

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



**Influencia de la temperatura superficial en la
dinámica espacio temporal de la cobertura nival en
los nevados Portuguesa y Razuhuillca. Ayacucho.**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
BIÓLOGO, EN LA ESPECIALIDAD DE ECOLOGÍA Y
RECURSOS NATURALES**

Presentado por el:

Bach. BAUTISTA TENORIO, Jeyson Deivy

AYACUCHO – PERÚ


2020

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
Bach. Jeyson Deivy Bautista Tenorio
R.D.N° 179-2019-UNSCH-FCB-D


En la ciudad de Ayacucho, siendo las cuatro de la tarde del día veinte de setiembre del dos mil diecinueve, se reunieron los miembros del jurado evaluador, en el Auditorium de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, presidida por el Dr. Martín Tenorio Bautista (Presidente encargado), el Dr. Jesús De La Cruz Arango (Miembro - jurado), Carlos Emilio Carrasco Badajoz (Miembro-jurado), Mg. Edwin Portal Quicaña (Miembro - Asesor) y Blgo. César Justo Rodolfo Vargas (Miembro - 4to jurado), actuando como secretario docente Mg. Rebelino Acuña Martínez encargado según Memorando N°450-2019-UNSCH-FCB, de fecha 19 de setiembre para recepcionar la exposición y defensa de la tesis, titulada: **“Influencia de la temperatura superficial en la dinámica espacio temporal de la cobertura nival en los nevados Portuguesa y Razuhuillca. Ayacucho”**, presentado por el **Bach. Jeyson Deivy Bautista Tenorio**. El presidente encargado luego de verificar la documentación presentada, indicó al secretario docente encargado dar lectura a la documentación que refrenda el presente acto académico, luego de ello se dispuso el inicio del acto de sustentación, invitando al sustentante que dispone de cuarenta y cinco minutos para exponer su trabajo de investigación tal como lo establece el reglamento de grados y títulos. Culminada la sustentación, el presidente encargado invitó a los miembros del jurado evaluador para que puedan solicitar al sustentante aclaraciones, ampliación y/o preguntas sobre el tema de exposición para la mejora del informe final y la correspondiente evaluación de la sustentación del trabajo de investigación, presentado por el Bach. Jeyson Deivy Bautista Tenorio. Seguidamente el presidente invitó al sustentante y público asistente a abandonar temporalmente el auditorium para proceder a la deliberación y calificación correspondiente, siendo los resultados siguientes:


MIEMBROS DEL JURADO EVALUADOR	EXPOSICIÓN	RESPUESTA A PREGUNTAS	PROMEDIO
Dr. Carrasco Badajoz, Carlos Emilio	18	18	18
Dr. De La Cruz Arango, Jesús	18	18	18
Mg. Portal Quicaña, Edwin	18	18	18
Blgo. Rodolfo Vargas, César Justo	18	18	18
		PROMEDIO FINAL	18

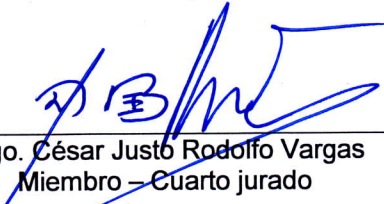
El sustentante alcanzo el promedio de 18 (dieciocho), aprobado. Seguidamente el presidente invito al sustentante y público asistente reingresar al auditorium a fin de conocer los resultados de la evaluación. El acto de sustentación culminó siendo las seis de la noche con veinticinco minutos. En fe de lo actuado firman al pie del presente.



Dr. Saturnino Martín Tenorio Bautista
Presidente encargado


Dr. Carlos Emilio Carrasco Badajoz
Miembro - Jurado


Dr. Jesús De la Cruz Arango
Miembro - Jurado


Mg. Edwin Portal Quicaña
Miembro - Asesor


Blgo. César Justo Rodolfo Vargas
Miembro - Cuarto jurado


Mg. Rebelino Acuña Martínez
Secretario - Docente (e)



FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA

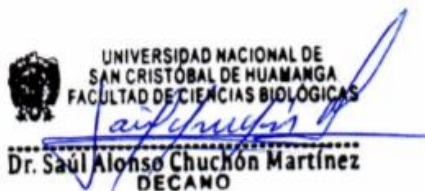
DECANATURA

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS N° 010-
2021-FCB-D

Yo, SAÚL ALONSO CHUCHÓN MARTÍNEZ, Decano de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional De San Cristóbal De Huamanga; autoridad encargada de verificar la tesis titulada: **“Influencia de la temperatura superficial en la dinámica espacio temporal de la cobertura nival en los nevados Portuguesa y Razuhuillca. Ayacucho”**, presentado por el Bach. JEYSON DEIVY BAUTISTA TENORIO; he constatado por medio del uso de la herramienta TURNITIN, procesado CON DEPÓSITO, una similitud de 15%, grado de coincidencia, menor a lo que determina la ausencia de plagio definido por el Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación de la UNSCH, aprobado con Resolución del Consejo Universitario N° 039-2021-UNSCH-C.

En tal sentido, la tesis cumple con las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Se acompaña el INFORME FINAL DE TURNITIN correspondiente.

Ayacucho, 23 de junio de 2021.


UNIVERSIDAD NACIONAL DE
SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
Dr. Saul Alonso Chuchón Martínez
DECANO

Influencia de la temperatura superficial en la dinámica espacio temporal de la cobertura nival en los nevados Portuguesa y Razuhuillca. Ayacucho

por Jeyson Deivy Bautista Tenorio

Fecha de entrega: 24-jun-2021 11:20a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1611628098

Nombre del archivo: 1A_BAUTISTA_TENORIO_JEYSON_DEIVY_Pregado_2021_TURNITIN.docx (4.23M)

Total de palabras: 11693

Total de caracteres: 62827

Influencia de la temperatura superficial en la dinámica espacio temporal de la cobertura nival en los nevados Portuguesa y Razhuillca. Ayacucho

INFORME DE ORIGINALIDAD

15 %

INDICE DE SIMILITUD

15%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

9%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	ateneo.unmsm.edu.pe	Fuente de Internet	3 %
2	repositorio.upao.edu.pe	Fuente de Internet	2 %
3	www.dspace.espol.edu.ec	Fuente de Internet	1 %
4	vsip.info	Fuente de Internet	1 %
5	Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola	Trabajo del estudiante	1 %
6	cybertesis.unmsm.edu.pe	Fuente de Internet	1 %
7	www.slideshare.net	Fuente de Internet	1 %
8	repositorio.unu.edu.pe	Fuente de Internet	1 %

9	repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet	1%
10	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1%
11	www.gep.uchile.cl Fuente de Internet	<1%
12	www.scribd.com Fuente de Internet	<1%
13	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	<1%
14	guzlop-editoras.com Fuente de Internet	<1%
15	qdoc.tips Fuente de Internet	<1%
16	Submitted to Universidad Privada Antenor Orrego Trabajo del estudiante	<1%
17	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	<1%
18	documentop.com Fuente de Internet	<1%
19	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	<1%

20 Submitted to Universidad de Chile

Trabajo del estudiante

<1%

21 marte2.sid.inpe.br

Fuente de Internet

<1%

22 repositorio.unc.edu.pe

Fuente de Internet

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

< 30 words

Excluir bibliografía

Activo

A Dios

A mis queridos padres, Moisés y Silvia por sus enseñanzas y apoyo incondicional y todas las personas que hicieron posible en el aporte de enseñanzas para mi formación profesional.

