

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ
UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS
FORESTALES Y DEL AMBIENTE



TESIS

**“IMPACTO DE LA NUBOSIDAD Y TEMPERATURA EN EL
NEVADO HUAYTAPALLANA, EN LA REGIÓN JUNÍN, PERIODO
1985 – 2022”**

PRESENTADA POR:

ELYANE ESTEFANY, BELITO HUAMANI

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

**MAESTRA EN GESTIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO
SOSTENIBLE**

HUANCAYO – PERÚ

2024



Expediente N° 376294

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRA EN GESTIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE

(17 de enero de 2025)

En la ciudad de Huancayo, a los 17 días del enero del 2025, a las 10:00 am., en el Ambiente del auditorio de la Facultad de Ciencias Forestales y del Ambiente de la Universidad Nacional del Centro del Perú, se dio inicio al acto académico de sustentación de Tesis, siendo Presidido por el Dr. Mauro Rodríguez Cerrón, actuando como secretario el Dr. Juan José Bullón Rosas y como miembros del Jurado Examinador: Dr. Ronald Héctor Revolo Acevedo, M. Sc. Wilfredo Ramírez Salas y el Dr. Julio Cesar Álvarez Orellana. Acto seguido se dio lectura a la Resolución N° 003 - 2025-UPG-FCFA/UNCP, en la que señala fecha, hora y designación del Jurado Examinador para la sustentación de Tesis de la Bach. Belito Huamani Elyane Estefany, titulada: "IMPACTO DE LA NUBOSIDAD Y TEMPERATURA EN EL NEVADO HUAYTAPALLANA, EN LA REGIÓN JUNÍN, PERIODO 1985 - 2022", para optar el Grado Académico de Maestra en Gestión Ambiental y Desarrollo Sostenible.

A continuación, el presidente invito al Dr. Julio Cesar Álvarez Orellana, a realizar la presentación de la Tesis en su condición de Asesor, luego el presidente invito a la sustentante para la exposición de su tesis por un tiempo de 25 minutos. Terminado la sustentación el presidente cede el uso de la palabra a los miembros del jurado examinador quienes, procedieron a formular las preguntas de acuerdo al tema y objeciones del caso los mismos que fueron defendidos y absueltos por la graduada; acto seguido se procedió a deliberar el resultado, en el marco del Art. 122° del Reglamento General de la Escuela de Posgrado. Teniendo como resultado el calificativo de:

APROBADO: BUENO

Siendo las 11:30 horas, se da por finalizado el acto académico de sustentación de Tesis, pasando a firmar los miembros del jurado calificador:


Dr. Ronald Héctor Revolo Acevedo
(Titular)


M. Sc. Wilfredo Ramírez Salas
(Titular)


Dr. Julio Cesar Álvarez Orellana
(Titular)


Dr. Mauro Rodríguez Cerrón
(Presidente)


Dr. Juan José Bullón Rosas
(Secretario)





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERU



FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y DEL AMBIENTE

INFORME N° 23/2024-JCAO/UPG- FCFA-UNCP

A :Dr. Edwin Zorrilla Delgado
Director de la unidad de posgrado FCFA- UNCP

DE :Dr. Julio Cesar Álvarez Orellana
Docente Asesor

ASUNTO : Reporte de similitud de contenido (Turnitin)


FECHA :Huancayo, 7 de Diciembre del 2024

De mi mayor consideración, por intermedio de la presente es para comunicarle que se ha procedido a la verificación de similitud con el programa TURNITIN, en cumplimiento a la Ley Universitaria N° 30220, y el Estatuto de la Universidad, reglamento de investigación y a la Resolución N° 2064-CU-2017 del Código de Ética de Investigación de la UNCP, habiendo obtenido el siguiente resultado.

Título de la tesis	Tesista	% de Similitud
IMPACTO DE LA NUBOSIDAD Y TEMPERATURA EN EL NEVADO HUAYTAPALLANA, EN LA REGIÓN JUNÍN, PERIODO 1985 – 2022	Elyane Estefany, Belito Huamani	17

Adjunto el documento y se recomienda que el investigador continúe con el desarrollo de la tesis, en tanto que el porcentaje de similitud no supera lo dispuesto en el reglamento correspondiente.

Atentamente.


Julio Cesar Álvarez Orellana
PROFESOR REVISOR

C.c.: Interesado.

Archivo.

“IMPACTO DE LA NUBOSIDAD Y TEMPERATURA EN EL NEVADO HUAYTAPALLANA, EN LA REGIÓN JUNÍN, PERIODO 1985 – 2022”

INFORME DE ORIGINALIDAD

17%

INDICE DE SIMILITUD

17%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

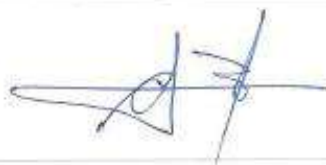
FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	2%
2	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
4	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante	1%
5	www.dspace.uce.edu.ec Fuente de Internet	1%
6	repositorio.unas.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	revistas.udistrital.edu.co Fuente de Internet	1%
8	issuu.com Fuente de Internet	1%

9	repositorio.unam.edu.pe Fuente de Internet	1 %
10	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
11	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
12	tesis.unap.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
13	documents.mx Fuente de Internet	<1 %
14	dspace.esPOCH.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
15	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
16	C. Alvarez-Montalvan, E. Belito-Humani, R. Caballero-Salas, E. Vila-Villegas, J. M. Alomia-Lucero, C. Parra-Vasquez. "Chapter 6 Multitemporal Analysis of Riverbank Areas in the Central Peruvian Andes", Springer Science and Business Media LLC, 2024 Publicación	<1 %
17	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	<1 %
18	www.sagdl.org Fuente de Internet	<1 %



	Fuente de Internet	<1 %
31	pesquisa.teste.bvsalud.org Fuente de Internet	<1 %
32	repositorio.unjfsc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
33	repositorio.utn.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
34	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
35	repositorio.uasb.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
36	repositorio.uwiener.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
37	www.alertatierra.com Fuente de Internet	<1 %
38	acolita.com Fuente de Internet	<1 %
39	repositorio.utc.edu.ec Fuente de Internet	<1 %



Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 15 words

Excluir bibliografía

Activo

DEDICATORIA

Dedico principalmente este trabajo a Dios, quien me ha permitido llegar a este importante momento en mi desarrollo profesional. A mis padres, quienes son los pilares más importantes en mi vida y quienes siempre me han apoyado sin condiciones. A mis hermanas y sobrinas, quienes nunca dejan de amarme y brindarme el apoyo que necesito para seguir adelante.

AGRADECIMIENTO

Doy gracias a Dios por siempre cuidarme y bendecirme, por ser mi guía en mi vida y por ser mi fortaleza y apoyo cuando estaba débil y luchando.

Gracias a mis padres por apoyarme en mis metas, creer en mis habilidades y brindarme orientación, valores e ideales que siempre he heredado.

Agradezco a mis docentes, por compartir su sabiduría y experiencia mientras me preparaba para mi carrera profesional.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO.....	8
ÍNDICE GENERAL.....	9
ÍNDICE DE TABLAS.....	11
ÍNDICE DE FIGURAS.....	12
RESUMEN.....	13
ABSTRACT.....	14
INTRODUCCIÓN.....	15

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento del problema.....	16
1.2. Formulación del problema.....	17
1.2.1. Problema general.....	17
1.2.2. Problemas específicos.....	17
1.3. Objetivos de la investigación.....	17
1.3.1. Objetivo general.....	17
1.3.2. Objetivos específicos.....	17
1.4. Justificación de la investigación.....	18

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes o marco referencial.....	19
2.1.1. Antecedentes Internacionales.....	19
2.1.2. Antecedentes Nacionales.....	21
2.2. Bases teóricas y conceptuales.....	24
2.2.1. Glaciar.....	24
2.2.1.1. Tipos de Glaciares.....	¡Error! Marcador no definido.
2.2.2. Impactos del Cambio Climático en Glaciares Tropicales.....	26
2.2.3. Consecuencias del retroceso glaciar en los Andes.....	26
2.2.4. Clima en los andes tropicales.....	27
2.2.5. Aspectos generales de los glaciares de Los andes tropicales.....	27
2.2.5.1. Características Geográficas Generales.....	27
2.2.5.2. Características Glaciológicas.....	28
2.2.5.3. Características Morfo-Glaciológicas.....	28
2.2.6. Teledetección.....	31
2.2.6.1. El espectro electromagnético.....	¡Error! Marcador no definido.
2.2.7. Firma espectral.....	33
2.2.7.1. Tipos de sensores.....	¡Error! Marcador no definido.
2.2.7.2. Sensores pasivos.....	33
2.2.8. Sensores activos.....	34

2.2.8.1.	Resolución de un sistema sensor	¡Error! Marcador no definido.
2.2.8.2.	Resolución espacial	34
2.2.8.3.	Resolución espectral.....	34
2.2.9.	Resolución radiométrica.....	35
2.2.10.	Imágenes satelitales	35
2.2.11.	Tipo de sensor	36
2.2.12.	USGS (United States Geological Survey).....	37
2.3.	Definición de términos básicos	38
2.4.	Hipótesis de la investigación	40
2.4.1.	Hipótesis General	40
2.4.2.	Hipótesis Especifico	40
2.5.	Operacionalización de las variables	41

CAPÍTULO III

DISEÑO METODOLÓGICO

3.1.	Ámbito de estudio	42
3.2.	Tipo y nivel de investigación	44
3.2.1.	Tipo de investigación	44
3.2.2.	Nivel de investigación	44
3.3.	Método de investigación.....	44
3.4.	Diseño de investigación.....	44
3.5.	Población y muestra	45
3.5.1.	Población	45
3.5.2.	Muestra.....	45
3.6.	Técnica e instrumento de recolección de datos	45
3.7.	Técnica de procesamiento de datos	47

CAPITULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1.	Área del nevado Huaytapallana en la región Junín, periodo 1985 – 2022.	50
4.2.	Impacto del porcentaje de nubosidad en el Nevado Huaytapallana en la Región Junín, periodo 1985 – 2022.	53
4.3.	Impacto de la variación de la temperatura en el Nevado Huaytapallana en la Región Junín, periodo 1985 – 2022.	56
4.4.	Discusiones.....	59
4.4.1.	Área del nevado Huaytapallana del año 1985 – 2022.	59
4.4.2.	Impacto del porcentaje de nubosidad en el Nevado Huaytapallana en la Región Junín, periodo 1985 – 2022.	59
4.4.3.	Impacto de la variación de la temperatura en el Nevado Huaytapallana en la Región Junín, periodo 1985 – 2022.	60
CONCLUSIONES		61
RECOMENDACIONES		62
ANEXOS		68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características de la región espectral	32
Tabla 2. Periodo de actividad de los satélites Landsat	35
Tabla 3. Características de la imagen Landsat 4 y 5	36
Tabla 4. Características de la imagen Landsat 8	37
Tabla 5. Operacionalización de las variables	41
Tabla 6. Clima del Nevado Huaytapallana.....	43
Tabla 7. Descripción Geológica del Nevado Huaytapallana.....	43
Tabla 8. Área total del nevado Huaytapallana de los años 1985 al 2009.	51
Tabla 9. Área total del nevado Huaytapallana de los años 2013 al 2022	51
Tabla 10. Coeficiente del modelo de regresión lineal ajustado al área del Huaytapallana en función del periodo.....	53
Tabla 11. Porcentaje de nubosidad de las imágenes Landsat 4-5 TM C1 Level - 1.....	53
Tabla 12. Porcentaje de nubosidad de las imágenes Landsat 8 – 9 OLI/TIRS C1 Level -1.....	54
Tabla 13. Coeficiente del modelo de regresión lineal ajustado al porcentaje de nubosidad del Huaytapallana en función del periodo.....	55
Tabla 14. Temperatura media anual del nevado Huaytapallana durante los años 1985 - 2009.....	56
Tabla 15. Temperatura media anual del nevado Huaytapallana durante los años 2013 - 2022.....	56
Tabla 16. Coeficiente del modelo de regresión lineal ajustado a la Temperatura media anual del Huaytapallana en función del área	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Plano N° 1 de ubicación del Nevado Huaytapallana de la Provincia de Huancayo	42
Figura 2. Plataforma de Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS)	45
Figura 3. Imágenes Landsat con parámetros numéricos de ROW (68).....	46
Figura 4. Corrección Radiométrica con el complemento Semi-Automatic Classification Plugin.....	47
Figura 5. Captura de pantalla del software Qgis 3.28 de la combinación de bandas de las imágenes Landsat	48
Figura 6. Área total del Huaytapallana en los años 1985 y 2022.....	50
Figura 7. Tabla de control de área del nevado de Huaytapallana.....	51
Figura 8. Regresión lineal del área con el periodo del nevado Huaytapallana.....	52
Figura 9. Tabla de control de la nubosidad del nevado de Huaytapallana	54
Figura 10. Regresión lineal del área con el porcentaje de nubosidad del nevado Huaytapallana	55
Figura 11. Regresión lineal del área con la Temperatura media anual del nevado Huaytapallana	58

RESUMEN

El estudio se realizó con la finalidad de determinar el impacto del porcentaje de nubosidad y variación de temperatura en el Nevado Huaytapallana en la Región Junín, periodo 1985 – 2022, para lo cual se empleó una muestra de 13 imágenes Landsat para notar la variación del área del nevado cada tres años, cada uno de las imágenes Landsat fueron descargadas de la plataforma de plataforma de la Agencia Espacial de Estados Unidos. Las imágenes descargadas se diferencian según los años de captura de la imagen es decir del año 1985 al 2011 corresponde a Landsat Collection 2, Level 1, Landsat 4-5 TMC1 Level -1 y del 2013 al 2020 corresponde a Landsat Collection 2, Level 1, Landsat 8 OLI/TIRS C1 Level -1, las mencionadas imágenes fueron procesadas con el software QGIS 3.28. Los resultados encontrados mostraron que el área del nevado Huaytapallana fue de 31.63 Km² en el año 1985, así mismo en el año 2022 tuvo un área de 17.93. Km², teniendo una reducción de 13.7 Km², lo que representa pérdida de área glaciar del nevado Huaytapallana de 43.31 % del área inicial, también se encontró una relación directa significativa, entre el porcentaje de nubosidad y el área durante los años de evaluación, por otro lado, las variables temperatura media anual y el área resultaron tener una relación indirecta no significativa.

Palabras claves: retroceso glaciar, porcentaje de nubosidad, variación de temperatura

ABSTRACT

The study was carried out with the purpose of determining the impact of the percentage of cloudiness and temperature variation in the Nevado Huaytapallana in the Junín Region, period 1985 - 2022, for which a sample of 13 landsat images was used to note the variation of the area of the snowfall every three years, each of the Landsat images were downloaded from the USGS (United States Geological Survey) platform, of the United States Space Agency. The downloaded images are differentiated according to the years of image capture, that is, from 1985 to 2011 corresponds to Landsat Collection 2, Level 1, Landsat 4-5 TMC1 Level -1 and from 2013 to 2020 corresponds to Landsat Collection 2, Level 1 Landsat 8 OLI/TIRS C1 Level -1, the aforementioned images were processed with the QGIS 3.28 software. The results found showed that the area of the Huaytapallana snow-capped mountain was 31.63 km² in 1985, and in 2022 it had an area of 17.93. Km², having a reduction of 13.7 Km², which represents a loss of glacial area of the Huaytapallana snow-capped mountain of 43.31% of the initial area, a significant direct relationship was also found between the percentage of cloudiness and the area during the evaluation years, on the other hand. On the other hand, the variables mean annual temperature and area turned out to have a non-significant indirect relationship.

Keywords: glacial retreat, percentage of cloud cover, temperature variation

INTRODUCCIÓN

Los Andes, que se encuentran principalmente en Perú, Bolivia, Ecuador y Colombia, albergan el 99 por ciento de los glaciares tropicales de América del Sur. Desde el año 2000, el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) confirma que el calentamiento global está provocando que estos glaciares retrocedan más rápidamente, como demuestran numerosos estudios. El setenta y uno por ciento de estos glaciares se encuentran en Perú, que ha experimentado una disminución considerable de sus masas glaciares durante más de treinta años debido al aumento de las temperaturas globales y la disminución de las precipitaciones. La complejidad y la susceptibilidad de estos ecosistemas al cambio climático se ponen de relieve mediante el seguimiento de este proceso de desglaciación mediante imágenes satelitales y fotográficas que permiten calcular la extensión de los glaciares.

Los glaciares, como el Nevado Huaytapallana en la Región Junín, presentaron dos componentes esenciales para su estabilidad: la dinámica glaciar y el balance de masa. La dinámica glaciar depende del movimiento interno del hielo, mientras que el balance de masa se relaciona con el equilibrio entre la acumulación y la pérdida de masa glaciar, directamente afectado por variaciones en la temperatura y nubosidad (Kaser y Osmaston, 2002). Estos factores inciden en la extensión de los glaciares y en la posición de su frente, haciendo de estos elementos claves en el estudio de la degradación glaciar.

Las consecuencias del deshielo de glaciares como el Huaytapallana han sido significativas y preocupantes. La reducción de estos cuerpos de hielo implicó escasez de recursos hídricos, afectando y aumentando el factor de riesgo de extinción de muchas especies endémicas y por ende afectan en la vida cotidiana de las poblaciones. Estos efectos fueron observados tanto en las comunidades directamente dependientes de los nevados como en las áreas circundantes. La degradación del Huaytapallana, debido al cambio climático, explotación de recursos y desastres naturales, ha constituido una amenaza constante que requiere de estudios detallados sobre el impacto de variables climáticas, como la nubosidad y la temperatura, a fin de mitigar efectos y preservar este recurso invaluable para la Región Junín (Choquehuanca, 2018).

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1.Planteamiento del problema

El acelerado proceso de desglaciación se observó en muchos glaciares tropicales de los Andes, incluidos los de Perú, como el Nevado Huaytapallana, debido a las graves consecuencias de los cambios de temperatura de nuestra región. Esta reducción ha representado un alto impacto ambiental y social, afectando especialmente a las poblaciones agrícolas y ganaderas que dependen de las aguas provenientes de estos cuerpos de hielo. La pérdida de agua glaciar, esencial para el desarrollo de estas actividades, alteró significativamente los ecosistemas circundantes, cambiando la geografía y afectando la disponibilidad de recursos hídricos de manera considerable. Este fenómeno no solo trajo consecuencias para la seguridad hídrica, sino también para la estabilidad del clima regional y para la biodiversidad, incrementando el riesgo de desastres naturales como avalanchas y causando un desequilibrio en las temperaturas.

El Nevado Huaytapallana experimentó un retroceso de su masa glaciar en las últimas décadas, especialmente acentuado en la década pasada debido al incremento de las concentraciones de gases que aumentan la temperatura y como consecuencia la alteración de ecosistemas naturales en la tierra. Esta tendencia de retroceso glaciar fue atribuida a variaciones de temperatura y nubosidad, las cuales modificaron el balance de masa glaciar, y alteraron las tasas de acumulación y ablación en la superficie del nevado. Los estudios han mostrado que las altas temperaturas y una menor cobertura nubosa han acelerado el derretimiento, provocando una pérdida de agua dulce que afectó la provisión hídrica de las comunidades. Además, el cambio en las condiciones climáticas generó transformaciones visibles en el paisaje y en la geografía del nevado, complicando la sostenibilidad de los diversos sistemas de humanos además de naturales que dependen de él.

La investigación buscó analizar el impacto que tuvieron tanto la nubosidad como las variaciones de temperatura en el Nevado Huaytapallana entre los años 1985 y 2022. Dado que estos factores son determinantes en la dinámica glaciar, el estudio abordó preguntas clave sobre

la evolución del área glaciar y el impacto de los cambios en la nubosidad y la temperatura sobre el nevado. La formulación del problema incluyó interrogantes acerca de la magnitud de este impacto en el contexto de la región Junín, en un esfuerzo por comprender mejor cómo el cambio climático influyó en el retroceso glaciar y las posibles implicancias para el entorno natural y humano en el futuro.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

- ¿Existirá impacto del porcentaje de nubosidad y variación de la temperatura en el Nevado Huaytapallana, en la Región Junín, periodo 1985 - 2022?

1.2.2. Problemas específicos

- a. ¿Cuál es el área del Nevado Huaytapallana en la Región Junín, periodo 1985 - 2022?
- b. ¿Existirá impacto del porcentaje de nubosidad en el Nevado Huaytapallana en la Región Junín, periodo 1985 – 2022?
- c. ¿Existirá impacto de la variación de la temperatura en el Nevado Huaytapallana en la Región Junín, periodo 1985 – 2022?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

- Determinar el impacto del porcentaje de nubosidad y variación de la temperatura en el Nevado Huaytapallana, en la Región Junín, periodo 1985 – 2022.

