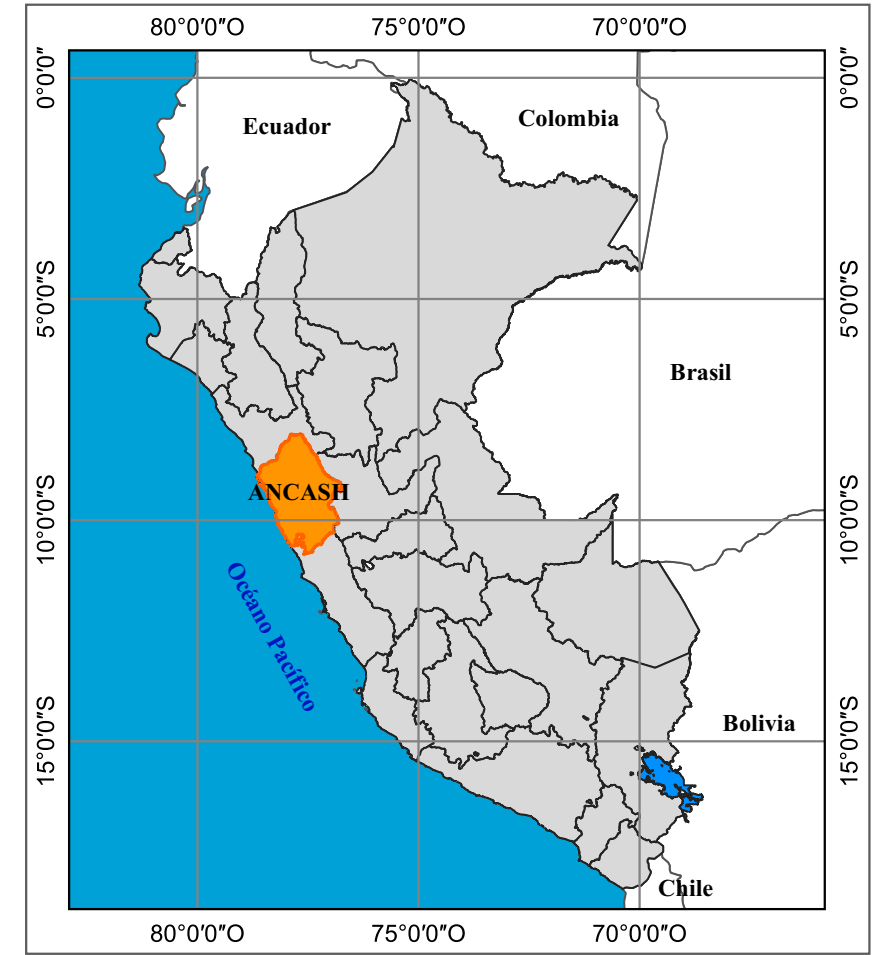
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	AREA (Km ²)	%
Esv	Area altoandina con escasa y sin vegetación	84.194637	41.52%
Bo	Bofedal	12.781673	6.30%
Gla	Glaciar	14.380071	7.09%
L/Co	Lagunas, lagos y cochas	0.506916	0.25%
Ma	Matorral arbustivo	5.619719	2.77%
Pj	Pajonal andino	85.277545	42.06%

LEYENDA

LÍMITES POLÍTICOS
 □ Límite distrital

SUBCUENCA
 □ Pachacoto

CUERPOS DE AGUA
 — Ríos y quebradas
 ■ Lagunas altoandinas



UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOGRAFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN ECOTURISMO

Título:
 "EVOLUCIÓN DE LA COBERTURA GLACIAR DEL PASTORURI Y SU INFLUENCIA EN LA DEMANDA TURISTICA DEL PARQUE NACIONAL HUASCARÁN"