AGRADECIMIENTO

A mi *Alma Mater* la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga por acogerme y dar la oportunidad de alcanzar el objetivo de ser Biólogo.

A la Facultad de Ciencias Biológicas, a la Escuela Profesional de Biología, al Área Académica de Ecología y Recursos Naturales, a la plana de docentes por compartir sus sabios conocimientos y experiencias a lo largo de mi formación académica y profesional.

Al Mg. Blgo. Edwin Portal Quicaña, asesor del presente trabajo, por haberme brindado las facilidades y enseñanzas que impartió durante su acompañamiento para poder lograr el trabajo de investigación.

Al Mg. Wilmer Enrique Moncada Sosa, coasesor del presente trabajo, por su apoyo en el desarrollo y culminación del presente trabajo de investigación.

Al Blgo. Ronald Chávez, por su apoyo en el proceso de validar el proceso metodológico presente trabajo de investigación y asesorías constantes.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN	xv
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
2.1. Antecedentes	3
2.2. Marco conceptual	6
2.2.1. Teledetección	6
2.2.2. Nieve	6
2.2.3. Temperatura superficial terrestre	6
2.3. Bases teóricas	6
2.3.1. Calentamiento global	6
2.3.2. Tendencia de la temperatura en el Perú	6
2.3.3. El estado Peruano es altamente vulnerable a la variabilidad climática	7
2.3.4. Efectos del calentamiento global	7
2.3.5. Fundamentos de la teledetección	7
2.3.6. El espectro electromagnético	8
2.3.7. División del espectro electromagnético	9
2.3.8. Satélite Landsat	10
2.3.9. Características del sistema Landsat 5 - TM	11
2.3.10. Características del sistema Landsat 8-OLI	13
2.3.11. Correcciones de las imágenes satelitales	13
2.3.12. Calibración radiométrica de las imágenes TM y Oli	13
2.3.13. Corrección atmosférica	14
2.3.14. Comportamientos y firmas espectrales	15
2.3.15. Respuesta espectral del agua y de la nieve	16
2.3.16. Índice de nieve de diferencia normalizada (NDSI)	17
2.3.17. Estimación de la temperatura de la superficie terrestre	18
2.4. Marco legal	18

2.4.1.	Ley General del medio Ambiente N° 26811	18
2.4.2.	Ley marco sobre cambio climático N° 30754.	19
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	21
3.1.	Ubicación de la zona de estudio	21
3.1.1.	Ubicación política del nevado Portuguesa	21
3.1.2.	Ubicación política del nevado Razuhuillca	21
3.1.3.	Ubicación geográfica del nevado Portuguesa	21
3.1.4.	Ubicación geográfica del nevado Razuhuillca	22
3.2.	Población y muestra	23
3.2.1.	Población	23
3.2.2.	Muestra	23
3.3.	Metodología y obtención de información	23
3.3.1.	Procesamiento de las imágenes Landsat TM y OLI	23
3.3.2.	Análisis espacial y temporal de la cobertura nival	26
3.3.3.	Determinación Temperatura Superficial Terrestre (TST)	26
3.3.4.	Análisis de la tendencia temporal de la temperatura superficial terrestre en los nevados Portuguesa y Razuhuillca	27
3.3.5.	Análisis de coeficiente de correlación y determinación entre el cambio de la cobertura nival y la variable climática (temperatura superficial).	27
3.3.6.	Elaboración de mapas temáticos	28
3.4.	Tipo de investigación	28
3.5.	Análisis de datos	28
IV.	RESULTADOS	29
V.	DISCUSIÓN	45
VI.	CONCLUSIONES	55
VII.	RECOMENDACIONES	57
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
	ANEXO	63

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Análisis de la pérdida glaciaria en el nevado Pastoruri, Ancash.	3
Tabla 2. Pérdida de área glaciaria de la sierra nevada de El Cocuy, entre los periodos 1992, 2003 y 2014.	4
Tabla 3. Características de las imágenes de la serie Landsat.	11
Tabla 4. Principales características de las Landsat 5 – Sensor TM	12
Tabla 5. Pérdida de cobertura nival del nevado Portuguesa, periodo 1984, 2000 y 2017. Región Ayacucho.	31
Tabla 6. Pérdida de cobertura nival del nevado Razuhuillca, en 1985, 2000 y 2017. Región Ayacucho.	35
Tabla 7. Análisis de correlación – Spearman, entre la cobertura nival con la temperatura mínima y la temperatura máxima ($p < 0,05$, Spearman= -0,616; -0,542). Nevado Portuguesa. Región Ayacucho	43
Tabla 8. Análisis de correlación – Spearman, entre cobertura nival con la temperatura mínima y la temperatura máxima promedio ($p < 0,05$, Spearman=-0,430; -0,609). Nevado Razuhuillca. Región Ayacucho.	44

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Proyección del escenario futuro de la pérdida de superficie glaciar del nevado Pastoruri, durante el periodo 1988 al 2050.	4
Figura 2. Esquema general del funcionamiento de la Teledetección	8
Figura 3. Clasificación del espectro electromagnético	9
Figura 4. Espectro electromagnético	10
Figura 5. Respuesta espectral de superficies naturales (Klein et al., 1998).	16
Figura 6. Niveles de reflectividad para los diferentes tipos de nieve a distintas longitudes de ondas.	17
Figura 7. Mapa de ubicación del nevado Portuguesa. Región Ayacucho.	22
Figura 8. Mapa de ubicación del nevado Razhuillca. Región Ayacucho.	23
Figura 9. Regresión lineal de la cobertura nival en función a los periodos 1984, 2000 y 2017 del nevado Portuguesa, ($R^2=0,99$). Región Ayacucho.	32
Figura 10. Tendencia de la cobertura nival del nevado Portuguesa, en el periodo de 1984 al 2017. Región Ayacucho	33
Figura 11. Cobertura nival durante los años 1984, 1994, 2004, 2014 y 2017 del nevado Portuguesa determinada a partir del índice de NDSI.	34
Figura 12. Regresión lineal de la cobertura nival en función a los periodos de 1985, 2000 y 2017, del nevado Razhuillca ($R^2=0,80$). Región Ayacucho.	36
Figura 13. Tendencia de la cobertura nival del nevado Razhuillca, en el periodo de 1985 al 2017. Región Ayacucho.	37
Figura 14. Cobertura nival durante los años 1985, 1995, 2005, 2015 y 2017 del nevado Razhuillca determinada a partir del índice de NDSI.	38
Figura 15. Tendencia temporal de la temperatura máxima en el nevado Portuguesa. Periodo 1984-2017. Región Ayacucho.	39
Figura 16. Tendencia temporal de la temperatura mínima en el nevado Portuguesa. Periodo 1984-2017. Región Ayacucho.	40
Figura 17. Tendencia temporal de la temperatura máxima en el nevado Razhuillca. Periodo 1985-2017.Región Ayacucho.	41
Figura 18. Tendencia temporal de la temperatura mínima en el nevado Razhuillca. Periodo 1985-2017.Región Ayacucho.	42