1.3.2. Objetivos específicos

- a. Determinar el área del Nevado Huaytapallana en la Región Junín, periodo 1985 – 2022.
- b. Determinar el impacto del porcentaje de nubosidad en el Nevado Huaytapallana en la Región Junín, periodo 1985 – 2022.
- c. Determinar el impacto de la variación de la temperatura en el Nevado Huaytapallana en la Región Junín, periodo 1985 – 2022.

1.4. Justificación de la investigación

Los efectos sustanciales que tuvo el retroceso de glaciares como el Nevado Huaytapallana en los ecosistemas y comunidades que dependían de sus recursos hídricos hicieron que el estudio fuera extremadamente importante. El estudio de cómo la temperatura y la nubosidad afectaron este pico nevado, que es un suministro esencial de agua dulce para la región de Junín, arrojó importantes conocimientos sobre cómo el cambio climático impactó la disponibilidad de agua, la biodiversidad y la estabilidad. clima local. Además, la pérdida de masa glaciaria generó peligros socioeconómicos y ambientales, por lo que era fundamental analizar estos elementos para predecir y mitigar los desastres provocados por la disminución de los glaciares.

En la práctica, el estudio ayudó a suministrar información pertinente para la toma de decisiones sobre el manejo de los recursos hídricos y la ejecución de medidas de conservación en el área. Comprender los efectos de factores como la temperatura y la nubosidad permitió identificar patrones de retroceso de los glaciares que podrían dirigir los planes de adaptación al cambio climático regionales y locales. Los residentes de los asentamientos circundantes, que dependen de la nieve, también se beneficiaron de los conocimientos adquiridos, ya que pudieron tomar precauciones contra la pérdida de agua accesible y la posibilidad de desastres naturales provocados por el derretimiento de los glaciares.

Metodológicamente, la investigación justificó el uso de técnicas de análisis de series temporales y de datos climáticos históricos para evaluar el impacto de factores como la temperatura y la nubosidad en el retroceso del nevado. Este enfoque permitió establecer relaciones cuantitativas entre estos factores y los cambios en la extensión glaciaria a lo largo del tiempo, lo cual contribuyó al conocimiento científico sobre la dinámica glaciaria en zonas tropicales. La investigación proporcionó así una base metodológica valiosa para futuros estudios en glaciares andinos, además de ofrecer un marco de referencia para analizar fenómenos similares en otros glaciares tropicales vulnerables al cambio climático.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes o marco referencial

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Huacani, Meza, Luque, Aguirre y Escobedo (2021) en investigación presentada “Análisis multitemporal del glaciar del Ampay por medio de la plataforma de Google Earth Engine, periodo 2000-2019”, utilizaron un análisis multitemporal utilizando la plataforma Google Earth Engine (GEE) para conocer cómo el cambio climático afectó la desglaciación del glaciar Ampay entre 2000 y 2019. El índice espectral de las imágenes Landsat se determinó mediante la metodología Dozier ($NDSI > 0,4$). Utilizando técnicas de JavaScript en el editor de código (GEE) para el procesamiento de datos, estos análisis revelan una disminución del 39,227 % (en 19 años) en la cobertura de los glaciares, incluidas 142 ha de superficie. Para encontrar la asociación y probar la hipótesis se utilizó como terapia la estadística inferencial. Podemos inferir de los datos que la variable área del glaciar y el tiempo tienen una asociación negativa ($r = -0.594$) y que la variable precipitación acumulada tiene una correlación positiva promedio ($r = 0.612$). Se reconoce H_1 cuando se determina estadísticamente que el valor $-p$ (bilateral) de significancia (< 0.0001) es menor a 0.05, lo que indica una asociación significativa entre la temperatura promedio anual y la precipitación acumulada.

Quisbert (2019), en su trabajo de investigación “Análisis multitemporal del Retroceso glaciar del nevado Murumata de la Cordillera de los Andes periodo (1988 - 2018)” se centró en examinar el comportamiento del retroceso glaciar del nevado Mururata, ubicado en el departamento de La Paz, entre las provincias de Murillo y Sud, mediante análisis de imágenes satelitales multitemporales de 1988 a 2018. La Cordillera incluye los municipios de Yungas, Palca, Yanacachi e Irupana.

Podemos monitorear lo que está ocurriendo en las montañas nevadas de nuestra nación debido al cambio climático acelerado que está ocurriendo en nuestro planeta. En este caso, el

nevado Mururata se encuentra entre los más significativos del Departamento de La Paz. Este estudio utiliza técnicas de teledetección para rastrear la cobertura del área de los glaciares cubiertos de nieve durante 1988, 1993, 1998, 2003, 2008, 2014 y 2018 y pronosticar su comportamiento para los próximos 30 años (2048) mediante interpolación matemática. Para este fin se adquirieron imágenes de los satélites Landsat 5 TM y Landsat 8 OLI y se emplearon herramientas y técnicas de teledetección como el Índice de Diferencia de Nieve Normalizada (NDSI) y la Clasificación No Supervisada. Estas fueron herramientas muy útiles para lograr obtener la información glaciaria. En consecuencia, los resultados del análisis multitemporal del casquete nevado de Mururata revelan que hubo un retroceso glaciario del 41% entre 1988 y 2018. Esta tendencia de retroceso glacial continuará hasta 2048, cuando el casquete nevado solo tendrá el 17,6% de su cobertura glaciaria, y hasta 2061, cuando habrá perdido completamente su cobertura glaciaria.

Carrillo, Orlando y Ojalora (2018) en su artículo científico “Cuantificación del retroceso glaciario del Nevado DEL Tolima, aplicando técnicas de teledetección” examinó la variación climática del período Cuaternario y cómo cambia los componentes de la superficie terrestre, incluido el retroceso glaciario, de donde nacen las principales cuencas hidrográficas que vierten sus aguas al río Magdalena, uno de los más importantes de nuestra nación. Datos del IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales) muestran que este proceso de deshielo, o desglaciación de masas de hielo, ha ido en aumento en las últimas décadas. Esto indica que se ha perdido la masa del volcán Nevado del Tolima, que se encuentra en la cima del cono volcánico de la cordillera central de Colombia y se encuentra a unos 5.250 metros sobre el nivel del mar. Examinó la variación climática del período Cuaternario y cómo cambia los componentes de la superficie terrestre, incluido el retroceso glaciario, de donde nacen las principales cuencas hidrográficas que vierten sus aguas al río Magdalena, uno de los más importantes de nuestra nación. Datos del IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales) muestran que este proceso de deshielo, o desglaciación de masas de hielo, ha ido en aumento en las últimas décadas. Esto indica que se ha perdido la masa del volcán Nevado del Tolima, que se encuentra en la cima del cono volcánico de la cordillera central de Colombia y se encuentra a unos 5.250 metros sobre el nivel del mar. 4- Se utiliza una clasificación no supervisada para la segmentación de imágenes, seguida de la medición de la masa del glaciario. Este estudio muestra que el primer método NDSI (Índice de Diferencia Normalizada de Nieve) arroja una pérdida aproximada del 16,71% en comparación con los datos del IDEAM de 74,84 Ha, mientras que el segundo método de Relación Simple (Rott H,

1994) arroja un retroceso del glaciar del 15,24% en comparación con Los mismos datos oficiales de la nación.

Monterroso y Londoño (2018), en su artículo científico “Estimacion del retroceso glaciar en los volcanes Nevado del Ruiz, Tolima y Santa Isabel, Colombia a través de imágenes ópticas y Din-SAR”, utilizaron imágenes del satélite Landsat 8 OLI TIRS para cuantificar el retroceso glaciar del volcán Nevado del Ruiz (VNR), el volcán Nevado de Santa Isabel (VNSI) y el volcán Nevado del Tolima (VNT). Para distinguir entre hielo, se calcularon índices espectrales y clasificación de imágenes supervisada. En la técnica DinSAR se utilizaron imágenes de Radarsat II, más especialmente las imágenes de coherencia. La capa de hielo de los volcanes investigados ha disminuido un 24%, 42% y 60%, respectivamente, entre 2010 y 2015. Los resultados de las imágenes de coherencia son comparables a los de las imágenes ópticas. En las regiones glaciares, se pueden utilizar imágenes de coherencia para distinguir entre roca y hielo. Una característica única del casquete glaciar VNR es la ceniza en la capa de hielo, lo que hace que sea más difícil definir la superficie glaciar de ese volcán.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Medina y Mejia (2014), en su estudio realizado “Análisis multitemporal y multifractal de la deglaciación de la Cordillera Parón en los Andes de Perú” se ha determinado que la disminución del volumen de los glaciares de las montañas tropicales cubiertas de nieve de nuestro país puede ser una señal de un clima global cambiante. Urrutia & Vuille (2009) predijeron que todos los glaciares por debajo de los 5.500 metros sobre el nivel del mar desaparecerían en 2050. El uso de multifractales, que no se ha utilizado frecuentemente para el sistema glaciar, es uno de los métodos científicos utilizados para caracterizar el sistema poroso de el suelo (Montero, 2003). El objetivo de este estudio es estimar el volumen glaciar de la Cordillera de Parón durante los últimos 24 años utilizando el Sistema de Información Geográfica y metodologías multifractales para conocer el grado en que las ocurrencias de El Niño y La Niña han influido en su deglaciación. El NDSI, o índice de nieve, y la proporción de imagen de 4/5 en las fotografías binarizadas se utilizaron para distinguir la masa del glaciar de otros elementos como nubes, agua, etc., en las fotografías elegidas. En los últimos 24 años, la superficie glaciar de la Cordillera Parón se ha reducido en un 18%.

Albornoz (2012), en su trabajo de investigación “Análisis multitemporal del retroceso glaciar de la Region Huancavelica, usando Imágenes Landsat 5 y CBES 2B”, El estudio del retroceso de los glaciares en la Región Huancavelica demuestra los usos principales de varios métodos de detección remota basados en el espacio para localizar cuerpos de agua en regiones de alta montaña. Un nivel específico de precisión en la delimitación de masas de agua y superficies de glaciares se determina mediante el uso de varios índices, como el índice diferencial de agua normalizado (NDWI) y el índice de nieve diferencial normalizado (NDSI). Sin embargo, debido a la influencia del sombreado topográfico, ambos índices muestran ligeras distorsiones mayores y menores, lo que dificulta la identificación de los píxeles. La subcuenca Vilca de la Región Huancavelica, identificada como con cuerpos de agua a nivel de siete subcuencas, tenía un área de 41.79 km² en 1980. Fuente de recursos hídricos, el área es de 36.12 km² en 2010 con una diferencia de 5,67 km² en cuerpos de agua (lagunas). La subcuenca del Lchu tiene 2,78 km² en 2010 frente a 1,22 km², y la subcuenca del Incachapa tiene 0,29 km² frente a 0,20 km² en 2010. La investigación multitemporal del retroceso de los glaciares a nivel de siete subcuencas reveló que, en la subcuenca del Ichu, que tenía una extensión de 16,42 km² en 1980 y 1,04 km² en 2010, había una diferencia significativa de 15,38 km² en la cantidad de cubierta glaciar que desapareció entre los dos años. En 1980, la superficie glaciar de la subcuenca de Santa Ana cubría 6,16 km², pero en 2010 esa superficie se había reducido en 0,15 km². En general, el retroceso glaciar se observa durante esta época a nivel de siete subcuencas, entre ellas Lncachapa, Cachimayo, Pampacancha y Chicchilla, donde el área desaparecida es de 0.00 km². Sin embargo, se requieren imágenes satelitales adicionales para realizar el análisis con el fin de conocer las pérdidas de cuerpos de agua y de superficie de los glaciares como resultado de la baja intensidad de las precipitaciones provocadas por el calentamiento global. Es preocupante el retroceso de los glaciares en la Región Huancavelica entre 1980 y 2010, pues en 1980 la superficie glaciar cubría 223,60 km², con un porcentaje de extensión superficial del 59,74%. En los últimos 30 años los glaciares han desaparecido, dejando una superficie total glaciar de 2,55 km², con un desnivel de 221,06 km², y un porcentaje del 0,68%. Esto repercute en la formación de cuerpos de agua (lagunas), que son fuentes de recursos hídricos y de energía hidroeléctrica.

Dioses (2017), en su tesis presentada “Dinámica de la cobertura glaciar del nevado Hiuascaran y de las lagunas glaciares adyacentes entre 19902 y el 2017 mediante teledetección”, Para determinar los cambios en la cobertura de glaciares y lagunas glaciares cerca del campo de nieve entre 1990 y 2017, empleo modelos matemáticos basados en índices

espectrales, como el Índice de Diferencia Normalizada de Nieve (NDSI) y el Índice de Diferencia Normalizada de Agua (NDWI). La metodología constó de tres etapas, las cuales se refirieron a la selección de imágenes satelitales tomadas durante las temporadas de otoño de 1990, 2000, 2010 y 2017 mediante los sensores Thematic Mapper TM, Enhanced Thematic Mapper (ETM+) y Operational Land Imager (OLI) del Versiones 5, 7 y 8 del satélite Landsat. Las imágenes fueron tomadas de la base de datos Earth Explorer del Servicio Geológico de EE. UU. Se utilizó el software ERDAS versión 14 para generar los índices NDSI y NDWI, y se requirió el software ArcMap 10.3 para rectificar los problemas relacionados con las sombras, ya que el cálculo del NDSI consideraba que tenían una cobertura diferente a la del glaciar. Los resultados mostraron que la temperatura fluctuó entre -20°C y 30°C en 1990, entre -19°C y 40°C en 2000, entre -16°C y 37°C en 2010, y entre -12°C y 31°C en 2017. Esto resultó en una pérdida de 12.858 km^2 de cobertura glaciar, o el 12,68%, en la zona nevada Como resultado, el método encontró tres nuevos cuerpos de agua que el gobierno aún no ha inventariado, totalizando 202.162 m^2 . En tanto, las lagunas antiguas Llanganuco Chinancocha, Llanganuco Orconcocha Azulcocha, Yanayacu, Socoyacu y Uchco sumaron $1.333.573\text{ m}^2$.

Mendizabal y Quispe (2021) en estudio realizado “Retrosceso de los nevados Salkantay, Tucarhuay, Humantay y dinámica en las Lagunas Adyacentes mediante teledetección del periodo 1991 al 2021, Cusco”, Utilizando imágenes satelitales y modelos matemáticos NDSI y NDWI para el análisis del área de cobertura glaciar y cobertura hídrica, se utilizó una regresión no supervisada de clasificación para evaluar el retrosceso de los nevados de Salkantay, Tucarhuay y Humantay así como la dinámica de las lagunas cercanas entre 1991 y 2021. El objetivo fue identificar una relación entre las variables durante los períodos relevantes. Para manejar las imágenes se utilizaron RStudio, el software Qgis para análisis NDSI y NDWI, y SPSS para pruebas estadísticas de correlación de variables. Según los datos, ha habido una disminución en la cantidad de cubierta glaciar; en términos de dinámica de lagunas, el área equivalía a 3380.31 Ha (33.80 km^2) en 1991 y 2195.55 Ha (21.96 km^2) en 2021. El área incluida en 1991 fue de 8.10 Ha ; en 2021 creció a $13,50\text{ Ha}$. Con base en el coeficiente de correlación de Pearson, se determinó que existe fuerte evidencia estadística de que la dinámica de las lagunas cercanas está inversamente correlacionada con el retrosceso de las nevadas, con un valor de $r=-0.798$.

2.2.Bases teóricas y conceptuales

2.2.1. Glaciar

Un glaciar es un área masiva de hielo que se encuentra en el terreno superficial como consecuencia de la aglomeración, compactación y recristalización de la nieve. Puede exhibir signos de flujo pasado o presente. Los glaciares en su gran mayoría se encuentran muy próximos a los polos, aunque también se pueden encontrar en regiones montañosas; esto se debe a que su existencia se hace factible cuando las nevadas anuales son mayores que la cantidad que se evapora en el verano. La cabecera o circo, la lengua y el valle o zona de ablación son los tres componentes que componen el proceso de glaciación, que es el crecimiento y creación de un glaciar. (Álvarez, 2014: pg. 11). Según el Instituto Americano de Geología, los glaciares deben exhibir movimiento o flujo ya que son agentes erosivos. Los cristales de nieve que han caído en años anteriores se recristalizan y forman granos esféricos conocidos como neviza, que es el primer paso en la construcción de un glaciar. La nieve se acumula año tras año y eventualmente se convierte en hielo. Más nieve hace que la nieve quede enterrada y sea más pesada, lo que reduce las brechas de aire y crea hielo blanco y, finalmente, el hielo azul específico del glaciar. (Álvarez, 2014: pg. 11).

Actualmente, alrededor del 10% área superficial de nuestro planeta está compuesta de glaciar, que conllevan mas de 33 millones de Km³ de agua y ayudan a controlar que el agua de los océanos no se filtren hacia los países que se encuentran por debajo del nivel del mar. El nivel global del mar aumenta durante los períodos cálidos como resultado del derretimiento de los glaciares, mientras que cae durante los períodos glaciales como resultado de la acumulación de hielo. Además, al alterar los patrones de presión y la dirección del viento, los glaciares tienen un impacto importante en el clima tanto a nivel local como mundial. Pueden considerarse sistemas abiertos que interactúan con otros sistemas, incluidos la atmósfera, los ríos, los océanos, el relieve y el terreno, y son esenciales para el equilibrio climático y la dinámica ambiental de la Tierra. (Aguilón Álvarez, 2014: pg. 13).

2.2.1.1. Tipología del Glaciar

En la UNAM específicamente en la Facultad de Geofísica se realizó un estudio para su trabajo “Ambientes Glaciares (2014)” que encontró que la clasificación más fundamental que se basa en su tamaño y su vinculación con la topografía circundante. Los siguientes casos son diferentes:

a) Glaciares de Casquete

Están formados por áreas masivas y continuas de hielo continental que migran en todas direcciones y tienen poco o ningún control topográfico. Se pueden distinguir como plataformas en función de su control topográfico y tamaño, casquetes polares, domos y campos de hielo.

b) Meseta de Glaciares

Son muy similares a los de casquete, pero más pequeños. a menudo se clasifica como un subtipo limitado.

c) Glaciares de Montaña

Acumulaciones de nieve que se restringieron a un relieve mucho más estrecho que los anteriores. Desembocan en el valle desde su nacimiento en la cuenca alpina. Están presentes crestas de hielo, pendientes, circos, piedemonte y glaciares de valle.

d) Campos de Hielo

Su superficie no tiene forma de cúpula como los casquetes polares, y su flujo está controlado por la topografía del terreno que cubren, como es el caso de los Campos de Hielo Patagónico Norte y Sur y en algunos lugares del interior de las Montañas Rocosas canadienses.

e) Glaciares de Valle

En este caso, el hielo atraviesa la topografía en lugar de cubrirla por completo. Están ubicados en regiones montañosas, fijando su residencia en el fondo de algunos valles donde el hielo avanza hasta llegar a regiones más cálidas.

f) Glaciares de Circo

Son pequeños grupos de hielo que residen en circos, que son huecos que se encuentran en lo alto de los valles montañosos. pequeños trozos de hielo que viven en depresiones conocidas como circos y se encuentran en la cima de los valles en regiones montañosas.

g) Glaciares de Pie de Monte

Un glaciar de Alpino es un glaciar grande con forma de manto que se forma frecuentemente cuando varios glaciares alpinos fluyen juntos en un valle en la base de una cadena montañosa. Estos glaciares, que predominan especialmente en Alaska, suelen ser más anchos que largos. El mayor de ellos es el glaciar Malaspina, que cubre 3.900 km².

h) Glaciaciones

Los glaciares existen desde finales del Precámbrico (hace unos 600 millones de años), según un análisis de las rocas. Según los registros descubiertos, los períodos cálidos interglaciares han sido más significativos que los fríos glaciales. Se cree que los cambios en la cantidad de radiación solar que llega a la Tierra son la causa de esta oscilación entre períodos glaciales e interglaciares (Geofísica/UNAM, 2014:27).

i) Glaciares en los Trópicos

Tres continentes (América del Sur, África Oriental y Oceanía) albergan glaciares tropicales. La Cordillera de los Andes, alberga la zona tropical. glaciares que fueron objeto de inventario glaciológico realizado entre 1950 y 1990 (Jordán, 1991; Kaser, 1999). Aproximadamente el 0,3% de las regiones tropicales congeladas todavía están presentes en África Oriental y Oceanía.

En 1990 se predijo que los glaciares tropicales tendrían una superficie de menos de 2.500 km (Káser, 1999). Según los estudios más actuales, la superficie total de los glaciares tropicales en todo el mundo era de 1926 km a principios de la década de 2000 (con una variación significativa del 30% que es representativa en especial para los países latinos (Franco y Vincent, 2007).

2.2.2. Impactos del Cambio Climático en Glaciares Tropicales

Actualmente se está produciendo un importante cambio climático como resultado de una actividad industrial desenfrenada, que eleva el nivel del mar, derrite el hielo y calienta la superficie del océano. (Un panel de expertos en cambio climático) (IPCC, 2013).