MAPA DE COBERTURA VEGETAL DE LA SUBCUENCA PACHACOTO

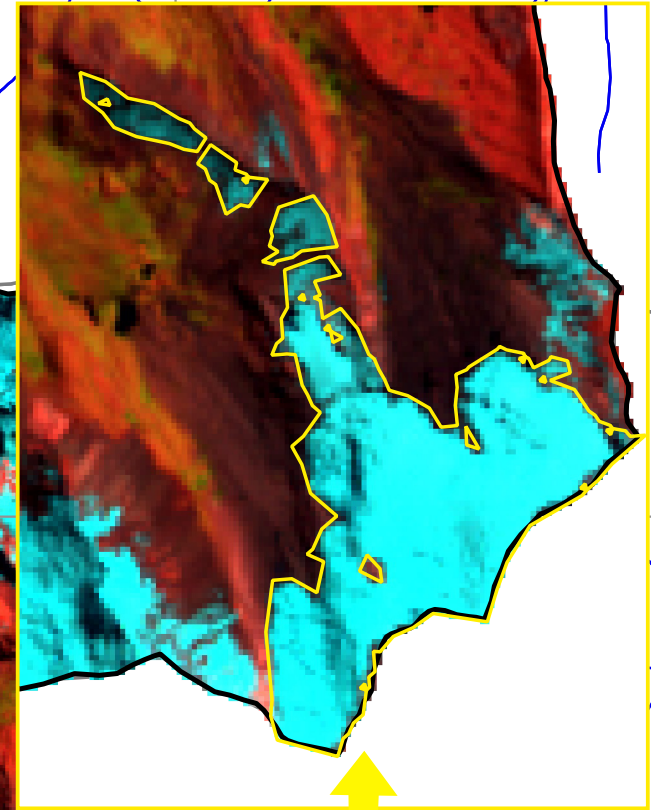
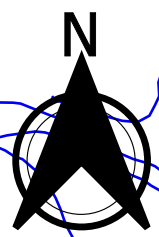
Tesista: Bach. Ivana Escate Gastañaga	Asesor: DR. Noé Zamora Talaverano	Escala Numérica: 1: 100 000	
Fuente: Información geoespacial extraída del Geoservidor MINAM y GEO GPS Perú	Proyección: DATUM WGS84 ZONA 18S	N° de Mapa: 6	Formato: A3

238000

245000

252000

259000



8911000

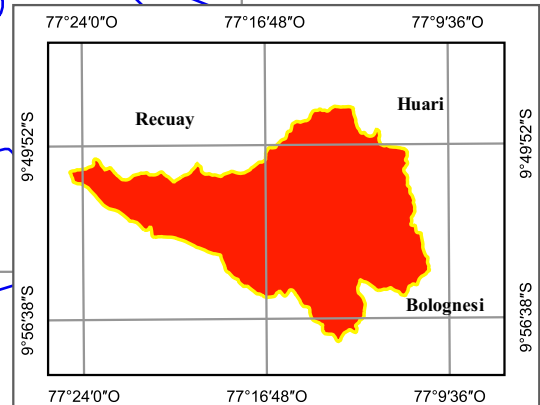
8911000

8904000

8904000

8897000

8897000



UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOGRAFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN ECOTURISMO

Título:
 "EVOLUCIÓN DE LA COBERTURA GLACIAR DEL PASTORURI Y SU INFLUENCIA EN LA DEMANDA TURISTICA DEL PARQUE NACIONAL HUASCARÁN"

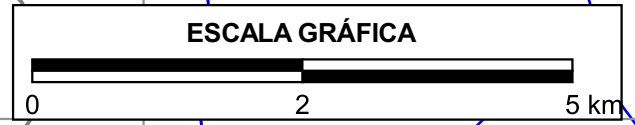
MAPA SATELITAL DE COBERTURA GLACIAR (NDSI) - AÑO 1985

Tesista: Bach. Ivana Escate Gastañaga	Asesor: DR. Noé Zamora Talaverano	Escala Numérica: 1: 70 000
-------------------------------------------------	---------------------------------------------	--------------------------------------

Fuente: Información procesada en GEE Elaboración y datos de la tesista.	Proyección: DATUM WGS84 ZONA 18S	N° de Mapa: 7	Formato: A3
--------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------	-------------------------	-----------------------

LEYENDA

- Límite Distrital
- Subcuenca Pachacoto
- Ríos
- Lagunas altoandinas
- NDSI 1985