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Test de normalidad de Kolmogorov-Smirnov - Shapiro-wilks de las variables de temperatura promedio mínima, temperatura máxima promedio y cobertura nival del nevado Portuguesa. Región Ayacucho.	65
Anexo 2. Test de normalidad de Kolmogorov-Smirnova - Shapiro-wilks de los variables de temperatura promedio mínima, temperatura máxima promedio y cobertura nival del nevado Razuhuillca. Región Ayacucho.	66
Anexo 3. Temperatura superficial usando el índice NDSI nevado Portuguesa.	67
Anexo 4. Temperatura superficial usando el índice NDSI nevado Razuhuillca.	68
Anexo 5. Índice estandarizado de la temperatura mínima en el nevado Portuguesa - Periodo 1984 al 2017. Región de Ayacucho.	69
Anexo 6. Índice estandarizado de la temperatura máxima en el nevado Portuguesa - Periodo 1984 al 2017. Región de Ayacucho.	70
Anexo 7. Índice estandarizado de la temperatura mínima en el nevado Razuhuillca - Periodo 1985 al 2017. Región de Ayacucho.	71
Anexo 8. Índice estandarizado de la temperatura máxima en el nevado Razuhuillca - Periodo 1985 al 2017. Región de Ayacucho.	72
Anexo 9. Relación entre cobertura nival con la Temperatura promedio del nevado Portuguesa. ($R^2=-0,26$, $p<0,05$), (Spearman:-0,558). Región Ayacucho.	73
Anexo 10. Relación entre cobertura nival vs Temperatura promedio del nevado Razuhuillca. ($R^2=0,19$; $p<0,05$), (Spearman:-0,44). Región Ayacucho.	74
Anexo 11. Proceso para el acceso a la página de Earth Explorer (http://earthexplorer.usgs.gov/) y registrarse (login).	75
Anexo 12. Visualización de imágenes satelitales vía internet.	76
Anexo 13. Descarga de imágenes satelitales desde USGS.	77
Anexo 14. "Header" (cabecero) de las imágenes descargadas.	78
Anexo 15. Mapa temático de la distribución de la cobertura nival del nevado Portuguesa periodo 1984, 2000 y 2017. Región	81

	Ayacucho.	
Anexo 16.	Mapa temático de la distribución de la cobertura nival del nevado Razhuilca periodo 1985, 2000 y 2017. Región Ayacucho.	82
Anexo 17.	a. Mapa altitudinal y b. Mapa de orientación del nevado Portuguesa. Región Ayacucho.	83
Anexo 18.	a. Mapa altitudinal y b. Mapa de orientación del nevado Portuguesa. Región Ayacucho.	84
Anexo 19.	Esquema del procedimiento para las imágenes Landsat, para determinar cobertura nival y temperatura superficial terrestre.	85
Anexo 20.	Matriz de consistencia.	86

RESUMEN

Es muy importante conocer la interacción de los nevados en la sierra del Perú, la variabilidad en el tiempo y espacio para la toma de decisiones con respecto a las acciones frente al cambio climático, la variabilidad climática a nivel local nos permitirá tener un acercamiento sobre la realidad sobre los efectos del cambio climático y las consecuencias que están afrontando nuestros nevados que se caracterizan por su fragilidad. Es por ello que este trabajo tiene como objetivo estudiar la dinámica espacio temporal de la cobertura nival y la temperatura superficial terrestre en los nevados haciendo uso de la metodología del Índice Diferencial Normalizado de Nieve-NDSI. Los nevados están ubicados en la Sierra-Centro de los Andes Peruanos, el nevado Portuguesa ubicado políticamente en el departamento de Ayacucho, se encuentra a una altitud de 5,025 metros sobre el nivel del mar, su ubicación es: 8521054 N y 538935 E y el nevado Razuhuillca ubicado políticamente en el departamento de Ayacucho, se encuentra a una altitud de 4,931 metros sobre el nivel del mar, su ubicación es: 8577140 N y 591445 E; para la investigación se han analizado 324 imágenes satelitales Landsat 5 TM y Landsat 8 OLI (imágenes que corresponden de 1984 al 2017), reportándose que el nevado Portuguesa ha reducido su cobertura nival en 77,6 ha, actualmente tiene 11,5 ha, observándose una pérdida de 87,1% con respecto al año 1984, para el caso del nevado Razuhuillca se ha reducido su cobertura nival en aproximadamente 84,92 ha, actualmente tiene 0,08 ha, reportándose una pérdida de 99,9% con respecto al año 1985. Asimismo se reportó que la tendencia temporal de la temperatura máxima superficial en el nevado Portuguesa se ha incrementado en 3,4°C, para la temperatura mínima se reporta un incremento en 5,4°C, durante los periodos 1984 al 2017, para el caso del nevado Razuhuillca se reporta un incremento de la temperatura máxima en 5,2°C, para la temperatura mínima se reporta un incremento en 4,7°C, durante los periodos 1985 al 2017. Por otro lado el análisis de correlación – Spearman, para el nevado Portuguesa se observa una correlación negativa significativa con la temperatura máxima ($r_s = -,542$) y una correlación negativa significativa con la temperatura mínima ($r_s = -,616$), ambas con la cobertura nival, para el nevado Razuhuillca se observa una correlación negativa significativa con la temperatura máxima ($r_s = -,609$) y una correlación negativa significativa con la temperatura mínima ($r_s = -,430$) ambas con la cobertura nival. Al estudiar la dinámica espacio temporal de la cobertura nival y la temperatura superficial terrestre en los nevados Portuguesa y Razuhuillca se observa que actualmente estos ecosistemas están siendo impactados por los efectos del cambio climático, considerándolos indicadores de los cambios que están ocurriendo con nuestro clima a nivel local y global.

Palabras clave: Cobertura nival, teledetección, temperatura superficial terrestre.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente una de las preocupaciones del hombre es la crisis ambiental provocada por la variabilidad climática, es una anomalía compleja que implica aspectos múltiples y está interrelacionado con el sistema climático y sus efectos múltiples.

Los glaciares y los nevados son considerados como ecosistemas indicadores frente al cambio climático, reguladores hídricos, entre otros servicios que brinda de manera natural, los procesos de desglaciación ocurren de manera natural pero el ritmo que hoy en día se está dando es muy acelerado y es evidenciado, en muchos casos acelerado por las actividades destructivas del ser humano.

La desglaciación que se viene produciendo a nivel global, nos lleva a preguntarnos ¿Qué es lo que se está ocurriendo con los nevados de nuestra región Ayacucho?, es inminente que ya estamos viviendo los efectos del cambio climático y en un corto plazo nuestros nevados Razhuillca y Portuguesa irán reduciendo su cobertura nival, es por ello la importancia de conocer la extensión de la cobertura nival que existió en años anteriores y en la actualidad, además de conocer la variabilidad de la temperatura superficial en los nevados, los resultados del estudio de investigación aportarán en la toma de decisiones para las acciones de adaptación frente a esta consecuencia del cambio climático.