Los registros in situ, los inventarios y los datos de teledetección muestran que las masas de glaciares del mundo están disminuyendo continuamente. Se ha demostrado que los glaciares tropicales son extremadamente sensibles a los cambios climáticos. El efecto más destacado es la reducción del suministro de agua de los glaciares. (Drenkhan et al., 2015)

2.2.3. Consecuencias del retroceso glaciar en los Andes

Se ha visto que el retroceso de los glaciares de los Andes tiene varios efectos negativos, incluida una reducción en la cantidad de agua disponible para el consumo humano, una reducción en la cantidad disponible para energía hidroeléctrica, industria y agricultura, y la creación de desastres naturales debido a las lagunas glaciares. tienen el potencial de drenar abruptamente y causar inundaciones. (Schauwecker et al., 2014)

Avalanchas, flujos glaciares, aluviones y GLOF (inundaciones repentinas de lagos glaciales) son algunos de los peligros asociados con el retroceso de los glaciares que pueden dañar a las poblaciones y los ecosistemas (Richardson et al., 2000). Estos movimientos de masas pueden transportar escombros, lo que tiene consecuencias geomorfológicas. (Adam et al., 2014).

2.2.4. Clima en los andes tropicales

A. Variación espacial y temporal de la temperatura

Según estudios, los Andes tropicales están experimentando una tendencia de aumento de temperaturas que varía según la altitud y se extiende desde +0,1 °C/década hasta +0,42 °C/década (Vuille et al., 2008). A 5000 metros sobre el nivel del mar, Vicente-Serrano et al. (2017) encontraron que la temperatura máxima aumentaba 0,4 °C cada década. Racoviteanu et al. (2008), por otro lado, mostraron un aumento de magnitud en la precipitación de +0,92 °C/década a una altitud de 3000 msnm y de +0,34 °C/década a una altitud de 4100 msnm a elevaciones de 3000 y 4100 metros sobre el mar. nivel.

2.2.5. Aspectos generales de los glaciares de Los andes tropicales

2.2.5.1. Características Geográficas Generales

El glaciar que se distribuye en la zona tropical en elevaciones elevadas (>4600 m.s.n.m.). A una temperatura de 0°C cada año, que suele oscilar entre los 4800 m.s.n.m. y 5000 m.s.n.m., su índice inferior mas bajo es muy cercano a la altura a la que la precipitación cambia de fase y se solidifica, o alrededor de la isoterma. Este límite varía ligeramente con la altitud y la fluctuación estacional de la isoterma es mínima. Los glaciares tienen un tamaño de sólo 2,5 a 0,5 km, lo que es más pequeño que el de los Alpes (de 5 a 10 km) o, más significativamente, que los glaciares del Himalaya (de 10 a 20 km²). Sin embargo, la controversia con el glaciar de otros lugares es que la mayoría de estos tienen una diferencia de elevación menor entre su frente y el punto más alto de su zona de ablación (-500 m). (Soruco, 2012:23)

Aunque estos glaciares pueden alcanzar alturas de más de 6000 metros sobre el nivel del mar, su altura típica está entre 5200 y 5400 metros. Se clasifican como glaciares mixtos en cuanto a altitud; hace frío incluso por encima de los 5800-6000 m.s.n.m. y templado por debajo de ese rango (Soruco, 2012). La temperatura media de la atmósfera sobre los trópicos, que cae por debajo de -60°/-80°C cerca de los 6000 m.s.n.m., está correlacionada con la temperatura

interna de los glaciares. La filtración de agua derretida en la superficie que se congela en las profundidades también puede afectar la temperatura de un glaciar. (Soruco, 2012:23)

2.2.5.2. Características Glaciológicas

El coeficiente de actividad, o gradiente vertical del balance de masa ($\Delta b/\Delta z$), es una de las descripciones más notables de la mayoría de los glaciares. Este gradiente muestra cómo cambia el balance de masa en relación con la altura. El coeficiente de actividad de los glaciares tropicales es débil en elevaciones altas y prominente en elevaciones bajas. La altura a la que el balance de masa es igual a cero se conoce como altitud de la línea de equilibrio (ELA).

El glaciar está dividido por dos regiones con características opuestas por esta línea. La zona de acumulación, que es el área más alta por encima de la altura de la línea de equilibrio, tiene un balance de positivo (el glaciar gana más masa de la que pierde), mientras que la zona de ablación es la altitud más baja, donde ocurre lo contrario (equilibrio de masa negativo). La línea de equilibrio sube o baja en altitud en respuesta a cambios en el equilibrio de masa. Actualmente, la altura de la Línea de Equilibrio suele estar entre 5100 y 5300 metros sobre el nivel del mar en los glaciares andinos tropicales húmedos; sin embargo, algunos glaciares que han experimentado un equilibrio extremadamente nocivo en los últimos años tienen una altura de línea de equilibrio incluso mayor en sus picos. A menos que haya nevadas durante este tiempo, la línea de equilibrio altitudinal y la línea de nieve real al final del año hidrológico se confunden con frecuencia. (Ramírez, 2001).

2.2.5.3. Características Morfo-Glaciológicas

El desarrollo de formas glaciares específicas se ve favorecido por la inclinación del sol, las peculiaridades de la atmósfera y el rango de altitudes de los glaciares tropicales (> 4600 m.s.n.m.). Los penitentes y las flautas de hielo (a veces conocidas como flautas de hielo) son las dos variedades principales. Ha descrito algunas de estas variedades durante sus viajes al Perú. Los penitentes de nieve/nieve/hielo en forma de aguja o de hoja están orientados según el ángulo con el que incide la radiación solar. En el Ecuador, los penitentes están perpendiculares a una superficie horizontal, mientras que en Bolivia es típico un ángulo de 90° a 60°. Estas agujas son el resultado tanto de la fusión como de la sublimación. Debido a una fusión en la base de las protuberancias y una sublimación dominante sobre ellas, su creación puede extenderse desde unos pocos centímetros hasta unos decímetros, o incluso unos pocos metros. Para su producción son necesarias una intensa radiación solar, períodos sin precipitaciones importantes y un derretimiento restringido. A primera vista, el campo de nieve parece uniforme.

Este paisaje nevado siempre presenta heterogeneidades a escala microscópica, como una distribución aleatoria del relieve y del polvo. La radiación solar se absorbe de forma variable en la superficie del campo de nieve como resultado de estas heterogeneidades: la radiación es absorbida por las partículas de polvo oscuras atrapadas en la nieve y se concentra en las cavidades debido a los microrreflejos en las paredes, que tienden a exagerarlas. Unos días más tarde, el campo nevado muestra una serie de colinas y cavernas colocadas al azar. Los vacíos se magnifican como resultado de que los rayos del sol continúan concentrándose allí y acumulando partículas de polvo. Los cerros reflejan eficientemente la luz del sol y están limpios (blancos). Las colinas crecen hasta una altura de una a muchas decenas de cm después de una semana o dos sin precipitaciones. Hay un comienzo de organización entre los penitentes a medida que algunas colinas eventualmente se unen para convertirse en una sola. (Soruco, 2012).

2.2.6. El Cambio Climático en la Región Andina

El proceso principal del cambio climático es el aumento de la temperatura, que afecta directamente muchas facetas de nuestra naturaleza climática, especialmente en las diversas condiciones de la hidrología. Este proceso da como resultado cambios en el régimen de precipitaciones, la formación de nubes (que pueden exacerbar el efecto invernadero), el derretimiento de la masa de hielo, la intensidad del viento, el nivel del mar y la aparición de eventos extremos. (Hoffman y Requena, 2012: 25). Estos cambios afectan tanto a los ecosistemas del mundo como a las actividades humanas que dependen de ellos. Sin embargo, el calentamiento global no se manifiesta en todas partes de la Tierra.

Las tendencias geográficas indican que el interior de grandes regiones terrestres y zonas altas está experimentando un mayor aumento de temperatura. En particular, la superficie terrestre experimenta un aumento que es aproximadamente el doble que el promedio mundial, particularmente en el interior de los continentes (IPCC, 2007:749; New et al., 2011). En el Ártico, donde el calentamiento es aproximadamente tres veces mayor que el promedio mundial, este fenómeno es mucho más notorio.

En regiones con elevaciones más altas, como los Andes, donde el aumento de temperatura es más notorio debido a la altura, se observa un patrón similar. Mediciones recientes en los Alpes y las Montañas Rocosas dan fe del aumento significativo de las temperaturas a gran altitud. Por ejemplo, se ha descubierto que en los últimos 30 años la temperatura en los Alpes suizos ha aumentado el doble que en las tierras bajas. (Hoffman y Requena, 2012).

La región de los Andes se encuentra entre las más sensibles a los efectos del cambio climático, a pesar de tener mínimas emisiones de gases de efecto invernadero. Los Andes centrales son extremadamente vulnerables debido a la extrema pobreza de sus habitantes, además de la susceptibilidad de sistemas andinos y de la amazonia. La Comunidad Andina de Naciones (CAN), compuesta por Bolivia, Ecuador, Perú y Colombia, publicó en 2007 una investigación sobre los efectos del cambio climático en la región. Los estudios se centraron en la pobreza que afecta a más del 50% de la población y el derretimiento de los glaciares. Estos factores aumentan el riesgo para el ecosistema restringir a la población severamente su capacidad de adaptarse al cambio climático. (Hoffman y Requena, 2012: 32).

a) El Fenómeno Climático

El fenómeno "El Niño", a veces denominado Oscilación del Sur "El Niño" (ENSO), es uno de los eventos climáticos más comunes en los Andes y a lo largo de la costa occidental de América. Se trata de un fenómeno climático natural que tiene una gran influencia en la región del Océano Pacífico. Comienza en el Pacífico oriental, cerca del ecuador, cuando los mares se calientan anormalmente debido a la disminución de la fuerza de los vientos alisios. (P.N.U.D. Bolivia, 2011).

La frecuencia de las ocurrencias de ENSO varía de 2 a 7 años, y dura de 12 a 18 meses, con diferentes intensidades. Los principales efectos climáticos relacionados con ENSO en Bolivia están estrechamente relacionados con "El Niño" y su fase fría, "La Niña". En general, "El Niño" reduce las precipitaciones en el occidente del país y las aumenta en el oriente. Las prolongadas sequías que azotaron el oeste de Bolivia en 1982-1983 y 1997-1998 son dos ejemplos de los efectos del ENSO que aún están vivos en la memoria común de los bolivianos. (P.N.U.D. Bolivia, 2011).

Desde el punto de vista científico, todavía hay dudas sobre cómo el cambio climático puede afectar la aparición y gravedad de "El Niño" y "La Niña". Aunque ciertas investigaciones indican que la frecuencia de "El Niño" ha aumentado desde finales del siglo XX, al examinar sus patrones a lo largo de los siglos, todavía se considera que este aumento se encuentra dentro de los rangos normales. Sin embargo, algunos investigadores señalan que puede haber una tendencia a que estos fenómenos se vuelvan más intensos, lo que podría empeorar en las próximas décadas como consecuencia incremento de la temperatura a nivel Global. (P.N.U.D. Bolivia, 2011).

b) El Acelerado Retroceso de los Glaciares Tropicales

Los viajes de Hans Kinzl a la Cordillera Blanca, Perú, en la década de 1930 proporcionaron las primeras observaciones glaciológicas en los trópicos andinos (Francou y Vincent, 2007). Sin embargo, el establecimiento de bases de datos continuas de los glaciares tropicales andinos tuvo que esperar hasta la década de 1970, después de una serie de desastres glaciares en Perú que mataron a más de 50.000 personas entre 1940 y 1970 (Hastenrath y Ames, 1995a; Hastenrath y Ames, 1995). Aunque las observaciones continuas de estos equilibrios no comenzaron hasta 1991, estas bases de datos incluyen principalmente mapas de frentes glaciares y estimaciones de balances de masa. Esto es relativamente reciente en comparación con los Alpes, donde los registros del glaciar Clariden en Suiza, la serie de mediciones más antigua del mundo, se remontan a 1914. (Vincent et al., 2004).

Se observó un importante retroceso de los glaciares en los Andes tropicales entre las décadas de 1930 y 1940 en Perú, y luego, entre las décadas de 1950 y 1975/1980, hubo un período de estancamiento y avance modesto. El retroceso de los glaciares ha persistido desde entonces (Francou y Vincent, 2007). Estos hallazgos se basan en la medición de los frentes glaciares y la pérdida de superficie en las zonas de ablación de algunos glaciares, lo que ha permitido documentar los cambios continuos de estos frentes a lo largo del tiempo.

Los glaciares andinos se redujeron drásticamente entre 1976 y 1997; por ejemplo, la superficie del Cotopaxi se redujo en un 30% (de 21,2 km² a 14,6 km²). Ambos glaciares de Bolivia, Perú y Ecuador se han visto afectados por este fenómeno, lo que indica una reacción compartida al cambio climático regional en los trópicos durante la segunda mitad del siglo XX (Francou y Vincent, 2007). Los comportamientos comparables de estos glaciares parecen ser un reflejo de su vulnerabilidad común al cambio climático andino, particularmente en las regiones tropicales.

2.2.7. Teledetección

Sobrino (2000) define la teledetección como la ciencia que nos ayuda a compilar datos de la zona superficial de los suelos a una cierta distancia, sin embargo, este factor debe contener la mayor cantidad de información posible. Por otro lado, el manejo mediante programas como el QGIS de estas áreas involucra muchas de las actividades que se desarrollan posterior a la toma de imágenes es muy importante a la hora de la toma de decisiones. No obstante, los beneficios de la observación espacial por satélite (es decir, la cobertura integral y mundial de la superficie de la Tierra, la observación no destructiva a múltiples escalas y la cobertura

repetida) han impulsado la creación y aplicación de este tipo de productos de observación. manera metódica (p.58).

Dado que la teledetección es un método que no implica contacto directo con el objeto, Pérez, Gutiérrez y Muñoz (2006) la definen como una técnica que intenta capturar, procesar y evaluar imágenes digitales tomadas desde satélites artificiales. La radiación electromagnética, que puede ser emitida por el objeto o provenir de otro cuerpo y ser reflejada por él, es necesaria para que la información se transmita entre el sensor y el objeto. Todos los cuerpos u objetos, incluidos los planetas, los seres vivos y los objetos inanimados, emiten radiación electromagnética. Su temperatura determina esencialmente el tipo y la cantidad de radiación que liberan. (p.25).

2.2.7.1.Las Ondas electromagnéticas

Los aparatos oculares de los seres vivos son considerados como un tipo de sensor remoto muy eficaz a la hora de detectar la luz reflejada por los objetos de nuestro entorno. Sin embargo, la visión humana sólo puede ver una pequeña porción del espectro electromagnético (el espectro visible). (García, Brondo y Pérez 2012),

Tabla 1.

Características de la región espectral

Región espectral (bandas)	Longitud de onda (λ)	Características
Rayos gamma	< 0.03 nm	Radiación completamente absorbida por las capas superiores de la atmosfera. No se usa en teledetección.
Rayos X	0.03 – 30 nm	Radiación completamente absorbida por la atmosfera. No se usa en teledetección.
Ultravioleta	0.03 – 0.4 μ m	La radiación con $\lambda < 0.3 \mu$ m es completamente absorbida por la capa de ozono.
Visible (azul, verde y rojo)	0.4 – 0.7 μ m	Se puede detectar a través de fotodetectores y películas fotosensibles normales (color y B/N).
Infrarrojo próximo	0.7 – 1.3 μ m	Discrimina masas vegetales y concentraciones de humedad.
Infrarrojo medio	1.3 – 8 μ m	Estimación del contenido de humedad en la vegetación y detección de foco de alta temperatura
Infrarrojo térmico	8 – 14 μ m	Detecta el calor proveniente de la mayor parte de la cubierta terrestre.
Micro – Ondas	0.1 – 100 cm	Radiación de grandes longitudes de onda, capaces de penetrar nubes, nieblas y lluvia.
Ondas de radio	>100 cm	Radiación con las mayores longitudes de onda del espectro. Usadas en telecomunicaciones

Nota: características y longitud de bandas Bravo Morales (2017) (p.44).

Existen numerosos tipos de radiación electromagnética, siendo la luz visible solo uno de ellos. Por tanto, otros tipos comunes incluyen el calor, los rayos ultravioleta, las ondas de radio y los rayos X. Caracterizar las ondas electromagnéticas por su longitud de onda en

micrómetros (μm , 10 m) o nanómetros (nm, 10 m), es decir, por su posición dentro del espectro electromagnético, es una práctica estándar en teledetección. Esto define varias áreas del espectro. Sin embargo, estas zonas reciben otros nombres (ultravioleta, visible, infrarroja, microondas, etc.) por conveniencia. Los satélites de teledetección están equipados con sensores que pueden detectar y registrar la radiación desde las porciones ultravioleta hasta las microondas del espectro electromagnético. (p.38).

2.2.8. Firma espectral

Según la NASA (2007), cada material tiene una firma espectral distinta que puede utilizarse para la categorización de materiales. Esta firma es la reflectancia en función de la longitud. (p. 5).

2.2.8.1. Tipología de los sensores

Los sensores son categorizados según el lugar donde se recibió la señal. La base de los sensores pasivos es la localización de las propiedades del sistema visible que sean reflectantes ; es decir, estos registran la radiación que emite el diversos elementos presentes en nuestra naturaleza o simplemente la refracción de la luz. Los sistemas de vídeo, radiómetros y cámaras son algunos ejemplos de este tipo de sensores. (Chuvieco, 2008),.

2.2.8.2. Sensores pasivos

Sólo pueden detectar energía electromagnética liberada por la superficie terrestre a causa de la temperatura determinada o ala refracción de la energía solar. Normalmente, este tipo de sensor se clasifica según cómo recibe la radiación de las cosas. Los sensores fotográficos (como las cámaras) son el primer tipo, seguidos de los sensores ópticos electrónicos (como las cámaras vidicon y los escáneres de barrido y empuje) y los sensores de antena (como los radiómetros de microondas). (Mora, 2007),

Un escáner es el instrumento más utilizado para la teledetección espacial. Normalmente, se trata de escáneres multiespectrales que proporcionan mediciones simultáneas de brillo para varias longitudes de vibración. Pueden investigar una franja de tierra a ambos lados de la trayectoria del satélite, ya que están compuestos por un espejo móvil que oscila perpendicularmente a la dirección de viaje del satélite. Aunque la información se muestra ocasionalmente en formato fotográfico, no podemos hablar de fotografías porque estos sensores convierten una señal analógica (la radiación recibida) en un valor digital. En cambio, debido a su estructura básica, podemos hablar de imágenes digitales. Dados los coeficientes de calibración del sensor y los ajustes de adquisición, los valores numéricos (ND) se pueden

convertir una vez más en niveles de reflectividad o temperatura. Estos sensores permiten tanto una medición física como una representación visual de la superficie que están observando. (p.56).

2.2.9. Sensores activos

Estos sensores tienen la capacidad de crear un haz de energía, que luego se recoge después de reflejarse en la superficie a estudiar (Mora, 2007). Mayormente se usa el RADAR, que opera alrededor de 0.1 a 1m, este es un radiómetro de microondas. LIDAR libera pulsos de luz polarizados entre ultravioleta e infrarrojo cercano. Hasta hace unos años, los sensores Lidar más populares se utilizaban para investigar las condiciones atmosféricas, incluida la detección de aerosoles y otros contaminantes del aire, la medición de la humedad, la presión del aire, la temperatura y la velocidad del viento. (p.58).

2.2.9.1.Sistema del sensor con resolución

Lillesand (2000) afirma que la resolución de un sensor está determinada por su capacidad para capturar datos detallados de varias cubiertas. El número y ancho de las bandas que los sensores pueden detectar, los detalles espaciales que pueden registrar y su capacidad para discriminar entre cambios en la energía electromagnética afectan la resolución. (p.45).

2.2.9.2.Resolución espacial

Un sensor con una distancia que sea angular o lineal más baja puede medir el área superficial terrestre que muchos autores lo describen como resolución espacial y está representada por un píxel (García, Brondo y Pérez, 2012). La unidad más pequeña en una imagen de computadora se llama píxel. Dado que el píxel suele tener forma cuadrada, la resolución espacial del sensor se determina midiendo la longitud del suelo en un lado del píxel. (p.65).

2.2.9.3.Resolución espectral

El ancho y la cantidad de bandas espectrales que el sensor puede distinguir, según Lillesand (2000). A medida que aumente esta resolución, estará disponible información sobre cómo se comporta las distintas coberturas de cualquier índole y en varias bandas espectrales, lo que promueve la categorización de las distintas coberturas y cuanto más coherente sea la información recopilada, más estrechas serán estas bandas. La diferencia espectral entre coberturas de interés puede quedar oscurecida por el valor medio registrado por bandas muy anchas. (p.46).