238000

245000

252000

259000

8897000

8897000

240000 246000 252000 258000

8915000

8910000

8905000

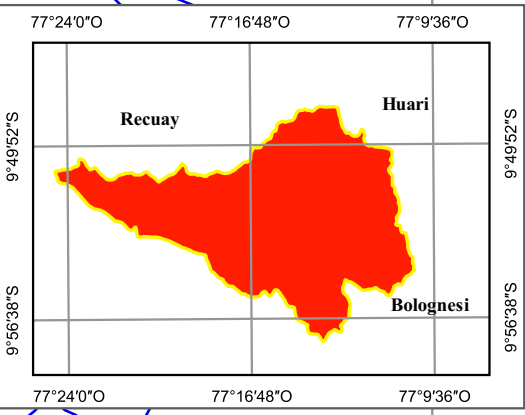
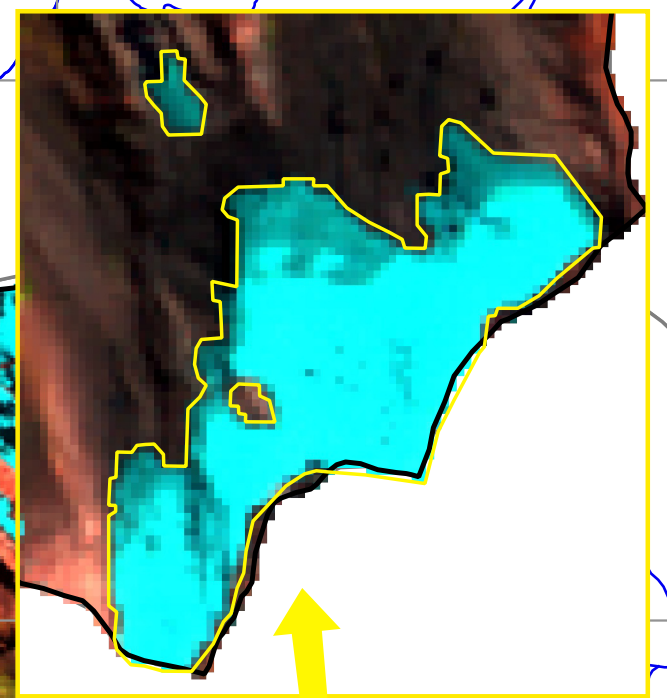
8900000

8915000

8910000

8905000

8900000



UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
FACULTAD DE INGENIERIA GEOGRAFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN ECOTURISMO

Título:
"EVOLUCIÓN DE LA COBERTURA GLACIAR DEL PASTORURI Y SU INFLUENCIA EN LA DEMANDA TURISTICA DEL PARQUE NACIONAL HUASCARÁN"

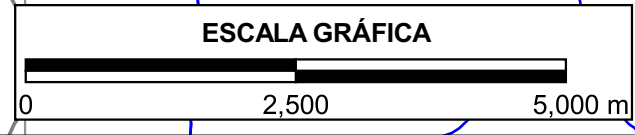
MAPA SATELITAL DE COBERTURA GLACIAR (NDSI) - AÑO 1995

Tesista: Bach. Ivana Escate Gastañaga	Asesor: DR. Noé Zamora Talaverano	Escala Numérica: 1: 70 000
-------------------------------------------------	---------------------------------------------	--------------------------------------

Fuente: Información procesada en GEE Elaboración y datos de la tesista.	Proyección: DATUM WGS84 ZONA 18S	N° de Mapa: 8	Formato: A3
--------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------	-------------------------	-----------------------

LEYENDA

- Límite Distrital
- Subcuenca Pachacoto
- Ríos
- Lagunas Altoandinas
- NDSI Pastoruri - 1995



240000 246000 252000 258000

240000

246000

252000

258000

8915000

8915000

8910000

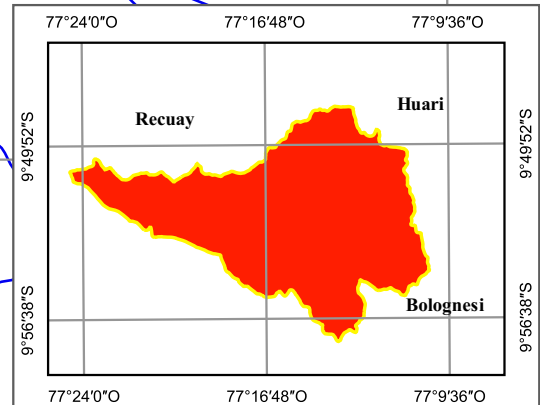
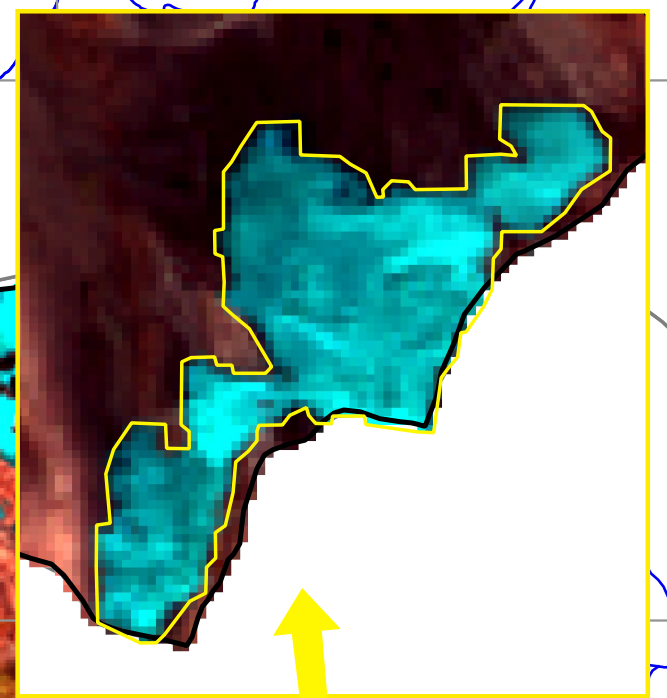
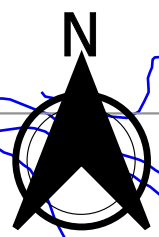
8910000