Una de las herramientas que permite el estudio de los glaciares y nevados es la percepción remota, por medio de un software e insumos como las imágenes satelitales de Landsat 5 sensor TM y Landsat 8 sensor OLI, permiten analizar el progreso espacio temporal de los nevados y obtener información significativa para determinar la relación de la temperatura superficial ligado al cambio climático.

El trabajo de investigación hace un análisis de la influencia de la temperatura superficial en la dinámica espacio temporal de la cobertura nival en los nevados

Razuhuilca y Portuguesa, usando la técnica de mapeo de cobertura nival, como el Índice Diferencial Normalizado De Nieve – NDSI, que consiste en la diferencia de dos bandas (una del visible y la otra en el infrarrojo cercano o partes del infrarrojo de onda corta del espectro). Esta técnica de mapeo de nieve es la más exitosa y común en la teledetección.

Teniendo en cuenta lo antes señalado se planteó para el presente trabajo de investigación la evaluación de la temperatura superficial como factor influyente en el retroceso espacio temporal de la cobertura nival de los nevados Portuguesa y Razuhuilca, por medio de la regresión lineal y el modelo estadístico de Análisis de correlación – Spearman, permitió inferir la tendencia de la cobertura nival y la tendencia de la temperatura terrestre en los nevados. El trabajo presentó los siguientes objetivos:

Objetivo General

Evaluar la influencia de la temperatura superficial en la dinámica espacio temporal de la cobertura nival del nevado Portuguesa y Razuhuilca. Ayacucho.

Objetivo Específicos

1. Determinar la temperatura y cobertura nival en los nevados Portuguesa y Razuhuilca. Ayacucho.
2. Describir la tendencia espacial de la cobertura nival de los nevados la Portuguesa y Razuhuilca. Ayacucho.
3. Describir la tendencia temporal de la temperatura en los nevados portuguesa y Razuhuilca. Ayacucho.
4. Correlacionar la tendencia espacial de la cobertura nival con la temperatura en los nevados Portuguesa y Razuhuilca. Ayacucho.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Tarazona *et al*, en el año 2012, realizó una investigación en el nevado Pastoruri, en la que hizo uso de imágenes de satélite entre los años 1988, 1999 y 2016, los cuales pertenecen al Landsat 5 TM L1T, Landsat 7 TM+ y Landsat 8 OLI (imágenes ortorrectificadas). En la que analizó el comportamiento glaciar en un periodo de 23 años y poder predecir el comportamiento glaciar para el año 2050. Llegando a la conclusión que la cobertura glaciar para los años 1988, 1999 y 2011 fue reduciéndose¹.

Tabla 1. Análisis de la pérdida glaciar en el nevado Pastoruri, Ancash.

Año	Superficie glaciar (ha)	Pérdida de superficie glaciar (ha)	Porcentaje de pérdida (%)
1988	2209,37	184,13	8,33
1999	2025,24		
2011	1563,02	462,22	22,8

Como se muestra en la Tabla 1, el nevado Pastoruri ha ido reduciendo su superficie glaciar, es decir que el año 1988 presentaba una superficie glaciar de 2209,37 ha y para el año 1999 presentó una superficie glaciar de 2025,24 ha, presentando una pérdida del 8,33 % de la superficie glaciar, para el año 2011 presentó una superficie glaciar de 1563,02 ha observándose una pérdida del 22,8 % de su superficie glaciar, en un periodo de 23 años. En los resultados presentados del trabajo de investigación también muestra una proyección para el año 2050 donde se tendrá aproximadamente 500 hectáreas de cubierta glaciar (Figura 1), y para el año 2064 aproximadamente, no existirá glaciar¹.

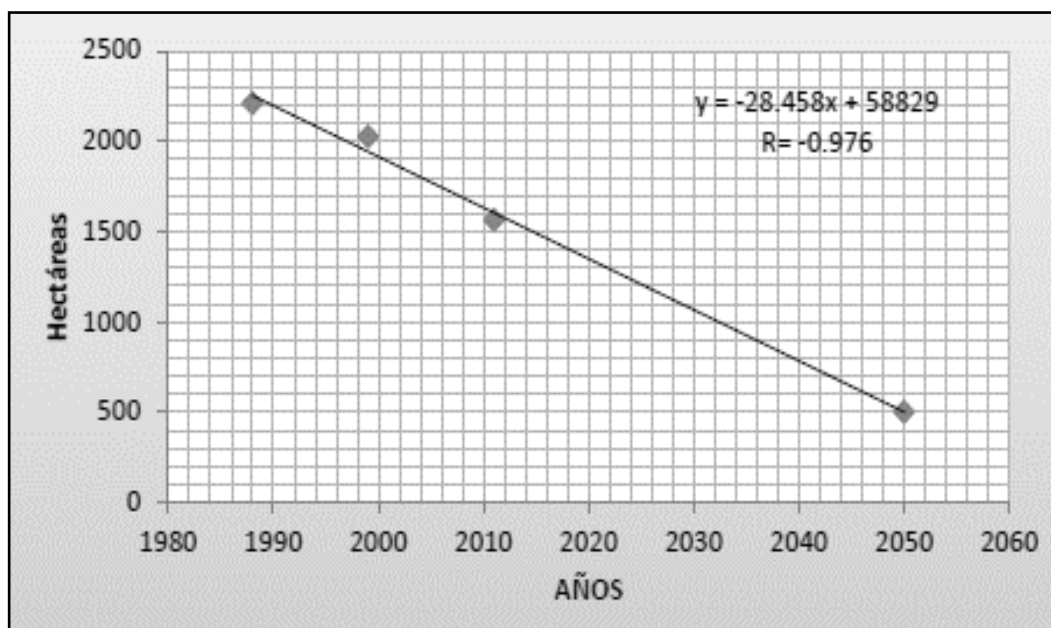


Figura 1. Proyección del escenario futuro de la pérdida de superficie glaciar del nevado Pastoruri, durante el periodo 1988 al 2050.

Fuente: <https://teledeteccionsigcartografia.files.wordpress.com/2012/11/retroceso-del-nevado-pastoruri1.pdf>

Suarez *et al*, el año 2015, en el país de Colombia, realizó el trabajo de investigación y analizó el comportamiento a partir de imágenes satelitales Landsat del glaciar de la sierra nevada de El Cocuy para predecir la reducción de la cobertura glaciar durante el periodo de 1992, 2003 y 2014, como resultado de la investigación permitió analizar la regresión glaciar en un periodo total de 22 años y parcial en un intervalo de cada 11 años, haciendo uso de técnicas de clasificación supervisada, corrección atmosférica, filtros y diferentes modelos matemáticos, y obtuvieron los siguientes resultados¹⁶.

Tabla 2. Pérdida de área glaciar de la sierra nevada de El Cocuy, entre los periodos 1992, 2003 y 2014.