2.2.10. Resolución radiométrica

Dado que ambos están relacionados con el contraste, García, Brondo y Pérez (2012) afirman que la resolución radiométrica en fotografías muchas veces computarizadas que es similar al número de tonos en escala de grises en una fotografía que es monocromática. Dado nuestro aparato ocular puede distinguir entre unos 30 tonos de gris, las fotografías digitales suelen contener menos información visual de la que realmente contienen. El número máximo de niveles digitales que un sensor puede detectar está definido por la resolución radiométrica, aunque las imágenes fidedignas normalmente no compromete todos los datos y, por lo general, no hay alteraciones significativas simultáneas. (p.66).

2.2.11. Imágenes satelitales

Cada celda de las matrices que componen las imágenes de satélite representa un píxel y el tamaño de cada píxel está determinado por la resolución espacial del sensor. Según los intervalos de longitud de onda que el sensor está diseñado para detectar, los sensores registran la radiación electromagnética que se origina en las distintas coberturas y la almacenan en cada píxel. Cada píxel representa esta energía electromagnética añadiendo un tono a un valor digital. Nivel Digital (ND) es el nombre que se le da a este número. La resolución radiométrica del sensor determinará cuántos niveles digitales se pueden mostrar. (Lillesand (2000),. p.68).

1.1.1. Programa landsat

Lillesand (2000) describe el programa Landsat como un conjunto de misiones satelitales para la observación de la Tierra operadas conjuntamente por el Servicio Geológico de Estados Unidos y la NASA. Una serie de satélites que han recopilado continuamente datos de sensores remotos desde el espacio comenzaron hace 5 décadas con el primer lanzamiento del ERTS-1 (Tecnología de Recursos Terrestres por Satélite, más tarde llamado Landsat 1). (p. 76).

Tabla 2.

Tiempo de operatividad de los satélite Landsat

Satélite	Fecha de lanzamiento	Fin de operación
Landsat 1	23-07-1972	05-01-1978
Landsat 2	22-01-1975	27-07-1983
Landsat 3	05-03-1978	07-09-1993
Landsat 4	16-06-1982	14-12-1993
Landsat 5	01-03-1984	30-11-2011
Landsat 6	03-10-1993	Lanzamiento fallido
Landsat 7	15-04-1999	Activo
Landsat 8	11-02-2013	Activo

Nota: Fecha de lanzamiento y periodo de operación de los satélites Landsat Morales (2017) p.76

2.2.12. Tipo de sensor

▪ Satelite landsat 1, 2 y 3 MSS

Reuter (2009) afirma que LANDSAT-1, 2 y 3 se lanzaron en 1972, 1975 y 1978, respectivamente. Tras un fallo de un sensor, LANDSAT-1 fue dado de baja en 1978, y LANDSAT-2 y 3 también fueron dados de baja. En 1983 dejaron de comunicarse. Estos satélites llevan los mismos sensores y esencialmente tienen los mismos parámetros orbitales. Con períodos de 103 minutos, ambas naves espaciales se encuentran en órbitas casi polares sincrónicas con el sol con un ángulo de inclinación de aproximadamente 99°.

▪ Satélite landsat 4,5

La NOAA (Administración Nacional Oceánica y Atmosférica) de Estados Unidos se le ha encomendado la tarea de implementar un sistema de detección remota que funcione (Reuter 2009). El mandato de la NOAA produjo LANDSAT-4 y LANDSAT-5. La NASA ha sido responsable del desarrollo de los propios sistemas. En 1982 y 1984, respectivamente, se lanzaron LANDSAT-4 y LANDSAT-5. Tienen un periodo de 98,5 minutos y un ángulo de inclinación de 98,3°. Con 2.752 kilómetros entre trayectorias, los satélites giran entre 14 y 15 veces al día. Cada dieciséis días cruzan el mismo camino. Los RBV se han eliminado en favor de una nueva generación de MSS conocida como Mapeadores temáticos, que es la primordial distinción entre LANDSAT-4 y 5 y LANDSAT anteriores. (TM). (p.35)

Tabla 3.

Múltiples descripciones de la imagen Landsat 4 y 5

	Banda	Longitud de onda (micrómetros)	Resolución (metros)
Landsat 4-5 Thematic Mapper (TM)	1. Azul	0.45 - 0.52	30
	2. Verde	0.52 - 060	30
	3. Rojo	0.63 - 0.69	30
	4. Infrarrojo cercano (NIR))	0.76 - .090	30
	5. Onda corta infrarroja (SWIR) 1	1.55 – 1.75	30
	6. Thermal	10.40 – 12.50	120.* (30)
	7. Onda corta infrarroja (SWIR) 2	208 -235	30

Nota: Características de longitud de onda y resolución del Landsat 4-5. Bravo-Morales (2017)

▪ **Imagen operacional de la tierra (OLI) y sensor térmico infrarrojo (TIRS) – landsat 8**

Bravo Morales (2017) afirma que el satélite LandSat 8 es un ejemplo de este tipo de sensores. Las imágenes constan de nueve bandas espectrales, que van desde la Banda 1 hasta las Bandas 7 y 9, con un alcance espacial de 30 metros. Los aerosoles y los estudios costeros se benefician del uso de la banda ultra azul 1. La banda 9 se puede utilizar para identificar cirros. La banda 8 (pancromática) tiene una resolución de 15 metros. Las bandas térmicas 10 y 11, que se reúnen a 100 metros, son útiles para proporcionar temperaturas superficiales más precisas. La escena tiene una longitud aproximada de 170 km de norte a sur y 183 km de este a oeste.

Tabla 4.
Características de la imagen Landsat 8

	Banda	Longitud de onda (micrómetros)	Resolución (metros)
Landsat 8 Operativa Image Tierra (OLI) y Térmica Infrarrojo del sensor (SITR)	1. Ultra azul (costero/aerosol)	0.43 - 0.55	30
	2. Azul	0.45 - 0.51	30
	3. Verde	0.53 - 0.59	30
	4. Rojo	0.64 - .067	30
	5. Infrarrojo cercano (NIR)	0.85 - 0.88	30
	6. Onda corta infrarroja (SWIR) 1	1.57 - 1.65	30
	7. Onda corta infrarroja (SWIR) 2	02.11 -02.29	30
	8. Pancromática	0.50.- 0.68	15
	9. Cirrus	1.36 - 1.38	30
	10. Infrarrojo térmico (SITR) 1	10.60 - 11.19	100 *(30)
	11. Infrarrojo térmico (SITR) 2	11.50 - 12.51	100 *(30)

Nota: Características de longitud de onda y resolución del Landsat 8 Morales (2017) p. 68.

2.2.13. USGS (United States Geological Survey)

Durante los siguientes 120 años, el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) ha madurado, alineando su experiencia y capacidades con los avances científicos y tecnológicos (USGS, 2001). Como una sola agencia en materia de investigación científica de los EE.UU., el USGS es notable en la actualidad. Debido al dominio de esta institución antes mencionada y su extensa base de datos en los campos de la biología y la geología, miles de agencias y clientes tienen fe en ella. El detalle sobre la obtención de las características de cómo se debe resolver problemas complicados de recursos naturales en los EE. UU. y en el extranjero, el USGS es la organización científica a la que acudir. (p.31).

2.3. Definición de términos básicos

- **Temperatura**

En grados Celsius (°C) o Fahrenheit (°F), es una medida del calor o energía térmica de un objeto o ambiente. En el estudio de la climatología y el comportamiento de los sistemas naturales y artificiales, la temperatura es una variable clave.

- **Nubosidad**

Es la cantidad y tipo de nubes que hay en el cielo en un momento determinado. La distribución de las precipitaciones y la intensidad de la radiación solar que llega a la superficie terrestre son dos ejemplos de cómo la nubosidad influye en variables climáticas como la temperatura y la radiación solar.

- **Nevado**

La frase se refiere a una montaña o cima que está cubierta de nieve de forma continua o regular en geografía y meteorología. Los "nevados" son picos de los Andes que retienen nieve o glaciares durante todo el año.

- **Landsat**

La NASA y el Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS) están a cargo de este grupo de misiones de satélites de observación de la Tierra. Los satélites Landsat han tomado imágenes de alta resolución de la superficie de la Tierra desde 1972. Estas fotografías se utilizan para rastrear los cambios en el medio ambiente, las ciudades y el clima.

- **Teledetección**

Es la práctica de utilizar sensores en satélites o aviones que registran datos en varias longitudes de onda del espectro electromagnético para aprender más sobre objetos o regiones de la superficie terrestre sin entrar en contacto directo con ellos.

- **Percepción remota**

Es una frase que es intercambiable con teledetección. Describe el proceso de recopilación de datos sobre la superficie de la Tierra a distancia utilizando dispositivos como cámaras, radares o sensores que frecuentemente se instalan en satélites o aviones.

- **Índices ambientales**

Estas métricas evalúan la condición de un ecosistema o los efectos de la actividad humana en el medio ambiente combinando varios factores ambientales (como la temperatura, la vegetación y la calidad del aire). Estos índices ayudan en la interpretación de la salud y los patrones de los sistemas naturales.

- **Corrección geométrica**

Implica corregir distorsiones espaciales en imágenes aéreas o de satélite para que la imagen alineada coincida con las verdaderas coordenadas geográficas de la superficie de la Tierra. Para comparar fotografías tomadas en distintos momentos y realizar análisis precisos, esto es necesario.

- **Corrección radiométrica**

Para rectificar las diferencias en los niveles de radiación reflejada o emitida causadas por condiciones atmosféricas o errores de los sensores, se deben ajustar las imágenes de satélite. Este procedimiento garantiza que los datos representen con precisión la reflectancia de la superficie de la Tierra.

- **Combinación de bandas espectrales**

Es el proceso de resaltar aspectos particulares de la superficie de la Tierra mezclando varias bandas espectrales de imágenes de satélite. Esta combinación se emplea en estudios de plantas, suelo, agua y nieve porque nos permite ver detalles que no serían evidentes en fotografías capturadas con luz visible.

- **Bandas espectrales**

Se trata de intervalos particulares del espectro electromagnético que son captados por sensores satelitales. Al recopilar información en varias longitudes de onda (como visible, infrarrojo o ultravioleta), cada banda permite la detección de características particulares de los objetos terrestres.

- **Índice Diferencial Normalizado de Nieve (NDSI)**

Este índice, que se deriva de la reflectancia en bandas espectrales particulares, llama la atención sobre regiones de imágenes de satélite que están cubiertas de nieve. Los estudios sobre recursos hídricos y clima pueden beneficiarse de la capacidad del NDSI para rastrear la capa de nieve en muchas ubicaciones geográficas.

- **Correlación**

Es una métrica utilizada en estadística que cuantifica el grado y la dirección de un vínculo entre dos variables. Se utiliza un coeficiente que oscila entre -1 y 1 para cuantificar la correlación; los valores cercanos a 1 o -1 denotan un vínculo fuerte (positivo o negativo), mientras que los valores alrededor de 0 denotan la falta de una relación significativa.

2.4.Hipótesis de la investigación

2.4.1. Hipótesis General

- Existe impacto del porcentaje de nubosidad y variación de la temperatura en el Nevado Huaytapallana, Región Junín, periodo 1985 – 2022.

2.4.2. Hipótesis Especifico

- a. Existe variaciones superficiales en el Nevado Huaytapallana en la Región Junín, periodo 1985 – 2022.
- b. Existe impacto del porcentaje de nubosidad en el Nevado Huaytapallana en la Región Junín, periodo 1985 – 2022.
- c. Existe impacto de la variación de la temperatura en el Nevado Huaytapallana en la Región Junín, periodo 1985 – 2022.

2.5.Operacionalización de las variables

Tabla 5.

Operacionalización de las variables

VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADOR	ESCALA	INSTRUMENTO	FUENTE
Área Glaciar	Superficie Glaciar	Área cubierta por el glaciar	Kilómetros cuadrados (km ²)	Imágenes satelitales, software de análisis geoespacial (Ej. GIS)	Datos históricos de monitoreo anual (dentro del área de Conservación Regional Huaytapallana)
	Desglaciación	Variación porcentual anual	Porcentaje (%)	Imágenes satelitales, reportes de monitoreo glaciar	
Nubosidad	Intensidad de Nubosidad	Porcentaje de cielo cubierto	Escala de porcentaje (0-100%)	Imágenes satelitales, registros meteorológicos históricos. Imágenes satelitales, estaciones meteorológicas. Estaciones meteorológicas, bases de datos climatológicas	Registros diarios de meteorología (dentro del área de Conservación Regional Huaytapallana)
Temperatura	Temperatura media	Temperatura media anual	Grados Celsius (°C)	Estaciones meteorológicas, sensores de temperatura. Estaciones meteorológicas, datos satelitales	Registros anuales (dentro del área de Conservación Regional Huaytapallana)

CAPÍTULO III

DISEÑO METODOLÓGICO

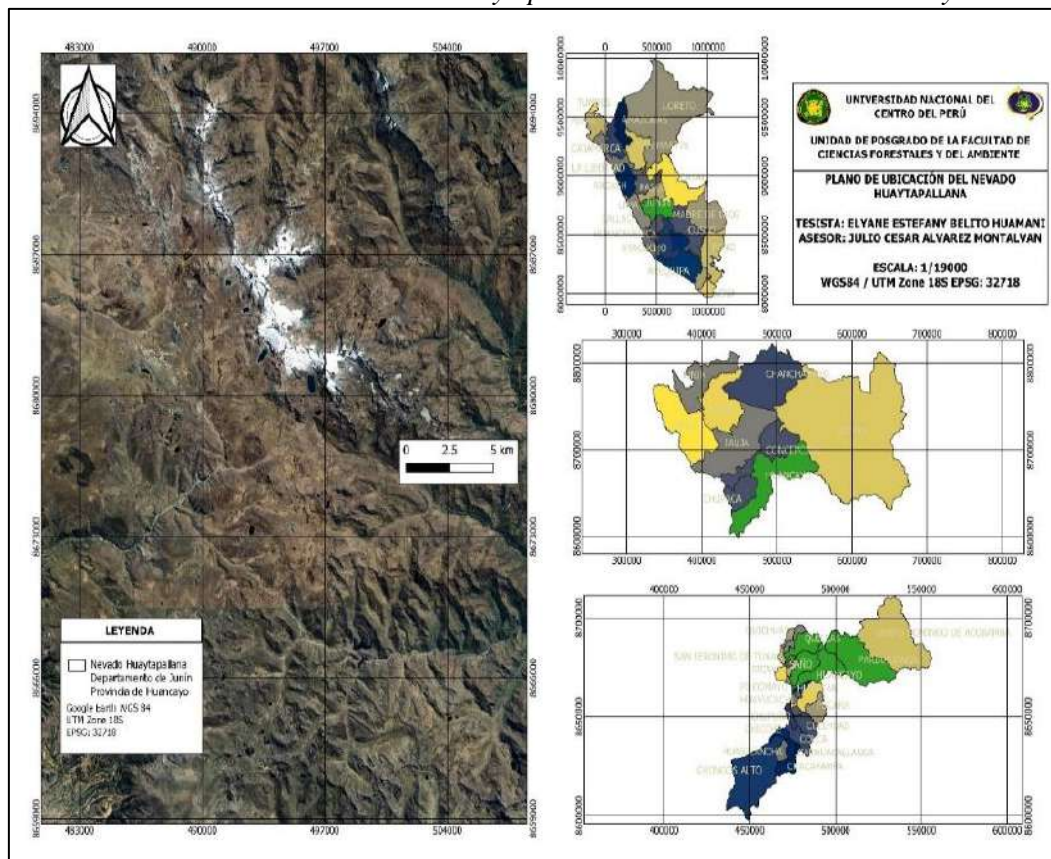
3.1.Ámbito de estudio

A. Información básica del Nevado Huaytapallana

El tamaño total del Área de Conservación Regional Huaytapallana es de 22.406,52 hectáreas. Los Andes Centrales peruanos albergan la ACR Huaytapallana. En términos políticos comprende: Distritos: Huancayo, El Tambo, Pariahuanca, Quilcas y Pariahuanca; Provincias: Huancayo y Concepción; Región: Junín (Plan Maestro del ACR Huaytapallana, 2021)

Figura 1.

Plano N° 1 de ubicación del Nevado Huaytapallana de la Provincia de Huancayo



Nota: Ubicación del Nevado Huaytapallana en una escala de 1/190000

B. Accesibilidad

El acceso a la cordillera del Huaytapallana desde Huancayo se realiza a través de una trocha carrozable de 29 km, que toma alrededor de 2 horas y atraviesa zonas pobladas como Palian, Uñas, Vilcacoto, Cochabamba, Chamisería, Acopalca y Virgen de las Nieves. Desde este último punto, el camino continúa hacia el norte, pasando por lagunas y montañas, hasta llegar a la laguna Lasuntay, ubicada a 4651 m.s.n.m. (Plan Maestro del ACR Huaytapallana, 2021)

C. Clima

Tabla 6.

Clima del Nevado Huaytapallana

Sim - Clim	Des – Clima	Area Ha	Area Km	Pp - mm	T° - C°
B (o,i) C H3	Clima lluvioso, frío y húmedo, seco en otoño e invierno	39170254.5	3917.02	750	14
B(i) D' H3	Clima lluvioso semifrío, seco en otoño e invierno	18484914.5	1848.94	750	4.5

Nota: Clima del Nevado Huaytapallana (Plan Maestro del ACR Huaytapallana, 2021)

D. Geología y Geomorfología

Tabla 7.

Descripción Geológica del Nevado Huaytapallana

Descripción Geológica	Descripción
Depósitos glaciares	Depósitos de glaciares también se denominan depósitos morrénicos y están compuestos por trozos de roca subarrendados de diferentes tamaños rellenos de limo arcilloso o arenoso poco a moderadamente cementados. Estos depósitos, en particular los situados por encima de los 4.000 metros sobre el nivel del mar, están vinculados a antiguos centros glaciares del Pleistoceno.
Depósitos Fluvioglaciares	Sedimentos semiestratificados y de origen a medio camino entre glaciar y aluvial. Contienen materiales finos como limo, arena y grava y se correlacionan con antiguos frentes de derretimiento de los glaciares. En estos depósitos se ven con frecuencia humedales.
Grupo Ambo	Las lutitas de color gris a negro se alternan con cuarcitas compactas y areniscas de grano fino de color marrón a gris. A diferencia del grupo subyacente, presenta una topografía abrupta con escarpes.
Grupo Copacabana	Capas de lutitas calcáreas y margas arenosas intercaladas con una secuencia de calizas micríticas fosilíferas, cremas y grises. Adquiere relieve kárstico y una morfología repentina. Fue depositado en aguas poco profundas en un ambiente marino.
Grupo Excelsior	Areniscas esquistosas, filitas negruzcas y lutitas pizarrosas que fueron impactadas por metamorfismo regional. Tiene núcleos anticlinales más gruesos con vetas y lentes de cuarzo. Rocas que están fuertemente plegadas como resultado de la primera fase de la tectónica hercínica.
Grupo Mitu	Las areniscas y conglomerados rojos constituyen la parte inferior de este grupo de origen continental, mientras que las rocas volcánicas verdosas o violetas constituyen la parte superior. La segunda fase de la tectónica hercínica afecta a todo el grupo.
Grupo Pucara	Calizas dolomíticas, margas, areniscas calcáreas y lutitas se encuentran dispersas a lo largo de la secuencia de capas delgadas y medias de calizas de

	color gris claro. Además, presenta intercalaciones volcánicas de traquita y basalto.
Grupo Tarma	La secuencia del Grupo Tarma de lutitas, limolitas y areniscas cuarzosas o feldespáticas de color gris oscuro que se alternan con margas y calizas. Las areniscas de grano fino presentan estratificación cruzada en determinados horizontes. Fue depositado en un ambiente marino poco profundo, alejado de la costa, y presenta un relieve que va del suave al rugoso.

Nota: Descripción Geológica del Nevado Huaytapallana (Plan Maestro del ACR Huaytapallana, 2021)

3.2. Tipo y nivel de investigación

3.2.1. Tipo de investigación

El trabajo de investigación titulado fue clasificado como una investigación aplicada. Esta investigación buscó determinar el impacto de factores climáticos específicos, como el porcentaje de nubosidad y la variación de la temperatura, en un glaciar concreto, con el fin de generar información relevante que pudiera ser utilizada para abordar los problemas relacionados con la desglaciación y la gestión de recursos hídricos en la región. A través del análisis de imágenes satelitales y datos climáticos, se propuso entender cómo estos elementos afectan la extensión y la salud del nevado, contribuyendo así al conocimiento y la toma de decisiones en el contexto del cambio climático.

3.2.2. Nivel de investigación

Además de lo indicado anteriormente, el estudio realizó una investigación precisa del fenómeno a nivel explicativo-comparativo. (Sampieri, Fernandez & Baptista, 2014).