8905000

8905000

8900000

8900000



UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOGRAFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN ECOTURISMO

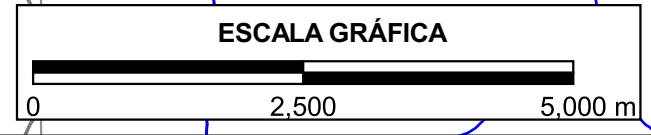
Título:
 "EVOLUCIÓN DE LA COBERTURA GLACIAR DEL PASTORURI Y SU INFLUENCIA EN LA DEMANDA TURISTICA DEL PARQUE NACIONAL HUASCARÁN"

MAPA SATELITAL DE COBERTURA GLACIAR (NDSI) - AÑO 2005

Tesista: Bach. Ivana Escate Gastañaga	Asesor: DR. Noé Zamora Talaverano	Escala Numérica: 1: 70 000	
Fuente: Información procesada en GEE Elaboración y datos de la tesista.	Proyección: DATUM WGS84 ZONA 18S	N° de Mapa: 9	Formato: A3

LEYENDA

- Límite Distrital
- Subcuenca Pachacoto
- Ríos
- Lagunas Altoandinas
- NDSI Pastoruri - 2005



240000

246000

252000

258000

240000

246000

252000

258000

8915000

8915000

8910000

8910000

8905000

8905000

8900000

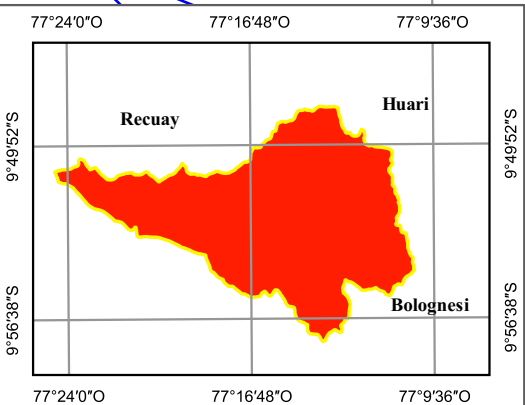
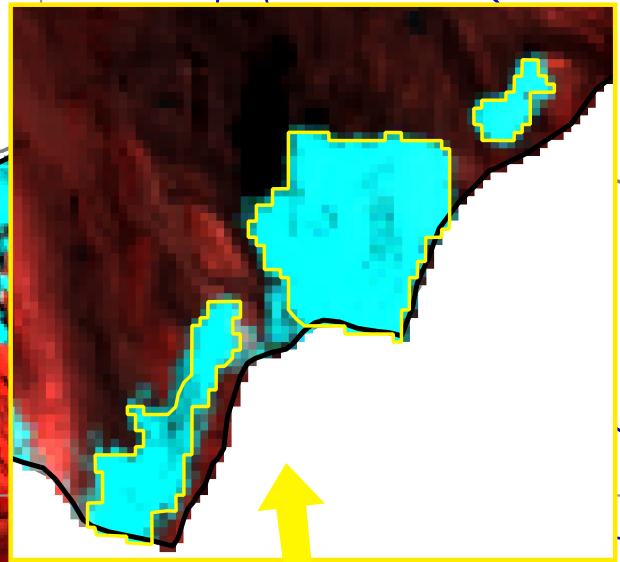
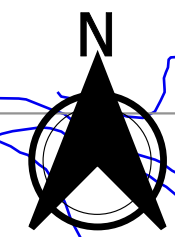
8900000

240000

246000

252000

258000



UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOGRAFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN ECOTURISMO

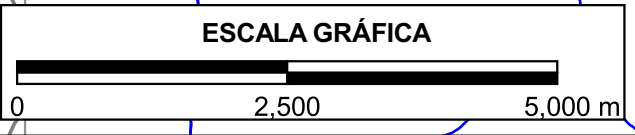
Título:
 "EVOLUCIÓN DE LA COBERTURA GLACIAR DEL PASTORURI Y SU INFLUENCIA EN LA DEMANDA TURISTICA DEL PARQUE NACIONAL HUASCARÁN"