Año	Área (Km ²)	Pérdida entre periodos (km ²)	Pérdida anual (km ²)
1992	25,1	-	-
		7,7	0,7
2003	20,4		
		9,2	0,83
2014	11,2	-	-

El análisis presentan un retroceso del área glaciar en el Nevado del Cocuy, durante los periodos 1992 a 2003 donde que se observa la pérdida glaciar en 7,7% Km², durante los periodos 2003 y 2014 en un periodo de 11 años es de

9,2% Km². Los datos obtenidos muestran que la sierra nevada del Cocuy al pasar los años fue reduciendo el área glaciaria¹⁶.

Cerna *et al*, el año 2012, realizó un trabajo de investigación para determinar el cambio del volumen y cobertura glaciaria a partir de imágenes Landsat Thematic Mapper y ASTERG. Producto de las imágenes procesadas obtuvo que el volumen y la cobertura nival se correlacionaron con The Normalized Difference Vegetation Index (NDSI), datos de precipitación, temperatura e iluminación. Los resultados del análisis fueron: Los nevados Huascarán y Champará presentan una tendencia a la pérdida de manto glaciario. Durante los periodos 1973-2010, el manto del glaciar Huascarán se ha perdido 16,036 km² (es decir el 24% de manto glaciario en 1973), considerando una pérdida de 0,42 km²/año; la reducción de manto glaciario del Champará ha reducido en 5,092 km² (30% de cobertura nival en el año 1973), presentando una pérdida de 0,134 km²/año. Para el caso del nevado de Huascarán la dimensión glaciaria se redujo en 5,364 km³ (representa el 33%) durante los años 1973-2010. Para el caso del nevado Champará se redujo en 1,349 km³ (es decir un 52%)¹⁷.

Pariona *et al*, el año 2015, realizó una investigación para analizar la variabilidad de la cobertura nival a partir de imágenes descargadas del satélite Landsat-5 TM, lo que le permitió realizar un análisis en un periodo de 1985 a 2010 para el nevado Huaytapallana. Como resultado obtuvo que el nevado presentó una pérdida de 13,52 km² (48,4%) en 26 años a una tasa de pérdida de 0,52 km²/año¹⁸.

Cea *et al*, en Río de Janeiro - Brasil, el año 2012, realizó un trabajo de investigación en donde analizó el retroceso de los glaciares en la cuenca de Llanganuco con la aplicación de la teledetección y el análisis multitemporal. La investigación analizó el comportamiento retroceso espacial de los glaciares, la evolución y la tendencia de la superficie de los glaciares debido a la variabilidad del clima, en ese contexto las superficies estimadas en la cuenca son: 27,94; 26,42 y 24,07 km² en los años 1987, 1996 y 2007 respectivamente. Como parte del estudio se ha analizó los escenarios futuros de la superficie de los 19 glaciares de la cuenca de Llanganuco, considerando los tipos de cambio promedio del período de estudio. Los resultados obtenidos muestran que el glaciar 2 y el glaciar 12 desaparecerían en el año 2037 para presentar mayores tasas de cambio (-2,87% y -3,0%). La importancia del trabajo de investigación fue determinar el progreso espacial de los glaciares¹⁹.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Teledetección

Definida como aquella técnica que permite obtener imágenes de la superficie terrenal desde sensores instalados en plataformas espaciales, es una manera de obtener datos de cuerpos tomando y observando datos sin que estén en contacto directo los instrumentos con el objeto en estudio⁴.

En la teledetección hay 04 elementos esenciales: fuente de energía, cubierta terrestre, el instrumento o sensor con el cual se va observar y el sistema de recepción – comercialización⁴.

Los satélites no brindan sistemas integrados de datos territoriales (la energía electromagnética es transformada en información digital) con un resolución radiométrica, espacial, espectral y periodicidad, todo ello hacen que se convierta en una herramienta fundamental de uso a nivel mundial, de igual forma estos datos obtenidos permiten la cuantificación y detección de los cambios que ocurren en el objeto en estudio¹⁵.

2.2.2. Nieve

Cuando la temperatura es muy baja permite la formación de la nieve, que el líquido se convierte en pequeños cristales de hielo y adquiere estado sólido. Cuando la nieve desciende en copos más o menos grandes que presentan una armazón cristalina adoptan formas geométricas con características fractales, la más corriente es que adopten cuerpos celestes de seis puntas⁴⁰.

2.2.3. Temperatura superficial terrestre

Se define como la energía térmica de onda larga que es emitida desde la superficie terrestre⁴¹.

2.3. Bases teóricas

2.3.1. Calentamiento global

La temperatura media a nivel superficial terrestre incremento 0,6 °C durante el siglo XXI, y unas dos terceras partes del incremento de la temperatura se produjeron desde 1975. Los expertos en climatología predicen que el incremento de la temperatura a nivel global presentará una tendencia positiva durante el siglo XXI, pegado a la variabilidad climática y pluviosidad^{2, 3}.

2.3.2. Tendencia de la temperatura en el Perú

La temperatura media anual y estacional muestra una tendencia lineal mostrando una tendencia positiva (incremento), especialmente en el territorio de +0,2 °C/decenio promedio, es decir, a través de un análisis son valores significativos en los espacios territoriales de las zonas altas del sur del Perú¹⁴.

2.3.3. El estado Peruano es altamente vulnerable a la variabilidad climática

Uno de los diez estados más vulnerables a los cambios que pudieran ocurrir en el medio ambiente es el Perú (Tyndall Centre, 2004). El riesgo es configurado por diversas circunstancias, algunos de estos factores es a las condiciones estructurales y otros a factores relacionados directa o indirectamente a los cambios ambientales. La vulnerabilidad ante los cambios ambientales en el Perú ha sido observada tomando como base la definición del IPCC⁹.

La misma está configurada por los siguientes factores:

- Amenazas crecientes
- Alto grado de exposición (Ocupación de territorio, el agua y la desglaciación).
- Perceptibilidad alta de la población, sectores, recursos (Los bajos recursos y la desigualdad son problemas sin solución, ecosistema y diversidad biológica, una economía dependiente del clima.)

Capacidad de adaptación incipiente (Una economía dependiente del clima, organización de la sociedad, alta incertidumbre en la información para toma de decisiones, marcos regulatorios que no consideran riesgos originados del cambio climático)⁹.

2.3.4. Efectos del calentamiento global

El incremento de la temperatura a nivel global es evidente, como se observa el aumento de la temperatura del aire y de las superficies marinas, derretimiento de nieve, glaciares y hielos, y el incremento de las aguas del mar a nivel mundial⁷.

Los cambios observados en el hielo, nieve y en el terreno congelado fueron en aumento (grado de confiabilidad) la extensión y la cantidad de los lagos glaciales, en los últimos años fueron incrementando la inestabilidad de la superficie en las regiones montañosas y en otras como la permafrost, y fueron afectando en espacios geográficos como el antártico y el ártico⁷.

La pérdida de cobertura glaciar en los territorios de los Andes Centrales está ligado significativamente a la variabilidad climática que ocurre a nivel global. Más que un hecho limitado a los territorios de los Andes o a las zonas tropicales, se basa en una proyección de reducción de cobertura glaciar que causa alteraciones a todos los ecosistemas de cordillera del mundo en dimensiones diferentes⁸.