3.3. Método de investigación

El trabajo de investigación utilizó un método de investigación cuantitativa. Este enfoque permitió la recolección y el análisis de datos numéricos relacionados con la nubosidad, la temperatura y la extensión del glaciar. A través de la aplicación de técnicas estadísticas y el uso de imágenes satelitales, se lograron establecer correlaciones y patrones que facilitaron la evaluación del impacto de estos factores climáticos en el nevado. La investigación se centró en obtener resultados medibles y objetivos que contribuyeran a la comprensión del fenómeno de desglaciación en la región.

3.4. Diseño de investigación

Dado que se vincula las variables en diversas situaciones y se examina y dilucida las causas y consecuencias a lo largo de ese período de tiempo, el presente estudio utilizó un diseño temporal no experimental. (Sampieri, Fernandez & Baptista, 2014).

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

Las imágenes Landsat descargadas de la plataforma Earth Explored USGS (Science for a changing world) de los años 1985 al 2022 del nevado Huaytapallana de la Provincia de Huancayo. (Sampieri, Fernandez & Baptista, 2014)

3.5.2. Muestra

El tamaño de muestra es de 13 imágenes Landsat, estas deben ser descargadas de todos los años y preferentemente de días muy cercanos. La obtención de muestras se realizará de manera total, ya que se analizarán todo el nevado del Huaytapallana de la Provincia de Huancayo.

3.6. Técnica e instrumento de recolección de datos

A. Recolección de datos

Se realizó la recopilación de fotografías satelitales. La plataforma USGS (United States Geological Survey) de la Agencia Espacial de los Estados Unidos se utilizará para buscar fotografías del Landsat. A continuación, se explica cómo descargar las imágenes:

- Las primeras imágenes, que abarcan los años 1985 a 2011, se obtuvieron de Landsat 4-5 TMC1 Nivel-1 y Landsat Collection 2, Nivel 1.
- Para descargar las fotografías restantes, que cubren los años 2013 a 2020, se utilizaron Landsat Collection 2, Nivel 1 y Landsat 8 OLI/TIRS C1 Nivel-1.

Figura 2.

Plataforma de Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS)

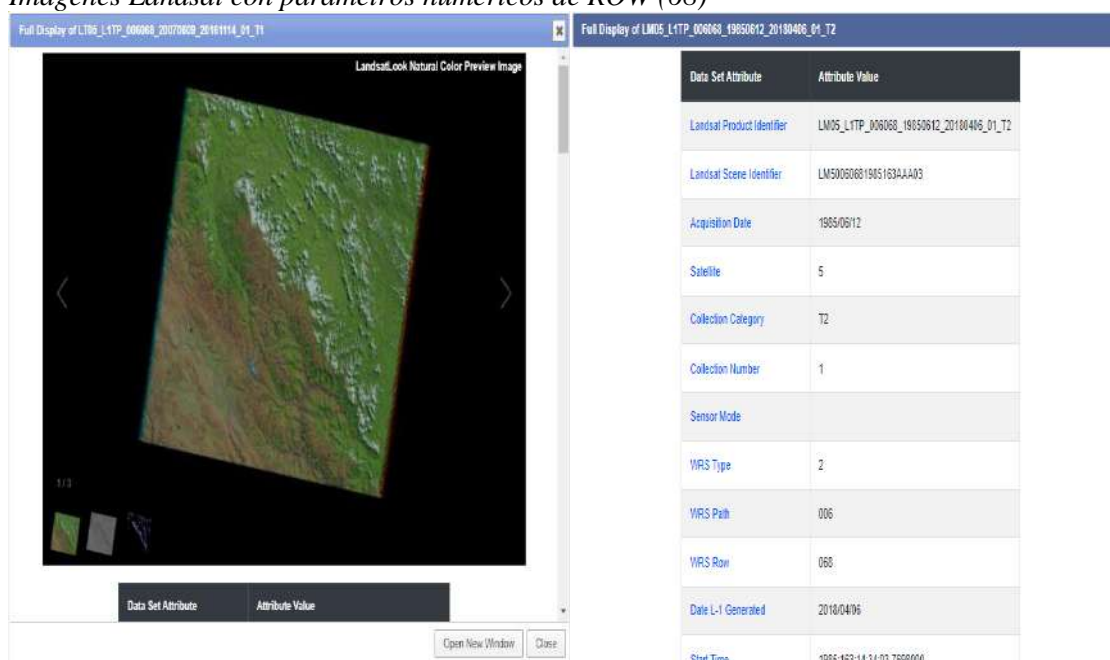


Nota: La descarga de imágenes del nevado Huaytapallana debe contener un parámetro numérico de ROW (68)

Se realizó un recorte del área de estudio utilizando una serie de datos y un recorte aproximado del área de estudio con la combinación específica de las bandas para poder observar el tono original de la fotografía es decir los colores exactos a la hora de la toma de la fotografía. Se decidió utilizar estos sensores debido a sus propiedades espaciales, espectrales, radiométricas y temporales únicos, así como al hecho de que fueron creados principalmente para la investigación. Esto hace posible ver las características de la superficie dentro de un rango espectral particular.

Para poder ver las fotografías con claridad, especialmente en la zona de interés, en estas imágenes debería haber una pequeña proporción de nubes. Fue necesario descargar dos fotografías Landsat para la provincia de Huancayo ya que muestran Ruta: 6; Fila: 68.

Figura 3.
Imágenes Landsat con parámetros numéricos de ROW (68)



Nota: Estas imágenes Landsat deben contener un bajo porcentaje de nubosidad para poder observar con claridad el área de interés.

A. Porcentaje de nubosidad en el Nevado Huaytapallana en la Región Junín, periodo 1985 – 2022.

A través de la plataforma de la Agencia Espacial de Estados Unidos, que proporciona el porcentaje de nubosidad en la fecha de adquisición de la imagen, el porcentaje de nubosidad se derivará de las imágenes Landsat.

3.7. Técnica de procesamiento de datos

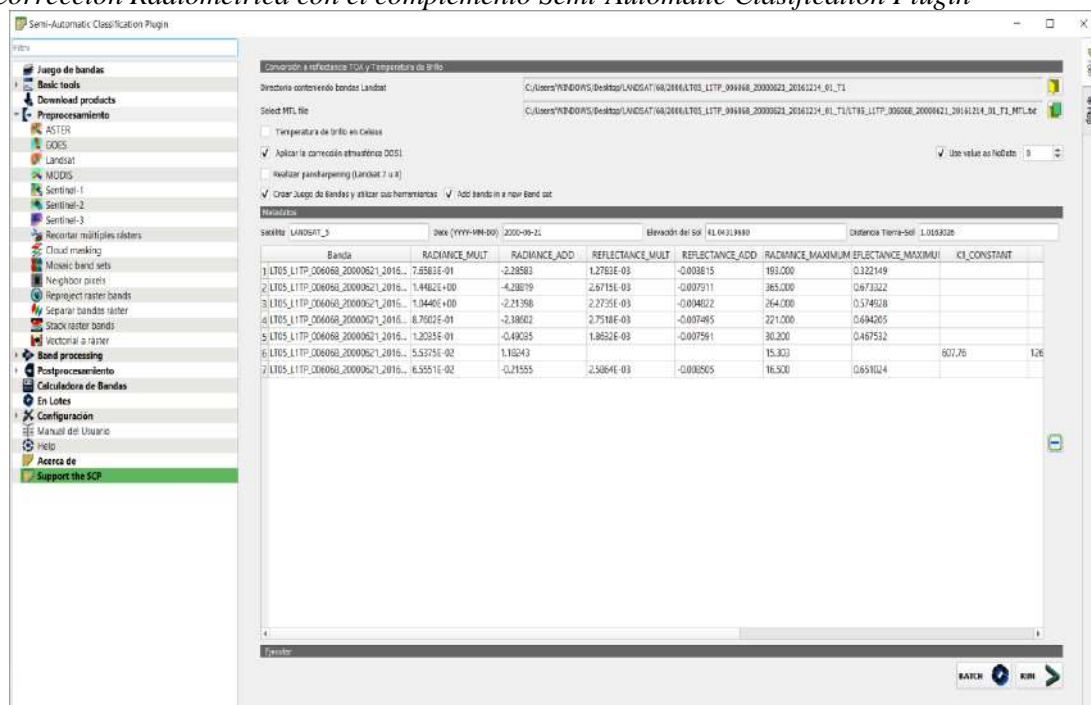
A. Corrección atmosférica

El siguiente paso será la conversión de radiancia a reflectancia, o lo que podríamos llamar cálculo de reflectancia del sensor. Este cálculo nos permitirá utilizar un método adicional para determinar la porción de energía solar que refleja la atmósfera y llega a la superficie de la Tierra.

Para reducir el impacto del vapor de agua (humedad) y aerosoles (de polvo, volcanes, etc.), es necesario reducir la contribución de la atmósfera a los valores de cada píxel de la imagen de satélite. (Congedo, 2021, p.1).

Figura 4.

Corrección Radiométrica con el complemento Semi-Automatic Classification Plugin



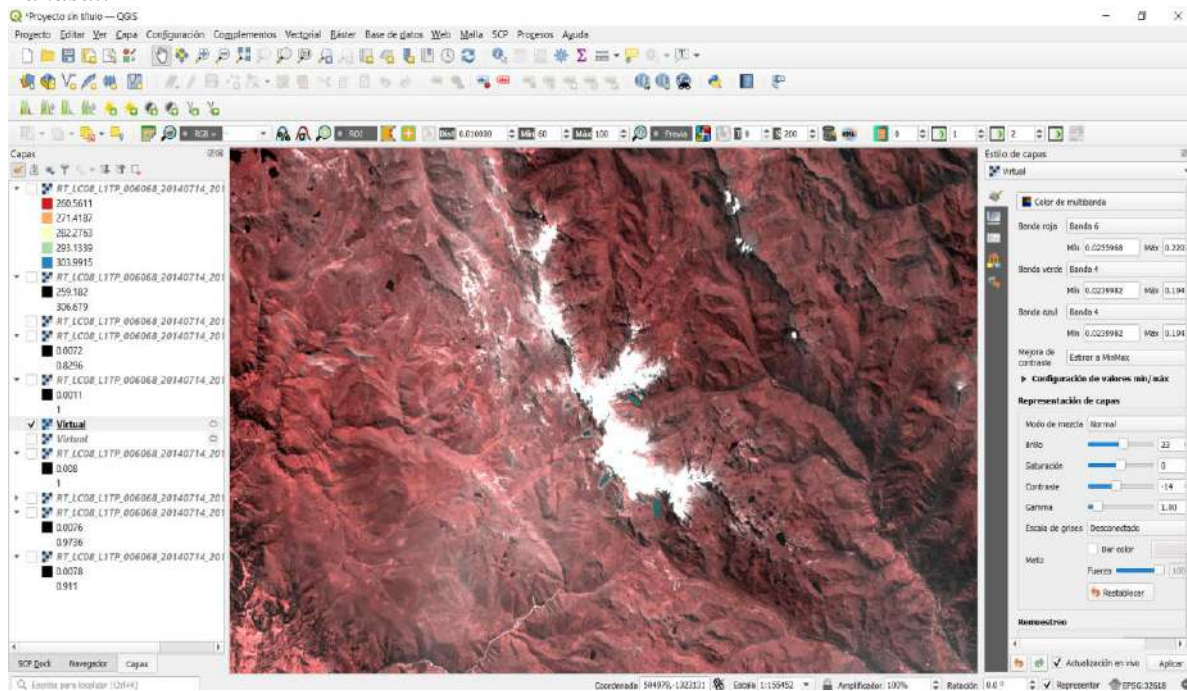
Nota: Complemento Semi-Automatic Classification Plugin del Software Qgis 3.28 para la corrección radiométrica de imágenes Landsat.

B. Combinación de bandas

Según los colores establecidos (equivalentes a las imágenes Landsat 4-5 y Landsat 8), se eligieron bandas correlativamente comparables en la superficie de la Tierra para los años de investigación relevantes. El tipo de sensor que se utiliza y la aplicación del proyecto determinan qué banda es mejor para combinar. Las combinaciones más populares son las siguientes: para Landsat 4-5, la banda roja son cuatro, la banda verde son tres y la banda azul son dos; para Landsat 8, la combinación es seis, la banda verde es cuatro y la banda azul es cuatro.

Figura 5.

Captura de pantalla del software Qgis 3.28 de la combinación de bandas de las imágenes Landsat.



Nota: Software Qgis 3.28 combinación de bandas: banda roja 4, banda verde 3 y banda azul 2.

Luego se establecerán las regiones de capacitación (lugares específicos donde se identificarán áreas urbanas y agrícolas) y se agregarán los datos que ya se han recopilado de las formas del estudio para su posterior análisis.

C. NDSI Índice de Nieve de Diferencia Normalizada

La nieve, uno de los fenómenos climáticos frecuentes en el mundo, es reconocida como un peligro ecológico y una parte crucial del proceso hidrológico. La nieve es uno de los peligros naturales más dañinos en varias regiones del mundo y sólo se encuentra en los terrenos más elevados. Como resultado, la identificación precisa de la capa de nieve es crucial para la reducción de riesgos y la gestión de cuencas. De ello también dependen las previsiones relacionadas con el tiempo y la hidrología. Las herramientas satelitales utilizan medidas de 0,66 y 1,6 mm para determinar si hay nieve. En estas longitudes de onda, la atmósfera es transparente, mientras que la nieve es fuertemente reflectante a 0,66 mm y no reflectante a 1,6 mm.

Debido a que la capa de nieve es tan deslumbrante como las nubes, es difícil distinguir entre ambas. Pero con 1,6 mm, la capa de nieve parece más oscura que las nubes porque absorbe la luz solar. Esto permite distinguir con eficacia entre nieve y nubes. Como resultado, el gráfico muestra cómo se pueden utilizar las mediciones en

estas longitudes de onda para distinguir entre nubes y nieve. Esto permite distinguir con eficacia entre nieve y nubes. Como resultado, la figura muestra cómo se pueden utilizar las mediciones en estas longitudes de onda para distinguir entre nubes y nieve. (Ruiz y Veettil, 2019 pg. 30).

El tamaño relativo de la diferencia de reflectancia entre las porciones de onda corta infrarroja (SWIR) y visible (verde) del espectro se mide mediante el índice NDSI. Regula la varianza de dos bandas: una en el espectro visible y otra en el infrarrojo cercano o infrarrojo de onda corta. Los mapas de nieve pueden beneficiarse de esto. Si bien la mayoría de las nubes mantienen una alta reflectancia en las mismas regiones del espectro electromagnético, la nieve es altamente reflectante en las porciones visibles del espectro y altamente absorbente en las porciones del infrarrojo cercano (NIR) o infrarrojo de onda corta, lo que permite una buena separación de la mayoría de las nubes y nieve.

D. Formula del NDSI Landsat 4 – 5.

La siguiente fórmula se utiliza para determinar la relación entre las dos bandas que se recopilaban y componen una imagen de satélite en un momento y lugar determinados:

$$\text{NDSI} = \frac{\text{TM}_{\text{Band2}} - \text{TM}_{\text{Band5}}}{\text{TM}_{\text{Band2}} + \text{TM}_{\text{Band5}}}$$

Donde:

- TM_{Band2} = Parte Visible verde del espectro (GREEN)
- TM_{Band5} = Banda roja del Landsat (SWIR)

E. Formula del NDSI Landsat 8 – 9.

$$\text{NDSI} = \frac{\text{TM}_{\text{Band3}} - \text{TM}_{\text{Band6}}}{\text{TM}_{\text{Band3}} + \text{TM}_{\text{Band6}}}$$

Donde:

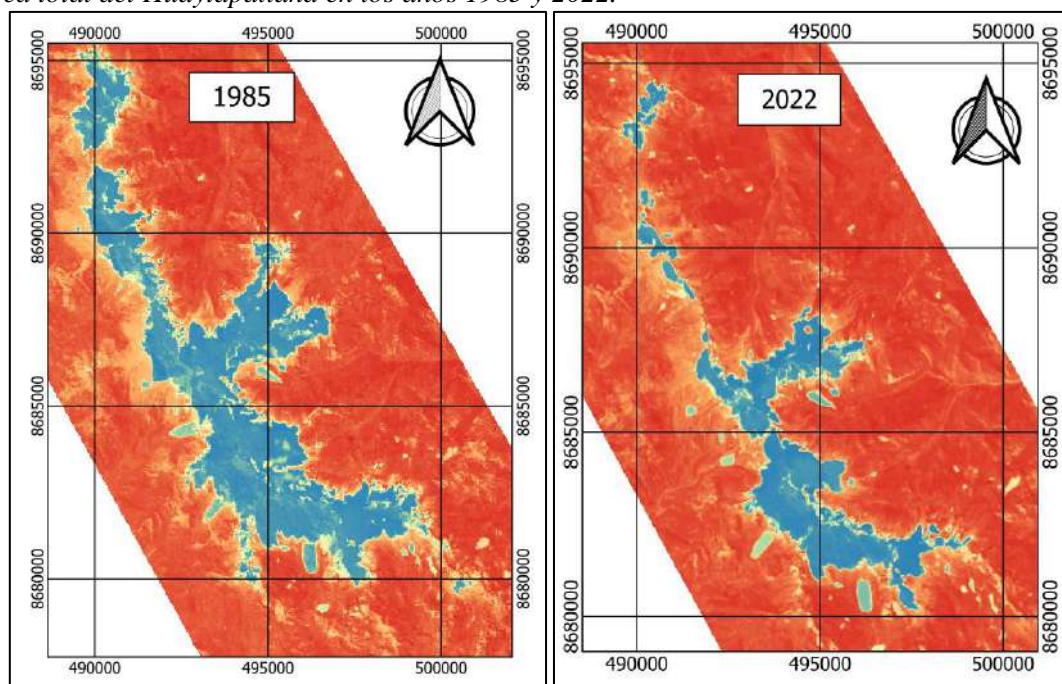
- TM_{Band3} = Parte Visible verde del espectro (GREEN)
- TM_{Band6} = Banda roja del Landsat (SWIR) (Ruiz y Veettil, 2019 pg. 30)

CAPITULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Área del nevado Huaytapallana en la región Junín, periodo 1985 – 2022.

Figura 6.
Área total del Huaytapallana en los años 1985 y 2022.



Nota: Índice de Nieve de Diferencia Normalizada (NDSI) del área total del nevado Huaytapallana.

El análisis temporal de las áreas del nevado Huaytapallana entre 1985 y 2022 permitió observar una disminución gradual y sostenida en su extensión. Los resultados mostraron que el área inicial en 1985 era de 31.63 km², la cual se redujo progresivamente, alcanzando 17.93 km² en 2022. Este cambio evidenció una pérdida significativa de la superficie del nevado a lo largo del período estudiado.

Tabla 8.

Área total del nevado Huaytapallana de los años 1985 al 2009.

Imagen Landsat	Fecha	Área (Ha)	Área (Km ²)
Imagen Landsat 4-5	21/06/1985	3163.375	31.63
	11/08/1988	3025.65	30.26
	16/07/1991	2894.78	28.95
	03/08/1994	3033.15	30.33
	03/06/1997	2725.43	27.25
	09/08/2000	2518.93	25.19
	09/06/2003	2621.69	26.22
	14/08/2006	2459.33	24.59
	07/08/2009	2495.66	24.96

Nota: Las áreas determinadas se encuentran reduciendo durante los años 1985, 1988, 1991, 1997, 2000, 2003 y 2009, sin embargo, el área aumento significativamente en el año 1994 al igual que el año 2003.

Tabla 9.