MAPA SATELITAL DE COBERTURA GLACIAR (NDSI) - AÑO 2019

Tesista: Bach. Ivana Escate Gastañaga	Asesor: DR. Noé Zamora Talaverano	Escala Numérica: 1: 70 000	
Fuente: Información procesada en GEE Elaboración y datos de la tesista.	Proyección: DATUM WGS84 ZONA 18S	N° de Mapa: 10	Formato: A3

LEYENDA

- Límite Distrital
- Subcuenca Pachacoto
- Ríos
- Lagunas Altoandinas
- NDSI Pastoruri - 2019



240000

245000

250000

255000

260000

8915000

8910000

8905000

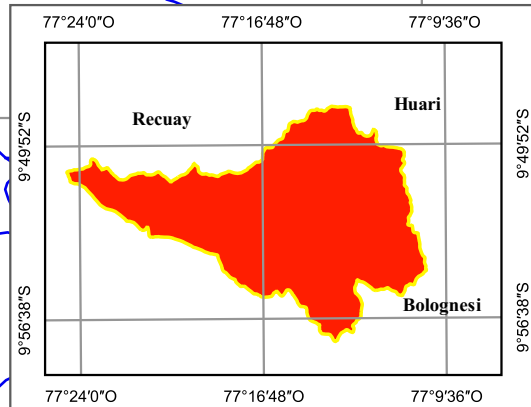
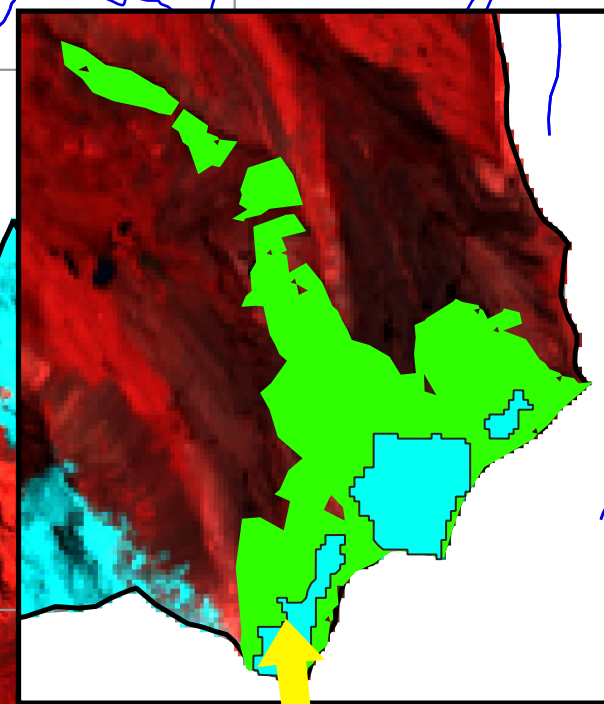
8900000

8915000

8910000

8905000

8900000



UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL

FACULTAD DE INGENIERIA GEOGRAFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN ECOTURISMO

Título:
"EVOLUCIÓN DE LA COBERTURA GLACIAR DEL PASTORURI Y SU INFLUENCIA EN LA DEMANDA TURISTICA DEL PARQUE NACIONAL HUASCARÁN"

MAPA SATELITAL DE PÉRDIDA DE ÁREA GLACIAR PASTORURI

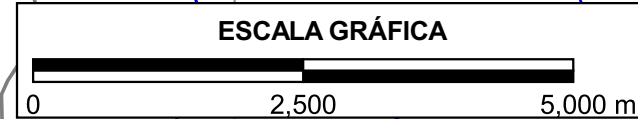
Tesista: Bach. Ivana Escate Gastañaga
Asesor: DR. Noé Zamora Talaverano
Escala Numérica: 1: 70 000

Fuente: Información procesada en GEE
Elaboración y datos de la tesista.
Proyección: DATUM WGS84
ZONA 18S
N° de Mapa: 11
Formato: A3

Pérdida del Glaciar Pastoruri		
Año	Área Glaciar (ha)	Variación (ha)
1985	273.42	--
2019	62.76	210.66

LEYENDA

- Límite Distrital
- Subcuenca Pachacoto
- Ríos
- Lagunas Altoandinas
- Área Glaciar 1985
- Área Glaciar 2019



240000

245000

250000

255000

260000