2.3.5. Fundamentos de la teledetección

La teledetección es una herramienta que permite obtener datos digitales de suma importancia de un objeto en estudio, área o fenómeno, a través de la

interpretación de las imágenes descargadas y analizadas por un equipo que no entra en contacto con el cuerpo u objeto en investigación⁴.

A través de esta técnica permite la adquisición de imágenes de la superficie terrestre o marina y la atmósfera desde sensores que son incorporados en el satélite (plataformas espaciales). Esta técnica hace que la herramienta no entre en contacto con el objeto, cuerpo o fenómeno en estudio, sin embargo, existe una interacción de energía conocida como radiación electromagnética la cual puede ser emitida por los cuerpos, objetos o superficies o de otro cuerpo y haber sido reflejada por este. Todo cuerpo de la superficie terrestre y objeto (superficies inanimadas y elementos naturales) emiten energía electromagnética. Este tipo de energía y la cantidad que emiten los cuerpos principalmente depende de la temperatura. El sol es un cuerpo que emite la mayor radiación, y la energía que llega a la superficie terrestre del planeta tierra, es aquella que se hace uso comúnmente en la teledetección. Otra energía percibida puede ser provista por el mismo sensor, el cual dentro del diseño es incorporado para emitir radiación⁴.

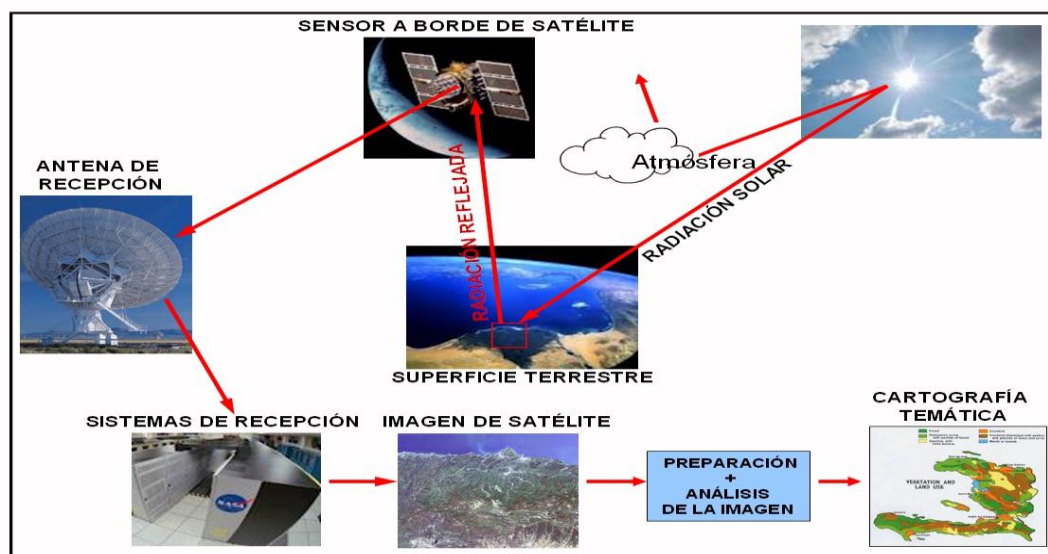


Figura 2. Esquema general del funcionamiento de la Teledetección.

Fuente: <http://www.serida.org/publicacionesdetalle.php?id=4981>

2.3.6. El espectro electromagnético

Al flujo de energía saliente en forma de ondas electromagnéticas se le denomina radiación electromagnética. Esta radiación puede ser de origen artificial o natural. El espectro electromagnético es el conjunto de todas las frecuencias posibles a las que se produce radiación electromagnética⁵.

El límite teórico inferior del espectro electromagnético es 0 (No existen frecuencias negativas) y el teórico superior es ∞ . Con los medios técnicos

actuales, se han detectado frecuencias electromagnéticas inferiores a 30 Hz y superiores a $2,9 \cdot 10^{27}$ Hz. Formalmente el espectro es infinito y continuo, se cree que la longitud de onda electromagnética (distancia entre dos valores de amplitud máxima de la onda) más pequeña posible es la longitud de Planck ($\lambda_p \approx 1,616252 \cdot 10^{-35}$ m), distancia o escala de longitud por debajo de la cual se espera que el espacio deje de tener una geometría clásica (medidas inferiores no pueden ser tratadas en los modelos de física actuales debido a la aparición de efectos de gravedad cuántica). Igualmente, se piensa que el límite máximo para la longitud de una onda electromagnética sería el tamaño del universo⁵.

2.3.7. División del espectro electromagnético

No todas las ondas electromagnéticas tienen el mismo proceder en el medio de propagación, el mismo origen o la misma manera de interacción con la clase. Por ello, el espectro electromagnético se divide convencionalmente en segmentos o bandas de frecuencia. Esta segmentación se ha realizado en función de diversos análisis, y en todo caso no es exacta, produciéndose en ocasiones solapamientos en las bandas, pudiendo una frecuencia quedar por tanto incluida en dos rangos (por ejemplo, debido a diferentes fenómenos físicos que originan la radiación, o a diferentes aprovechamientos de la energía radiada a una frecuencia concreta). La división más típica del espectro electromagnético establece las siguientes categorías de radiación electromagnética⁵.

Banda	Longitud de onda (m)	Frecuencia (Hz)	Energía (J)
Rayos gamma	< 10 μ m	> 30,0 EHz	> $20 \cdot 10^{-15}$ J
Rayos X	< 10 nm	> 30,0 PHz	> $20 \cdot 10^{-18}$ J
Ultravioleta extremo	< 200 nm	> 1,5 PHz	> $993 \cdot 10^{-21}$ J
Ultravioleta cercano	< 380 nm	> 789 THz	> $523 \cdot 10^{-21}$ J
Luz Visible	< 780 nm	> 384 THz	> $255 \cdot 10^{-21}$ J
Infrarrojo cercano	< 2,5 μ m	> 120 THz	> $79 \cdot 10^{-21}$ J
Infrarrojo medio	< 50 μ m	> 6,00 THz	> $4 \cdot 10^{-21}$ J
Infrarrojo lejano/submilimétrico	< 1 mm	> 300 GHz	> $200 \cdot 10^{-24}$ J
Microondas	< 30 cm	> 1 GHz	> $2 \cdot 10^{-24}$ J
Ultra Alta Frecuencia - Radio	< 1 m	> 300 MHz	> $19,8 \cdot 10^{-26}$ J
Muy Alta Frecuencia - Radio	< 10 m	> 30 MHz	> $19,8 \cdot 10^{-28}$ J
Onda Corta - Radio	< 180 m	> 1,7 MHz	> $11,22 \cdot 10^{-28}$ J
Onda Media - Radio	< 650 m	> 650 kHz	> $42,9 \cdot 10^{-29}$ J
Onda Larga - Radio	< 10 km	> 30 kHz	> $19,8 \cdot 10^{-30}$ J
Muy Baja Frecuencia - Radio	> 10 km	< 30 kHz	< $19,8 \cdot 10^{-30}$ J

Figura 3. Clasificación del espectro electromagnético.