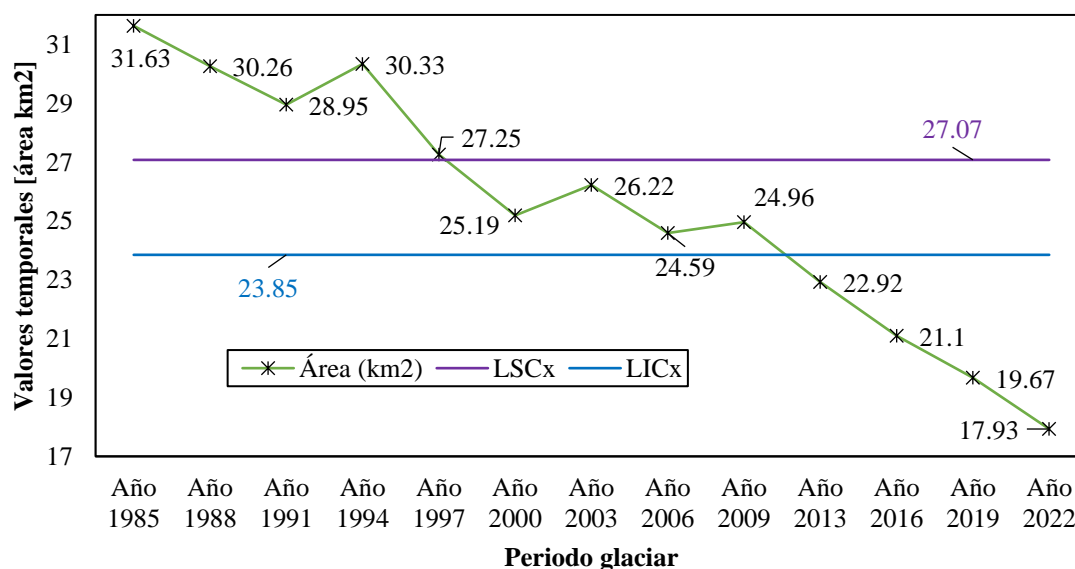
Área total del nevado Huaytapallana de los años 2013 al 2022

IMAGEN LANDSAT	FECHA	AREA (HA)	AREA (KM ²)
Imagen Landsat 8 – 9	11/07/2013	2291.57	22.92
	02/08/2016	2109.81	21.1
	07/08/2019	1967.19	19.67
	27/05/2022	1792.88	17.93

Nota: Las áreas determinadas se encuentran reduciendo durante los años 2013, 2016, 2019 y 2022. Cabe mencionar que no se procesó la imagen satelital del año 2012 ya que la imagen presenta errores.

Figura 7.

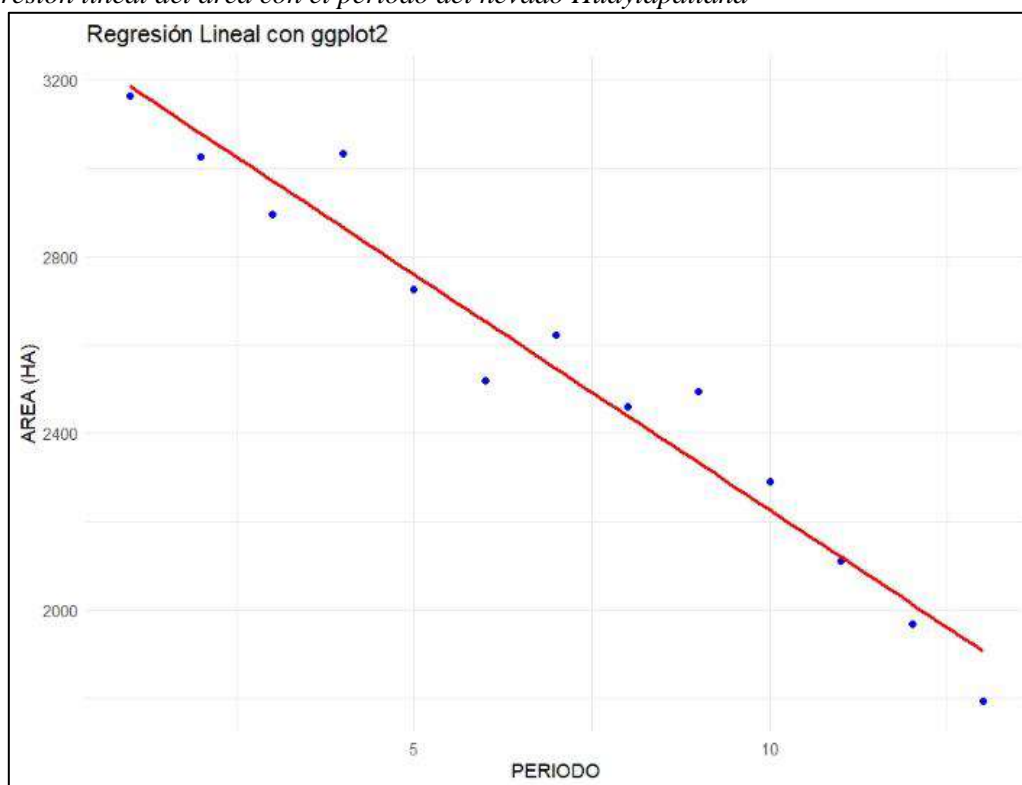
Tabla de control de área del nevado de Huaytapallana



Se utilizó una tabla de control para monitorear la variabilidad en el área del nevado mediante los límites de control calculados. El promedio total de la superficie durante el período fue de 25.46 km², mientras que el límite superior de control (LSCx) fue de 27.07 km², y el límite inferior de control (LICx) fue de 23.85 km². Los datos de 1985 a 2022 revelaron una tendencia a la disminución por debajo del límite inferior de control, especialmente en los últimos años del análisis. Estos resultados indicaron que, a partir de 1997, el área del nevado comenzó a registrar valores fuera del rango de control establecido, lo que sugiere un cambio fuera de las variaciones naturales en la extensión de su superficie.

Figura 8.

Regresión lineal del área con el periodo del nevado Huaytapallana



Nota. Diagrama de dispersión entre en el Área (ha) y el periodo expresado en años. La figura muestra una clara relación indirecta altamente significativa entre el área y el periodo, también se observa que los valores de área van decreciendo conforme avanza el periodo teniendo como promedio una pérdida de 30 ha por año.

La Tabla N° 10 presenta un resumen del análisis de regresión lineal simple. El valor estimado del intercepto fue de 3292.211, el cual es significativo con un valor p menor a 0.0001. La pendiente del modelo se calculó en -106.586 , lo que indica una relación negativa entre las variables; es decir, la variable de respuesta disminuye en 106.586 unidades por cada incremento unitario de la variable independiente. Por último, el rendimiento

o general del modelo se evaluó mediante el R-cuadrado, que fue del 2.79%. Esto implica que el modelo solo explica esa proporción de la variación total de los datos.

Tabla 10.

Coefficiente del modelo de regresión lineal ajustado al área del Huaytapallana en función del periodo

Coefficientes	Estimación	Error	t-valor	P-valor
Intercepto	3292.211	58.401	56.37	6.76e-15 ***
Periodo	-106.586	7.358	-14.49	1.64e215 ***

R2= 0.0279 Códigos de Significancia: 0 '***', 0.001 '**', 0.01 '*', 0.05 '.'

La disminución en el área del nevado de Huaytapallana es un reflejo de los impactos ambientales sostenidos, probablemente influenciados por el cambio climático en la región, afectando la estabilidad y el tamaño de este recurso glacial vital.

4.2. Impacto del porcentaje de nubosidad en el Nevado Huaytapallana en la Región Junín, periodo 1985 – 2022.

Tabla 11.

Porcentaje de nubosidad de las imágenes Landsat 4-5

IMAGEN LANDSAT	FECHA	AREA (HA)	NUBOSIDAD
Imagen Landsat 4-5	21/06/1985	3163.375	35%
	11/08/1988	3025.65	14%
	16/07/1991	2894.78	14%
	03/08/1994	3033.15	31%
	03/06/1997	2725.43	10%
	09/08/2000	2518.93	15%
	09/06/2003	2621.69	16%
	14/08/2006	2459.33	3%
	07/08/2009	2495.66	12%

Nota: Los porcentajes de nubosidad son variables, no existe un patrón común ya que se encuentran establecidos en cada imagen satelital de la plataforma de la Agencia Espacial de Estados Unidos,

El análisis temporal de la nubosidad en el nevado Huaytapallana durante el período de 1985 a 2022 mostró una tendencia general a la disminución en el porcentaje de nubosidad. En 1985, el valor registrado fue del 35%, mientras que en 2022 este valor había descendido hasta el 1%. Esta reducción significativa en la nubosidad fue observada de manera progresiva a lo largo de los años, aunque con algunas fluctuaciones intermedias.

Tabla 12.

Porcentaje de nubosidad de las imágenes Landsat 8 – 9 OLI/TIRS C1 Level -1

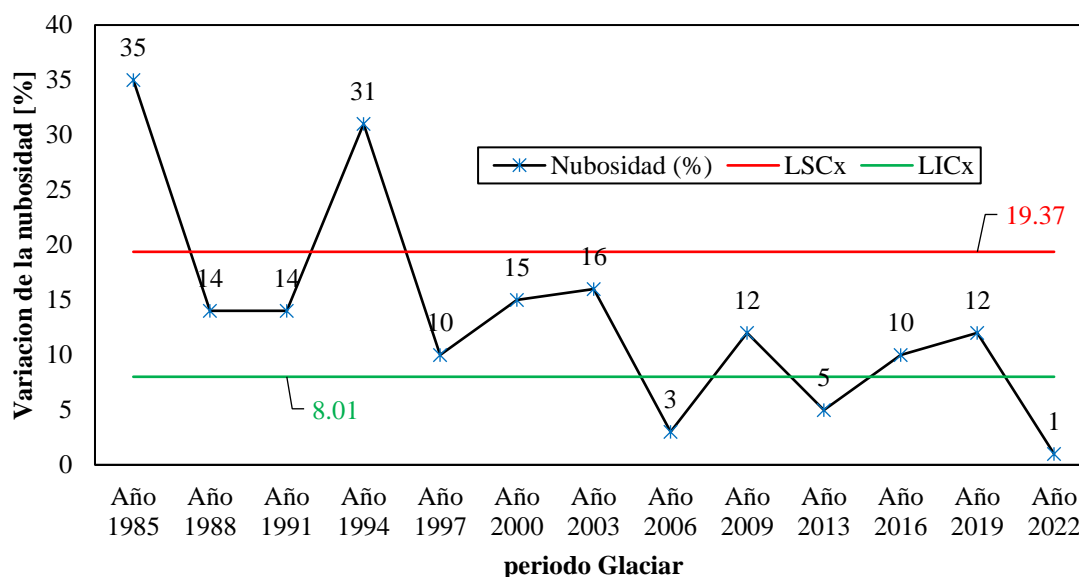
IMAGEN LANDSAT	FECHA	AREA (HA)	NUBOSIDAD
Imagen Landsat 8 – 9	11/07/2013	2291.57	5%
	02/08/2016	2109.81	10%
	07/08/2019	1967.19	12%
	27/05/2022	1792.88	1%

Nota: Los porcentajes de nubosidad son variables, no existe un patrón común ya que se encuentran establecidos en cada imagen satelital de la plataforma de plataforma de la Agencia Espacial de Estados Unidos,

El promedio total de nubosidad durante el periodo fue de 13.69%. Los límites de control establecidos para monitorear la variabilidad fueron un límite superior de control (LSCx) de 19.37% y un límite inferior de control (LICx) de 8.01%. Los datos analizados indicaron que varios años presentaron niveles de nubosidad que se encontraban por debajo del límite inferior de control, lo cual sugiere un cambio en las condiciones de nubosidad por debajo de la variabilidad natural esperada.

Figura 9.

Tabla de control de la nubosidad del nevado de Huaytapallana

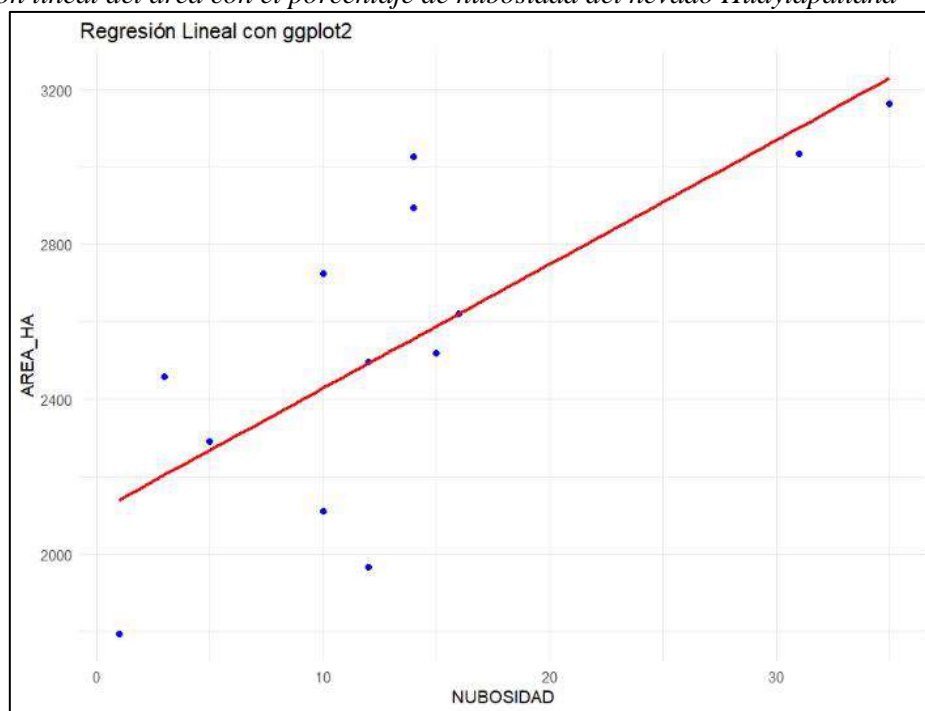


La disminución de la nubosidad podría estar relacionada con cambios climáticos y ambientales en la región, afectando la estabilidad del nevado Huaytapallana. Esta reducción en el porcentaje de nubosidad implica una posible mayor exposición del nevado a la radiación solar, lo que potencialmente contribuye a un mayor derretimiento del hielo y a la disminución de su superficie. Estos resultados resaltan el impacto que las

variaciones en la nubosidad pueden tener sobre los glaciares, especialmente en zonas vulnerables al cambio climático.

Figura 10.

Regresión lineal del área con el porcentaje de nubosidad del nevado Huaytapallana



Nota. Diagrama de dispersión entre el porcentaje de nubosidad y el área del nevado Huaytapallana. La figura muestra una relación directa y significativa entre el porcentaje de nubosidad y el área (ha), observándose que a medida que aumenta el porcentaje de nubosidad, también incrementa el área del nevado.

Tabla 13.

Coefficiente del modelo de regresión lineal ajustado al porcentaje de nubosidad del Huaytapallana en función del periodo

Coefficientes	Estimación	Error	t-valor	P-valor
Intercepto	2107.277	147.935	14.245	1.96e-08 ***
Nubosidad	32.049	8.912	3.596	0.0042 **

R²= 0.0279 Códigos de Significancia: 0 '***', 0.001 '**', 0.01 '*', 0.05 '!'

El resumen del análisis de regresión lineal básico se muestra en la Tabla N°. 13. Con un valor $P < 0,0001$, el valor de intersección proyectado de 2107,277 fue significativo. Con una pendiente de 32,049, el modelo mostró una correlación positiva entre las variables, con la variable de respuesta aumentando por cada unidad de aumento en la variable independiente. Por último, el rendimiento general del modelo, como lo indica el R cuadrado, fue del 2,79%, lo que sugiere que solo representa ese porcentaje de la volatilidad de los datos.

4.3. Impacto de la variación de la temperatura en el Nevado Huaytapallana en la Región Junín, periodo 1985 – 2022.

En el análisis temporal de la variación de la temperatura y el área de cobertura glaciaria en el nevado Huaytapallana entre 1985 y 2022, se observó una tendencia de incremento en la temperatura media anual, acompañada de una notable reducción en la extensión glaciaria.

Tabla 14.

Temperatura media anual del nevado Huaytapallana durante los años 1985 - 2009

Imagen Landsat	Fecha	Área (Ha)	Temperatura Media Anual
Imagen Landsat 4-5	21/06/1985	3163.375	7.8
	11/08/1988	3025.65	8.2
	16/07/1991	2894.78	7.9
	03/08/1994	3033.15	8.1
	03/06/1997	2725.43	8.5
	09/08/2000	2518.93	7.7
	09/06/2003	2621.69	8.1
	14/08/2006	2459.33	8.1
	07/08/2009	2495.66	8.4

Nota: Las temperaturas medias anuales fueron obtenidos de la base de datos del SENAMHI, estos datos se encuentran en un rango de 7.7 a 8.5.

El análisis de la variación de la temperatura en el nevado Huaytapallana entre 1985 y 2022 reveló una ligera tendencia hacia el incremento en los valores de temperatura promedio, aunque con fluctuaciones mínimas. En 1985, la temperatura registrada fue de 7.8 °C, mientras que en 2022 alcanzó los 8.1 °C. A lo largo del periodo, el promedio general de la temperatura fue de 8.12 °C.

Tabla 15.

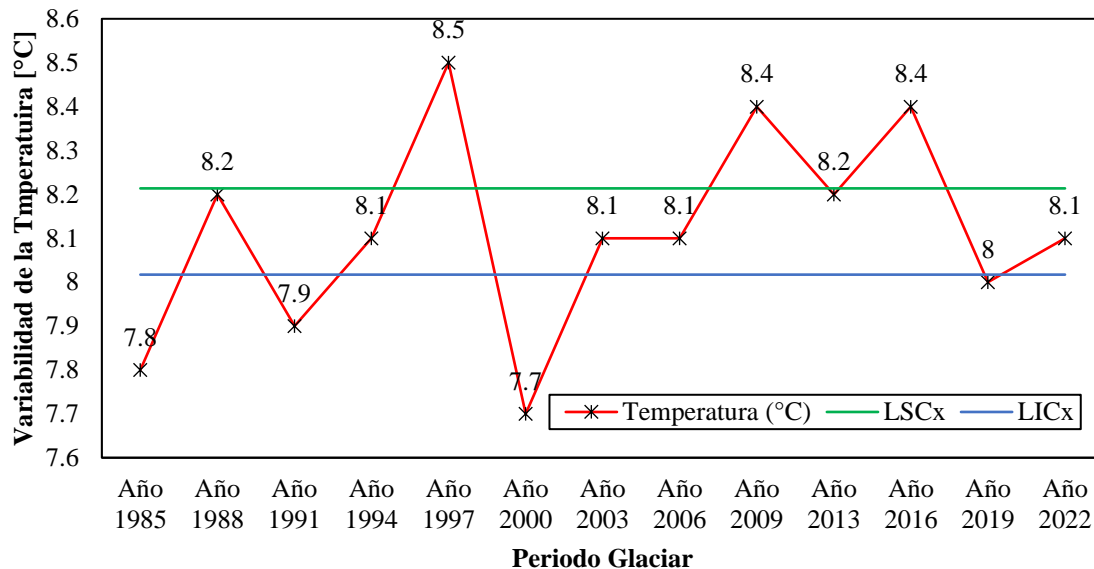
Temperatura media anual del nevado Huaytapallana durante los años 2013 - 2022

Imagen Landsat	Fecha	Área (Ha)	Temperatura Media Anual
Imagen Landsat 8 – 9	11/07/2013	2291.57	8.2
	02/08/2016	2109.81	8.4
	07/08/2019	1967.19	8
	27/05/2022	1792.88	8.1

Nota: Las temperaturas medias anuales fueron obtenidos de la base de datos del SENAMHI, estos datos se encuentran en un rango de 8.4 a 8.1.

Se establecieron límites de control para evaluar la estabilidad del proceso, con un límite superior de control (LSCx) de 8.21 °C y un límite inferior de control (LICx) de

8.02 °C. Los resultados mostraron que, en su mayoría, las temperaturas anuales se mantuvieron dentro de estos límites, lo cual sugiere que las variaciones en la temperatura fueron consistentes con el rango de variabilidad esperado y no mostraron cambios bruscos o extremos fuera de este.

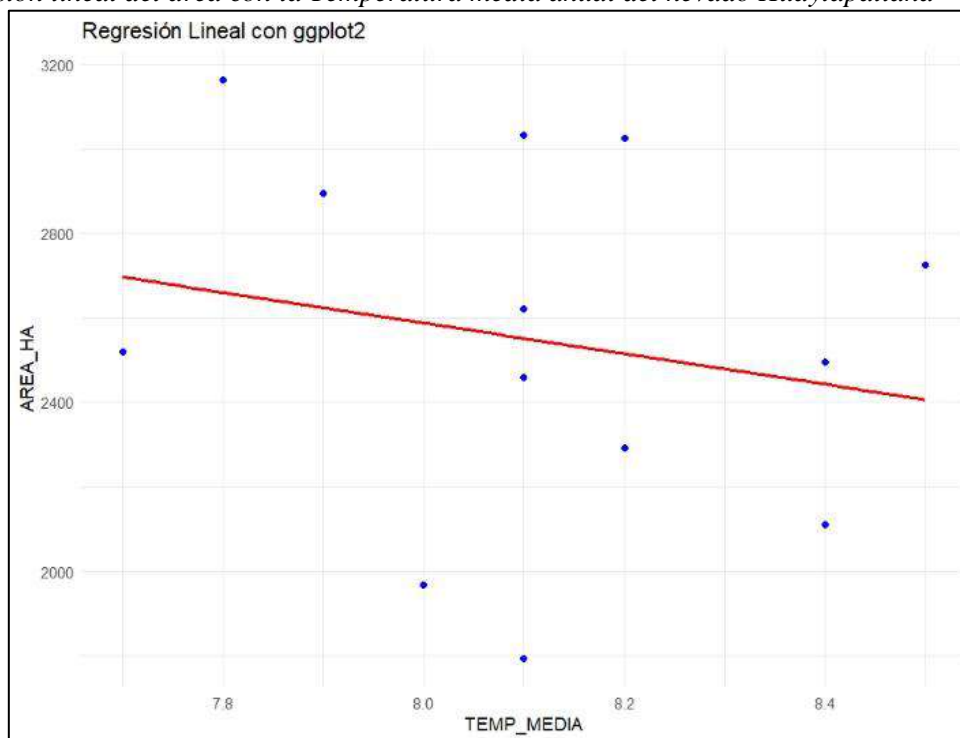


Sin embargo, el ligero aumento observado en la temperatura promedio podría indicar un patrón de calentamiento gradual que, aunque moderado, es significativo en un contexto glacial. Estos incrementos sostenidos en la temperatura, aunque dentro de los límites de control, podrían contribuir al derretimiento progresivo del nevado, ya que incluso cambios menores en la temperatura pueden afectar la estabilidad de las capas de hielo a largo plazo. Este resultado enfatiza el posible impacto que el cambio climático podría tener en los glaciares y en la preservación de ecosistemas de alta montaña.