Fuente: <http://www.tecun.com/emdt/130620/RinconTecnico.pdf>

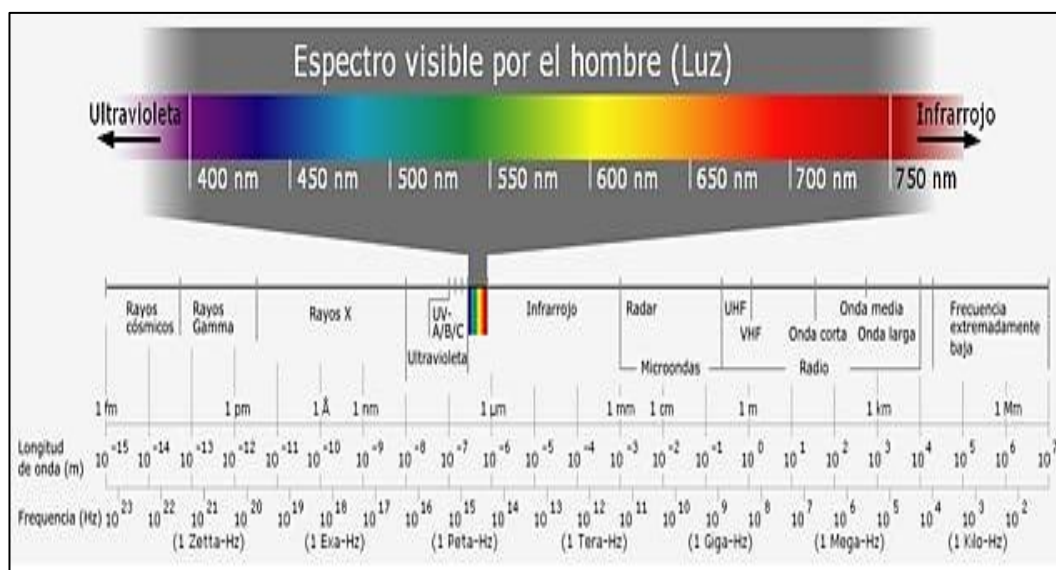


Figura 4. Espectro electromagnético.

Fuente: <http://www.analfatecnicos.net/pregunta.php?id=13>.

2.3.8. Satélite Landsat

A mediados del año 1960, incentivados por los éxitos de Estados Unidos en planetaria exploración que utiliza satélites de teledetección no tripulados, el departamento del interior, la NASA y el Departamento de La agricultura se embarcó en un codicioso esfuerzo para exponer y el lanzamiento del primer satélite de observación de la superficie de la tierra. Su meta se logró el 23 de julio de 1972, con el saque del Landsat 1, originalmente llamado " STRT " para la tierra Tecnología Recurso Satélite¹².

Tabla 3. Características de las imágenes de la serie Landsat.

Satélite	Lanzamiento (Fin servicio)	Altitud (km)	Periodicidad (días)	Sensor	Banda: intervalo Espectral (μm)	Resolución espacial (m)	
Landsat 1	23/07/72 06/01/78	917	18	RBV	(1) 0,48-0,57	80	
					(2) 0,58-0,68	80	
					(3) 0,70-0,83	80	
				MSS	(4) 0,50-0,60	79	
					(5) 0,60-0,70	79	
					(6) 0,70-0,80	79	
					(7) 0,80-1,10	79	
Landsat 2	22/01/75 25/02/82	917	18	Idéntico al Landsat 1			
Landsat 3	05/03/78 31/03/83	917	18	RBV	(1) 0,50-0,75	40	
					(4) 0,50-0,60	79	
				MSS	(5) 0,60-0,70	79	
					(6) 0,70-0,80	79	
					(7) 0,80-1,10	79	
					(8) 10,4-12,6	240	
					MSS	(4) 0,50-0,60	82
						(5) 0,60-0,70	82
(6) 0,70-0,80	82						
(7) 0,80-1,1	82						
Landsat 4	16/07/82 (83)	705	16	TM	(1) 0,45-0,52	30	
					(2) 0,52-0,60	30	
					(3) 0,63-0,69	30	
					(4) 0,76-0,90	30	
					(5) 1,55-1,75	30	
					(6) 10,4-12,5	120	
					(7) 2,08-2,35	30	
Landsat 5	Idéntico al Landsat 4						
Landsat 6	05/10/93 05/10/93	705	16	Fallos en el sistema			
Landsat 7	15/04/99	705	16	ETM+	(1) 0,45-0,52	30	
					(2) 0,53-0,61	30	
					(3) 0,63-0,69	30	
					(4) 0,78-0,90	30	
					(5) 1,55-1,75	30	
					(6) 10,4-12,5	120	
					(7) 2,09-2,35	30	
					PAN 0,5-0,9	15	

Fuente: https://eva.fing.edu.uy/pluginfile.../LANDSAT_Garcia_UVIGO.pdf

2.3.9. Características del sistema Landsat 5 - TM

Presenta una resolución de imagen de aproximadamente 80 metros en cuatro bandas espectrales que van desde la verde visible a las longitudes de onda del

infrarrojo cercano (IR). El primer sensor Landsat 1, 2, y 3 era el escáner multiespectral (MSS)¹².

La mejora de los sensores Thematic Mapper (TM) a bordo Landsat 4 y 5 fueron planteadas con varias bandas adicionales en la parte infrarroja de onda corta (SWIR); 30 metros para el visible de resolución espacial mejorada, infrarrojo cercano, y bandas SWIR; una banda térmica adicional -IR 120 - metros. Landsat 7 (ETM +), con 30 metros de altura visible, el infrarrojo cercano, y las bandas SWIR, una banda térmica de 60 metros, y una pancromática de 15 metros¹².

Los instrumento MSS y el instrumento de TM la nave espacial modular (MMS) plataforma multi – misión, abordo en Landsat 4 y Landsat 5. El sensor MSS era incluido para proporcionar continuidad con las misiones Landsat anteriores, los TM rápidamente se convirtieron en el principio para el uso de las imágenes a partir de estos sensores espaciales porque la información ofrecida era mejor en el rendimiento espacial, espectral, radiométrica y geométrica. La resolución espacial del sensor TM es de 30 m para los seis reflectante bandas y 120 m para la banda térmica. Ya que no había a bordo grabadoras de estos sensores, adquisiciones se limitan solamente a enlace descendente en tiempo real¹³.

Tabla 4. Principales características de las Landsat 5 – Sensor TM

Modo espectral	Espacial	Espectral (micras)	Radiométrica	Temporal	
Multiespectral	30 m	Banda 1 azul:	0,45 – 0,52	8 BITS	16 días
		Banda 2 verde:	0,52 – 0,60		
		Banda 3 rojo:	0,63 – 0,69		
		Banda 4 infrarrojo cercano 1:	0,76 – 0,90		
		Banda 5 infrarrojo cercano 2:	1,55 – 1,75		
		Banda 7 infrarrojo medio:	2,08 – 2,35		
		Banda 6 infrarrojo térmico:	10,4 – 12,5		

Fuente: http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/imgpercepcion/imgsatelite/doc/aspectos_tecnicos_imagenes_landsat.pdf

2.3.10. Características del sistema Landsat 8-OLI

Los instrumentos que incorpora el satélite Landsat 8 son dos: Operational Land Imager (OLI), y un sensor térmico infrarrojo llamado Thermal Infrared Sensor (TIRS) ²⁷.