Estos cambios indican un posible vínculo entre el aumento de temperatura y el retroceso del glaciar. A medida que la temperatura se incrementaba, la cobertura glacial disminuía, lo que sugiere un proceso de desglaciación acelerado posiblemente influenciado por el calentamiento regional. El análisis de los límites de control mostró que las variaciones de temperatura se mantuvieron dentro de los valores esperados en términos de estabilidad climática en la región; sin embargo, la tendencia ascendente sugiere un impacto prolongado en la reducción de las áreas glaciares del Huaytapallana. Estos resultados destacan la vulnerabilidad de los glaciares a los cambios de temperatura y subrayan la necesidad de monitorear estos factores para prever el futuro de estos ecosistemas de alta montaña.

Figura 11.

Regresión lineal del área con la Temperatura media anual del nevado Huaytapallana



Nota. Diagrama de dispersión entre en el Área (ha) y la Temperatura media anual La figura muestra una relación indirecta no significativa entre el área y la temperatura, también se observa que los valores de área van decreciendo conforme aumenta la temperatura.

Tabla 16.

Coefficiente del modelo de regresión lineal ajustado a la Temperatura media anual del Huaytapallana en función del área

Coefficientes	Estimación	Error	t-valor	P-valor
Intercepto	5485.4	4366.0	1.256	0.235
Tem_media	-362.2	537.8	-0.673	0.515

R²= 0.0279 Códigos de Significancia: 0 '***', 0.001 '**', 0.01 '*', 0.05 '!'

La tabla N° 13 presenta el resumen del análisis de regresión lineal simple. El valor estimado del intercepto fue de 5485.4, siendo poco significativo con un P-valor > 0.05. La pendiente del modelo tuvo un valor de -362.2, lo cual indica una relación negativa entre las variables y una disminución en la variable de respuesta por cada unidad adicional en la variable independiente.

4.4. Discusiones

4.4.1. Área del nevado Huaytapallana del año 1985 – 2022.

Según la Tabla N° 08 las áreas determinadas durante los años 1985 al 2009 con imágenes satelitales Landsat 4-5, varían entre 31.63 y 24.96 Km², respectivamente, las áreas siguen un patrón de disminución sin embargo en el año 1994 presentó un aumento de 1.38 Km² en relación al año 1991, además en el año 2003 también se presentó un crecimiento de 1.03 Km² a diferencia del año 2000, sin embargo la pérdida del área durante los años mencionados tuvo una disminución de 21.09% en 25 años de estudio, resultados que se asemejan a los mencionado por Huacani et.al. (2021), en su investigación donde encontró el retroceso de 39.227% en 19 años de estudio. Además, en los años 2013 al 2022 de la tabla N° 08 las áreas determinadas a partir de las imágenes satelitales Landsat 8 – 9, son 22.92 y 17.93 Km², calculando la diferencia entre los años 1985 y 2022 se tiene 13.70 Km² lo que significa que el nevado tuvo un retroceso del 43.31% en 38 años de estudio resultado muy similar al presentado por Quisbert (2019) en su estudio en el nevado Murata tuvo como resultado una reducción del 41%, desde 1988 hasta el 2018 es decir en 30 años de estudio, de igual manera Mendizabal (2020) en su estudio realizado en tres diferentes glaciares desde el año 1991 al 2021 tuvieron una disminución de 21.96 Km², en 30 años de estudio resultados similares a los resultados del nevado Huaytapallana donde encontramos 13.70 Km², desde el 1985 al 2022.

Durante el estudio de la imagen satelital del año 2012 el satélite tuvo errores al tomar la captura de la imagen satelital por lo que no se consideró este año para la evaluación del retroceso del nevado Huaytapallana y se procesó el año 2013 donde se trabajó con el Landsat 8-9 OLI/TIRS C1 Level 1, que fueron descargadas de la plataforma espacial de la NASA

4.4.2. Impacto del porcentaje de nubosidad en el Nevado Huaytapallana en la Región Junín, periodo 1985 – 2022.

En la tabla N° 11 se muestra los porcentajes de nubosidad varían desde 35% obtenido en el año 1985 hasta 3% que se encontró en el año 2006 en las imágenes Landsat 4-5, mientras que en los años 2013 al 2022 las variaciones de nubosidad son desde el 12% al 1 %, de las imágenes Landsat 8-9, cabe resaltar que estas variaciones son establecidas al descargar cada imagen satelital de la plataforma de la Agencia Espacial de Estados Unidos,. El diagrama de dispersión entre el porcentaje de nubosidad y el área del nevado

Huaytapallana muestra la clara relación directa es decir a mayor porcentaje de nubosidad mayor será el área del nevado según el modelo establecido entre ambas variables, Sledd y Ecuyer (2019), la disminución de hielo marino y la capa de nieve se encuentran en gran variación debido al balance energético de la superficie del ártico, también es influenciada fundamentalmente por los efectos moduladores de las acciones intervinientes de la atmosfera, y siendo la atmosfera muy dependiente de las nubes es decir a menor cantidad de nubosidad menor será la cantidad de hielo o nieve presente en la superficie terrestre. Por su parte Chen (2021), menciona que las relaciones entre el derretimiento de los glaciares modelado, los componentes de energía y la fracción de nubes donde encontraron que las nubes podrían reducir de manera más importante el derretimiento de los glaciares, el contribuyente más importante a este proceso fue el impacto de las nubes en la radiación neta de onda corta.

4.4.3. Impacto de la variación de la temperatura en el Nevado Huaytapallana en la Región Junín, periodo 1985 – 2022.

En la tabla N° 14 se muestra las variaciones de temperatura encontrándose que en el año 1997 y en el año 2000 las variaciones más notables con 8.5 y 7.7 respectivamente, de imágenes satelitales Landsat 4-5, mientras que para las imágenes Landsat 8-9, las variaciones son menos notables encontrándose un rango de 8 a 8.4°C, sin embargo se debe resaltar que las temperaturas del año 2013 al 2022 se acercan y superan el promedio de temperaturas de los años evaluados que es de 8.1 °C. En la figura N° 09 la regresión lineal del área total del Huaytapallana y la temperatura media anual presenta una relación indirecta no significativa, no obstante, existe un modelo que sufre una tendencia negativa entre ambos factores. Por su parte Molano et al., (2022), refiere el retroceso glaciar puede verse afectada por el incremento de los valores medios de temperatura anual. Como consecuencia del cambio climático y fenómeno del niño, sin embargo, también mencionan que el retroceso de los glaciares se debe principalmente a las variaciones climáticas más que al factor temperatura ya que esta última es muy influenciada por distintos factores del medio ambiente. También menciona que la variación del área glaciar es muy susceptible a las variaciones climáticas de la zona, ya que los nevados son ecosistemas extremadamente frágiles antes las variaciones climáticas, siendo indicadores como importantes indicadores de los efectos del panorama climático

CONCLUSIONES

- a.** El área del nevado Huaytapallana es de 31.63 Km² en el año 1985, así mismo en el año 2022 tiene un área de 17.93. Km², teniendo una reducción de 13.7 Km², lo que representa pérdida de área glaciario del nevado Huaytapallana de 43.31 % del área inicial.
- b.** El impacto de la nubosidad en el área Huaytapallana que varía de un 35% a un 1%, en los años 1985 y 2022 respectivamente, donde se encontró una relación directa significativa, entre los dos factores durante los años de evaluación.
- c.** El impacto de la temperatura en el área Huaytapallana varía desde 8.5 a 7.7 encontrándose esta variación en los años 1997 y 2000 respectivamente, donde se encontró una relación indirecta no significativa entre ambas variables.

RECOMENDACIONES

1. Incentivar la mayor aplicación de las imágenes satelitales en zonas de glaciares para el estudio de diversos campos donde se tiene una alta complejidad topográfica como son los bofedales, lagunas y los mismos glaciares.
2. El uso de mayor cantidad de imágenes satelitales de diferentes años para realizar un análisis espacio – temporal más completo de la cobertura glaciar y compararlo con factores ambientales para un mayor alcance.
3. Plantear mayor cantidad de investigaciones para ampliar la visión de los factores que influyen en el proceso de desglaciación de los nevados y de la reducción de los factores que intervienen con ellos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcántara, E. (2010). Análisis de la movilidad urbana espacio, medio ambiente y equidad. CAF
- Bravo Morales, N. F. (2017). Teledetección Espacial Landsat, Sentinel 2, Aster L1t; Modis. Huánuco: Copyright 2017 Geomática Ambiental S.R.L.
- Carrillo A. y Choquehuanca V. “Análisis multitemporal del crecimiento urbano de la ciudad de Puno mediante imágenes satelitales entre los años 1980 - 2017”. Universidad Nacional del Altiplano. Facultad de Ciencias Agrarias. Puno, Perú.
- Chen J., Du W., Kang S., Quin X., Sun W., Liu Y., Jin Z., Yanzhao L. y Wang L. (2021) Eight year análisis of radiative properties of clouds and its impacto n melting on the Laohugou Glacier No 12, Western Qilian Mountains. Atmospheric research Volume 250 <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2020.105410>.
- Chuvieco, E. (1995). Fundamentos de teledetección espacial. Madrid-España: 2a ed. Editorial Rialp.
- Congedo L, (2021) Semi-Automatic Classification Plugin: A Python tool for the download and processing iimages in QGIS. The Journal of Open Source Sofftware. doi: 10.201105/joss03172
- Da Cunha y Rodríguez (2009). Crecimiento urbano y movilidad en América Latina. Revista Latinoamericana de Población.
- Dirección de gestión de la calidad de los recursos hídricos (2012). Gestión de la calidad de los recursos hídricos en el Perú. ANA, noviembre, 2012.
- Galster, G., Hanson, R., Ratcliffe, M. R., Wolman, H., Coleman, S., y Freihage, J. (2001). Wrestling Sprawl to the Ground: Defining and measuring an elusive concept. Housing Policy Debate, 12(4), 681–717. doi:10.1080/10511482.2001.9521426

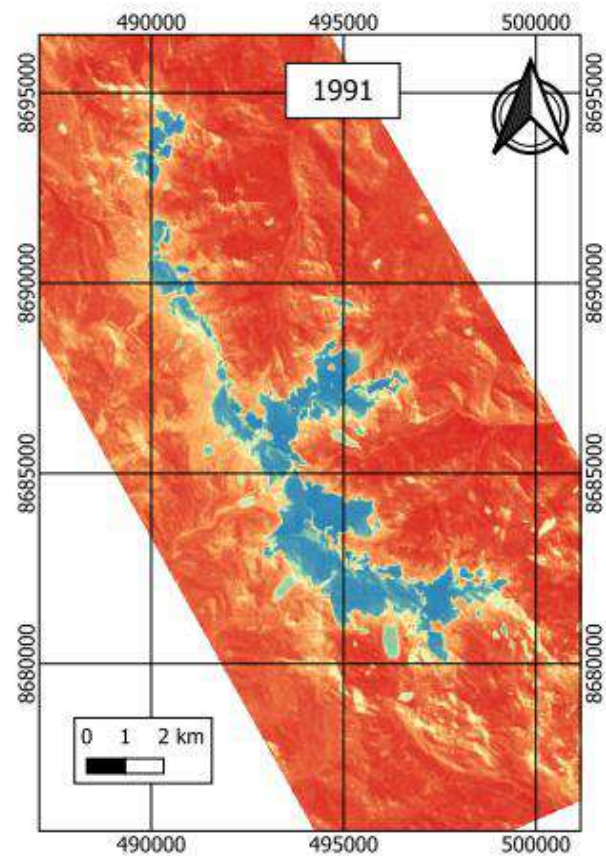
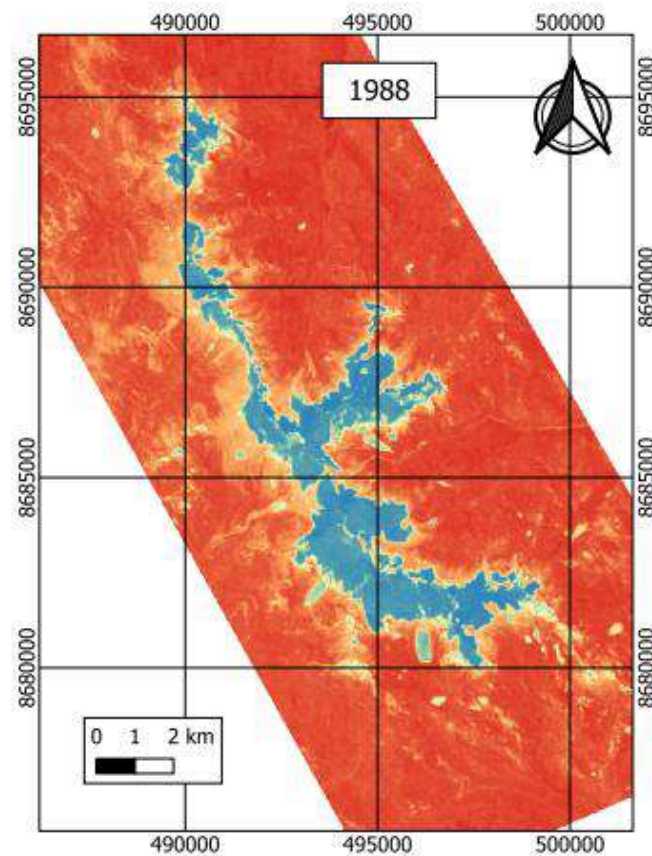
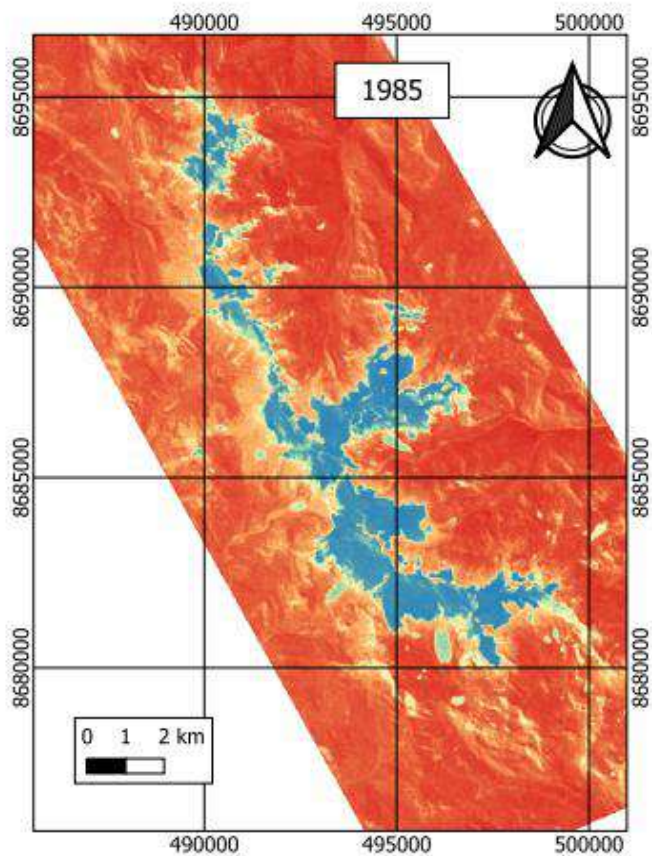
- García, E. (2008). El proceso de expansión urbana y su impacto en el uso de suelo y vegetación del municipio de Juárez, Chihuahua. Tijuana, B. C., México 2008.
- García Labrador, M., Evora Brondo, J., & Arbelo Pérez, M. (2012). Satélites de Teledetección para la gestión del territorio. Canarias: Litografía Romero.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, R., & Baptista Lucio, P. (2014). Metodología de la investigación. México: Mc Graw Hill Education.
- Hernández, G. (2016). “Impacto del crecimiento urbano en la sostenibilidad ambiental y territorial de la Campiña Alta de Moche, 1997-2016”. Universidad Privada Antenor Orrego
- Jiménez H. (2018). “Análisis del crecimiento urbano a partir de imágenes lasndsat em el cantón Duran, provincia de Guayas, en el periodo 1990-2015” Universidad Técnica Estatal de Quevedo Facultad de Ciencias Ambientales, Ecuador
- León, L. (2015). Análisis Económico de la Población Demografía. Departamento Académico de Economía de la FACEAC de la Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo” Lambayeque, Perú.
- Lillesand, T. (2000). Remote Sensing and Image Interpretation. (Cuarta ed.). Ralph W. Kiefer.
- López, K. (2019). Impacto del proceso de urbanización en la sostenibilidad ambiental y territorial de la campiña de Cayma, Arequipa, en el periodo 2012-2018. Universidad nacional de san Agustín de Arequipa, facultad de economía, Arequipa – Perú 2019.
- Magnaghi, A. (2010) Il progetto local. verso la coscienza di luog. Roma: Boringhieri Editoriale.
- Merlotto, A., Piccolo, M. y German, R. (2012). Crecimiento urbano y cambios del uso/ cobertura del suelo en las ciudades de Necochea y Quequén, Buenos Aires, Argentina. Revista de Geografía Norte Grande.
- Meza, C. y Comeca, M. (2011). Aplicación del SIG en el crecimiento urbano de la ciudad de Pucallpa para su gestión y ordenamiento ambiental. Investigaciones sociales.

- Ministerio de Agricultura (2011) Reglamento para la delimitación y mantenimiento de fajas marginales en cursos fluviales y cuerpos de agua naturales y artificiales <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/per103175anx.pdf>
- Ministerio de vivienda de construcción y saneamiento (2015 - 2025). Plan de desarrollo urbano de Huancayo 2015 - 2025. http://documentos.munihuancayo.gob.pe/documentos/2015/gerencia_subgerencia/desarrollo_urbano/plan/DiagnosticoPDU.pdf
- Ministerio del ambiente (s. f) Humedad atmosférica <https://www.senamhi.gob.pe/?p=pronostico-detalle-turistico&localidad=0028>
- Mora, H. (2007). Sensores Remotos. En: Modulo Geomática y Demografía. Manizales, Colombia.
- Moscatelli, Gustavo, Pazos, Mabel Susana. Cómo Contribuye a la Seguridad Alimentaria la Producción de Alimentos Mediante Sistemas de Gestión Territorial Sustentable. Documento preparado para la VIII Sesión De La Comisión De Las Naciones Unidas Para El Desarrollo Sustentable por la Coalición Popular para la Erradicación del Hambre y la Pobreza. [En línea] http://csdngo.igc.org/translation/agr_paper5_spanish.htm
- Moschella Miloslacich, P. (noviembre de 2012). Variación y protección de humedales costeros frente a proceso de urbanización: Casos Ventanilla y Puerto Viejo. Lima, Perú. Publicación del Repositorio de la PUCP.
- Municipalidad Provincial de Huancayo (2019) Plan de desarrollo provincial concertado 2017 – 2024 <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/per103175anx.pdf>
- Naciones Unidas (2016). Resolución 71/256 de la Asamblea General “Nueva Agenda Urbana”, 23 de diciembre de 2016. Disponible en <https://undocs.org/es/A/RES/71/256>.
- NASA. (2007). Landsat 7 Science Data Users Handbook Landsat Project Science Office at NASA’s Goddard Space Flight Center in Greenbelt,.
- Navarro, M. (2012). Dinámica de la Cobertura y Uso de suelo. Inta.

- Palma, J. (2019). “Transformaciones territoriales de la ciudad de Huánuco y valoración del territorio a través de un análisis Temporal e Inter-escalar”. Pontificia Universidad la Católica del Perú.
- Palomeque M., Galindo A., Sánchez A. & Escalona M. “Pérdida de humedales y vegetación por urbanización en la cuenca del rio Grijalva” Articulo Universidad de alicante, México.
- Perez Gutierrez, C., & Muñoz Nieto, A. L. (2006). Teledeteccion: Nociones y Aplicaciones. España: Universidad de Salamanca.
- Poveda R. (2015), “Análisis multitemporal de la expansión urbanística del Municipio de la Calera, Cundimarca. Colombia” Universidad Militar de Nueva Granada. Facultad de Ingenieria, Bogota.
- Rodríguez, M. (1994). Crecimiento urbano de Iquitos: Condicionamientos estructurales en la década del '70 y sus perspectivas. Instituto de investigaciones de la Amazonia peruana
- Reuter, A. F. (2009). Plataformas Orbitales y Sensores. Santiago del Estero, Argentina.
- Saldaña V. (2019) “análisis de los cambios de cobertura y uso de suelo con imágenes satelitales del distrito del Chancay año 2001 y 2008”. Universidad Nacional de Cajamarca. Facultad de Ciencias Agrarias, Cajamarca, Perú
- Sapena, M., y Ruiz, L. (2018). Analysis of land use/land cover spatio-temporal metrics and population dynamics for urban growth characterization. Computers, Environment and Urban Systems. doi: 10.1016/j.compenvurbsys.2018.08.001
- Sledd A., LECuyer, (2019). How much do Clouds mask the impacts of arctic sea Ice and Snow Cover Variations different perspectives from observations an reanalyses. Article Atmosphere doi:10.3390/atmos10010012
- Soares, D. Vargas, S. y Rosa, M. (2008). La gestión de los recursos hídricos. Instituto Mexicano de tecnología del agua.
- Sobrino, A. J. (2000). Teledetección. España: Guada Imp

- Sociedad Geografía de Lima (2011) ¿Que es cuenca hidrológica?.
https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/cuenca_hidrologica.pdf
- (Srlwongsltanon N., Savenlje & Mekan, (2015) “The Normalized Dierence Infrared Index as a proxy for soil moisture storage in hydrological modelling” Hydrology and Earth System Sciences. Doi: 10.5194/hessd-12-8419-2015
- Villanueva D. (2017) “Crecimiento urbano y el impacto ambiental generado en el distrito de la Unión, Dos de Mayo -Huánuco - 2017”. Universidad Cesar Vallejo, Fcaultad de Ingeniería. Lima, Perú.
- Tabaquira H. “Análisis multitemporal del crecimiento urbano de la zona de expansión para el periodo de 1987 – 2015 en el municipio de Ibague, Tolima”. Universidad Militar Nueva Granada, Facultad de Ingeniería Especialización en Geomática, Bogotá, Colombia.
- USGS, S. f. (2001). Ciencia, Sociedad, Soluciones: una Introducción al USGS. U.S. Geological Survey, 107-01.

ANEXOS



LEYENDA	
NDSI 1985	Banda 1 (Gray)
	0.927048 -0.726274
NDSI 1988	Banda 1 (Gray)
	0.933551 -0.722426
NDSI 1991	Banda 1 (Gray)
	0.920094 -0.566622



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ
UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS
FORESTALES Y DEL AMBIENTE

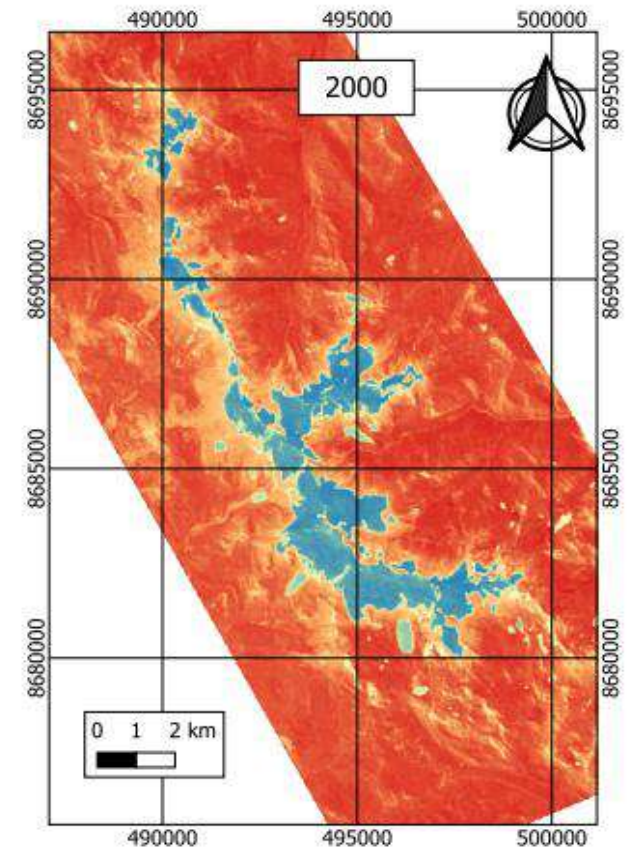
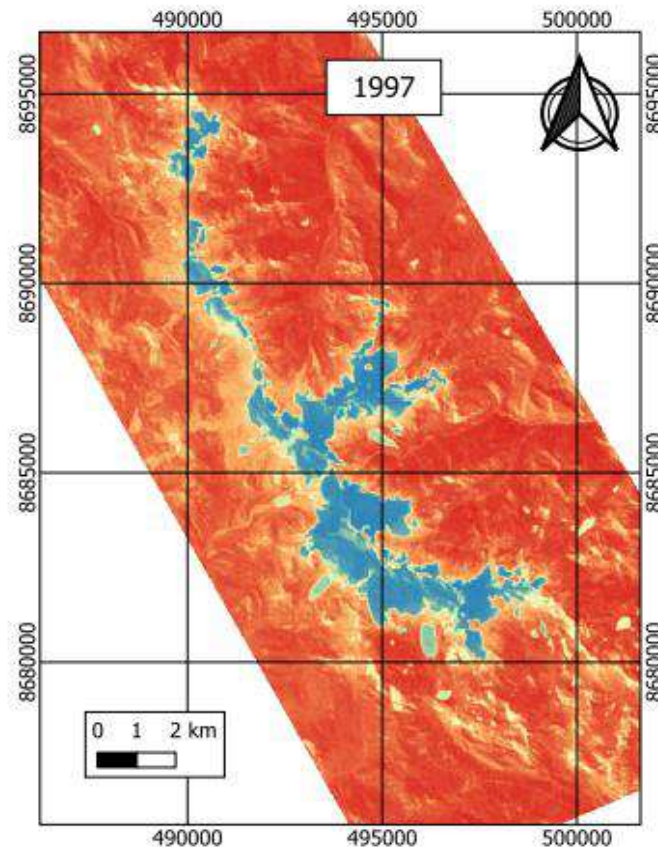
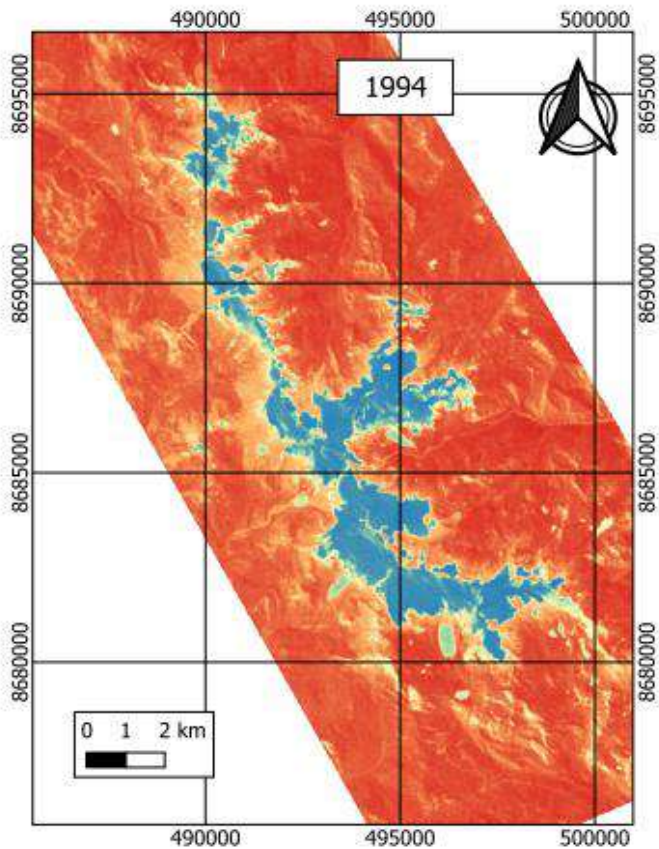


**TESIS: IMPACTO DE LA NUBOSIDAD Y TEMPERATURA EN EL NEVADO
HUAYTAPALLANA, EN LA REGION JUNÍN, PERIODO 1985 - 2022**

TESISTA: ELYANE ESTEFANY BELITO HUAMANI
ASESOR: DR. JULIO CESAR ALVAREZ ORELLANA
ESCALA: 1/130000
EPSG: 32718 WGS84/UTM zone

HUANCAYO - PERÚ
2024

ÁREA (KM2)	
1985	31.63
1988	30.26
1991	28.95



LEYENDA	
NDSI 1994	Banda 1 (Gray)
	0.893133 -0.595537
NDSI 1997	Banda 1 (Gray)
	0.923816 -0.55789
NDSI 2000	Banda 1 (Gray)
	0.880782 -0.582294



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ
UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS
FORESTALES Y DEL AMBIENTE

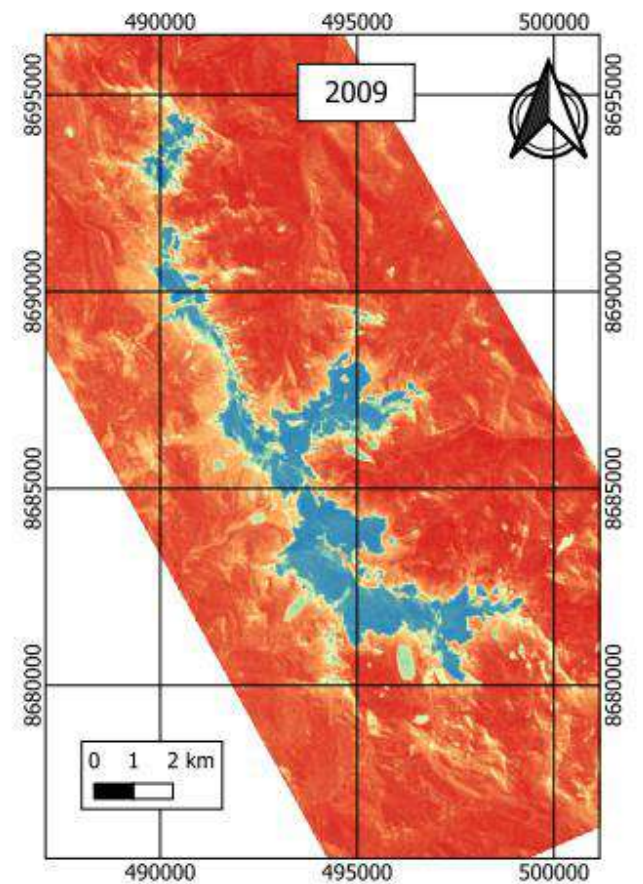
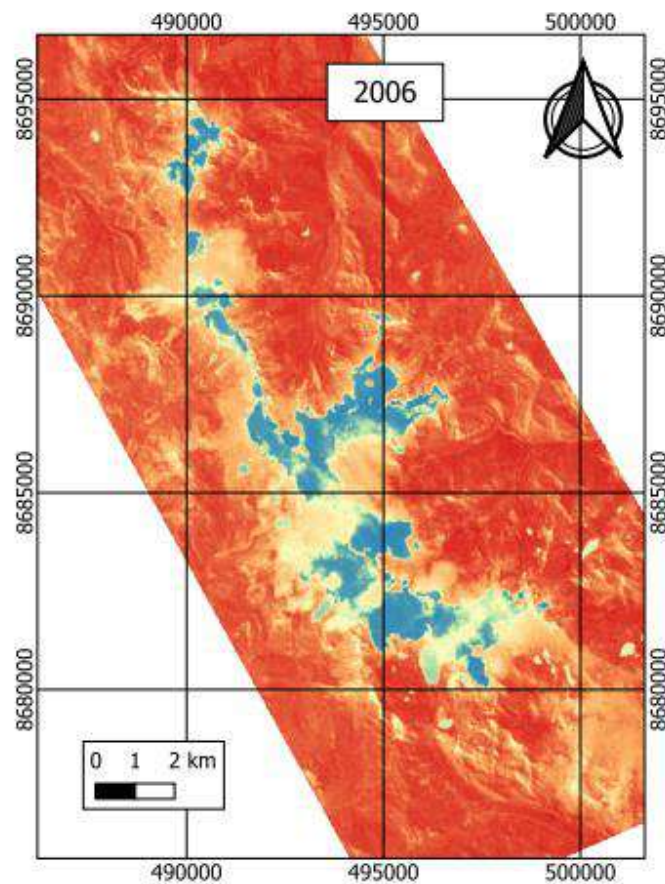
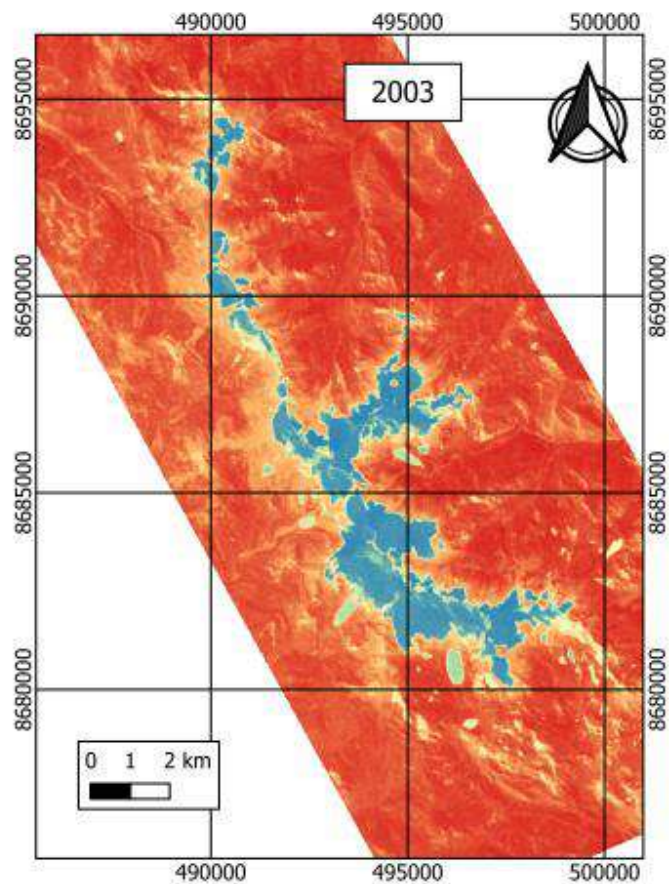


**TESIS: IMPACTO DE LA NUBOSIDAD Y TEMPERATURA EN EL NEVADO
HUAYTAPALLANA, EN LA REGION JUNÍN, PERIODO 1985 - 2022**

TESISTA: ELYANE ESTEFANY BELITO HUAMANI
ASESOR: DR. JULIO CESAR ALVAREZ ORELLANA
ESCALA: 1/130000
EPSG: 32718 WGS84/UTM zone

HUANCAYO - PERÚ
2024

ÁREA (KM2)	
1994	30.33
1997	27.25
2000	25.19




LEYENDA


NDSI 2003
Banda 1 (Gray)
0.923498
-0.573983

NDSI 2006
Banda 1 (Gray)
0.858685
-0.533005

NDSI 2009
Banda 1 (Gray)
0.907127
-0.573091



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ
UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS
FORESTALES Y DEL AMBIENTE

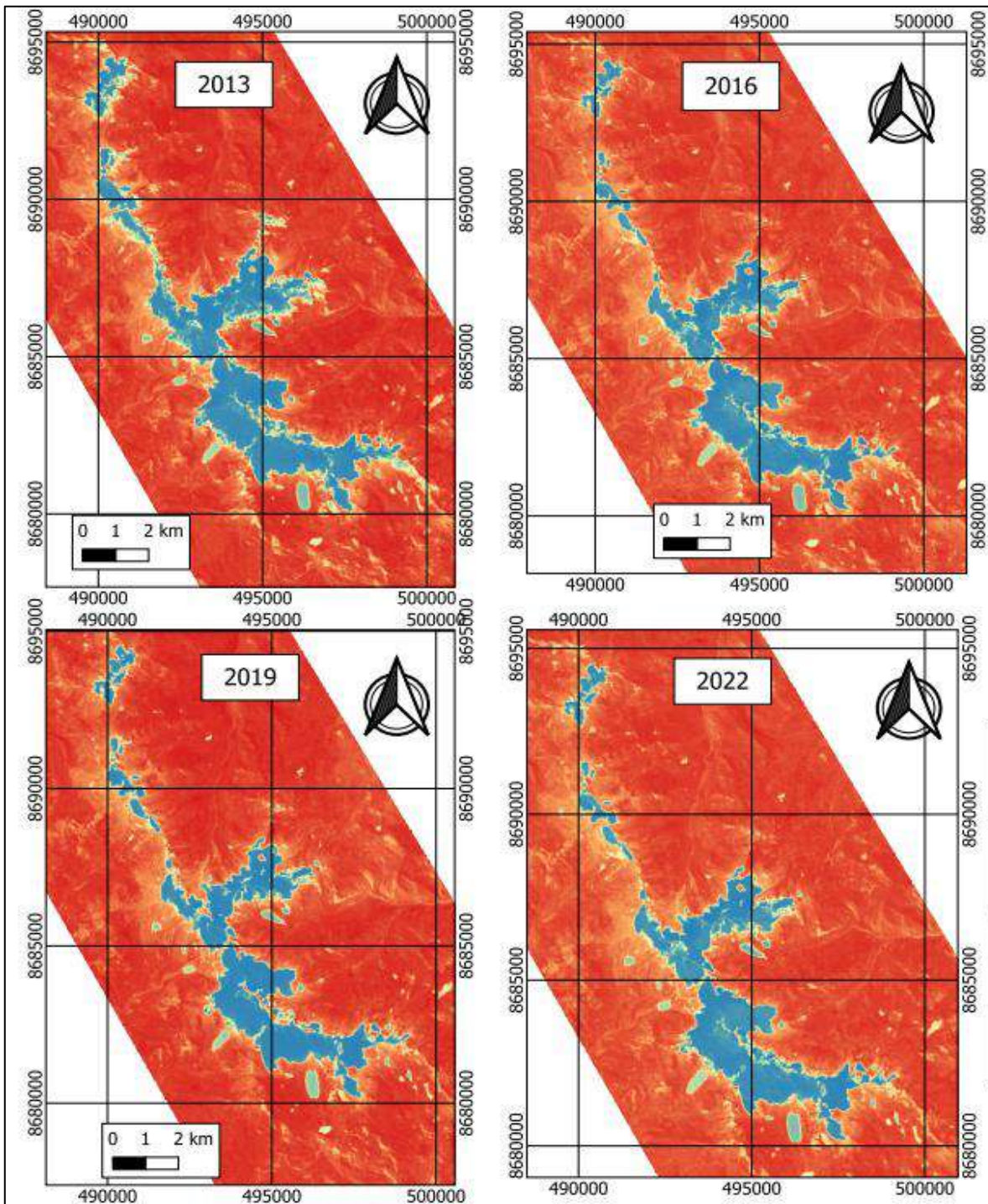


**TESIS: IMPACTO DE LA NUBOSIDAD Y TEMPERATURA EN EL NEVADO
HUAYTAPALLANA, EN LA REGION JUNÍN, PERIODO 1985 - 2022**

TESISTA: ELYANE ESTEFANY BELITO HUAMANI
ASESOR: DR. JULIO CESAR ALVAREZ ORELLANA
ESCALA: 1/130000
EPSG: 32718 WGS84/UTM zone

HUANCAYO - PERÚ
2024

ÁREA (KM2)	
2003	26.22
2006	24.59
2009	24.96



LEYENDA

NDSI 2013
Banda 1 (Gray)
0.933269
-0.829508

NDSI 2016
Banda 1 (Gray)
0.921338
-0.745552

NDSI 2019
Banda 1 (Gray)
0.943974
-0.745192

NDSI 2022
Banda 1 (Gray)
0.944806
-0.77677

ÁREA (KM2)	
2013	22.92
2016	21.10
2019	19.67
2022	17.93



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ
UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS
FORESTALES Y DEL AMBIENTE



TESIS: IMPACTO DE LA NUBOSIDAD Y TEMPERATURA EN EL NEVADO HUAYTAPALLANA, EN LA REGION JUNÍN, PERIODO 1985 - 2022

TESISTA: ELYANE ESTEFANY BELITO HUAMANI
 ASESOR: DR. JULIO CESAR ALVAREZ ORELLANA
 ESCALA: 1/130000
 EPSG: 32718 WGS84/UTM zone

HUANCAYO - PERÚ
2024