Aunque presenten similitudes con el sensor Landsat 7 ETM +, el sensor OLI presenta bandas que mejoradas a diferencia de los misiones anteriores, esto se debe a diseño de dos nuevas bandas espectrales: nueva banda infrarrojo (banda 9) para la detección de nubes cirrus y un banda profundo en el azul visible (banda 1), diseñado específicamente para los recursos hídricos e investigación en zonas costeras. Adicionalmente una nueva banda de control de calidad se incluye con cada producto de datos generado. Esto proporciona a detalle la información sobre la presencia de características tales como las nubes, agua y nieve²⁷.

Presenta una mejora significativa en la capacidad de detectar cambios en la superficie terrestre, en cuanto a la calidad de los datos (relación de la señal en función del ruido) y la resolución radiométrica (12 bits) del OLI y TIRS es más alta que los anteriores instrumentos Landsat (8 bits para TM y ETM+)²⁷.

2.3.11. Correcciones de las imágenes satelitales

La energía que se direcciona del sol sufre múltiples interacciones y distorsiones en el espacio atmosférico antes de ser captada y transformada en información cuantitativa por los las herramientas satelitales. La energía emitida por los cuerpos u objetos es captada por los sensores, esta energía no es una exactitud real de la radiancia emitida o reflejada. La energía que estima el sensor presenta una serie de distorsiones de la radiancia de la imagen real. Estas interacciones sufridas por la energía se encuentran en los pixeles y en los Números Digitales que componen matriz de datos. Se deberá realizar el procesamiento adecuado de las imágenes antes que esta sea extraída los datos cuantitativos. Se tiene una escena restablecida y/o mejorada que es lo más cercano a lo real, radiométricamente, características espaciales y geométricas a la energía radiante y del área en estudio²².

2.3.12. Calibración radiométrica de las imágenes TM y Oli

Las imágenes resultantes de los sensores TM y OLI contienen ND (números digitales). Estos valores se relacionan directamente con la radiancia. La conversión de los ND (números digitales) de una imagen a radiancia (L) está dado por la ecuación²³. Véase la siguiente ecuación:

$$ND = \left(\frac{ND_{max}}{L_{max} - L_{min}} \right) \times (L - L_{min})$$

$$L = \left(\frac{L_{max} - L_{min}}{ND_{max}} \right) \times ND + L_{min}$$

Dónde:

- L : Radiancia (W/m².sr.µm)
 ND : Número digital para cada pixel de la imagen
 L_{max}, L_{min} : Constantes de Calibración
 ND_{max} : Número digital máximo de la imagen

2.3.13. Corrección atmosférica

La energía receptionada por el instrumento satelital no es la misma que emite o procede de la superficie terrestre. Esta es producto de la disminución por absorción atmosférica y la otra por el incremento por la energía de radiancia incorporada por la propia superficie espacial (dispersión). En la dispersión, el flujo radiante es dispersado y absorbido por las partículas que se encuentran en el espacio atmosférico, alterando la energía de radiancia que es registrado desde el punto de localización del objeto. Específicamente, el proceso de redireccionamiento de energía que se adhiere como radiancia de flujo extraña a la señal medida por los instrumentos espaciales, mientras que el proceso de absorción atenúa la señal de energía que es receptionada²⁴.

El "scattering" de Rayleigh es ocasionado por pequeños partículas (aerosoles) atmosféricos que redireccionan energía de onda corta que se añade a la radiancia de los píxeles (efecto de niebla), disminuyendo la visualización de detalles (debido a que la imagen pierde contraste y brillo, es decir, disminuye su detalle radiométrico) e induciendo a una estimación incorrecta de algún parámetro vegetacional (debido a que los valores de la radiancia se encuentran sobre estimados)²⁴. Esta variación puede ser disminuida o minimizada aplicando un módulo de corrección atmosférica en las bandas de la escena en estudio²⁵.

La corrección atmosférica de una imagen multiespectral, se usa el software ENVI (FLAASH incorpora el código de la transferencia de radiación MODTRAN4) en el que incorpora el módulo FLAASH. Para ello, es importante realizar la calibración radiométrica. Esto permite proporcionar una deducción basado en la física de la reflectancia de la superficie aparente a través de la deducción de las propiedades atmosféricas, tal como columna del vapor de agua, la profundidad óptica de los aerosoles, altitud de la superficie, nubes, temperatura atmosférica

de la superficie y el albedo de la superficie. FLAASH toma como base una ecuación estándar para la radiancia espectral en un píxel en el sensor, L , aplicado para el rango de longitud de onda solar y en materiales Lambertianas o equivalentes²⁶. La ecuación planteada según Matthew *et.*, (2000) es la siguiente:

$$L = \left(\frac{Ap}{1 - PeS} \right) + \left(\frac{Bpe}{1 - PeS} \right) + La$$

Dónde p es la reflectancia superficial del píxel, Pe es la reflectancia superficial promedio del píxel y la región de entorno, S es el albedo esférico de la atmósfera, La es parte de la radiancia dispersada por la atmósfera. A y B son coeficientes que dependen de condiciones atmosféricas y geométricas, pero no de superficie. Los valores de, A , B , S , y La son determinados por el algoritmo MODTRAN4, el cual requiere, para el análisis, diversos parámetros de entrada: modelo atmosférico estándar, elevación media de espacio o superficie, tipo de partícula (aerosol), ángulo de observación, rango de visibilidad horizontal y ángulo solar²⁶.

2.3.14. Comportamientos y firmas espectrales

La teledetección está basada en la interacción de la energía electromagnética y la superficie terrestre u objeto en estudio. Al realizar una representación sobre la cantidad de la radiación reflejada por un objeto y/o superficie y la relacionamos con la longitud de onda de energía electromagnética, como resultado obtendremos lo que se denomina firma espectral¹⁰.

El comportamiento diferencial que presenta la emitancia o energía reflejada desde algún tipo de superficie u objeto en estudio en los distintos rangos del espectro electromagnético. Una forma de interpretar o estudiar este comportamiento es disponer los datos de reflectancia (%) en el eje Y y la longitud de onda λ en el eje X. Cuando los puntos se unen se tiene como resultado una línea continua la que representa un gráfico bidimensional de la firma espectral¹¹.

Para la interpretación de las escenas de satélite exige experiencia y conocimientos multidisciplinario. Conocimientos físicos y en especial de radiometría es importante y necesario entender las escenas o imágenes provistas por los instrumentos satelitales.

Todos los recursos naturales (bosques, cultivos, ríos, edificios, etc.) se transforman en forma diferenciada la energía electromagnética que reciben la radiación solar. Cada tipo de objeto o cuerpo presenta a un nivel de respuesta específico en términos de: % radiación reflejada + % absorbida + % transmitida⁸.

La firma espectral es pues una medida cuantificable de las características espectrales de un objeto o cuerpo en una o varias bandas espectrales. También se la conoce como comportamiento espectral, que incluye la variabilidad temporal de las firmas espectrales, así como su variación en función de los aspectos meteorológicos, de las estaciones del año, y de las condiciones de luz⁶.

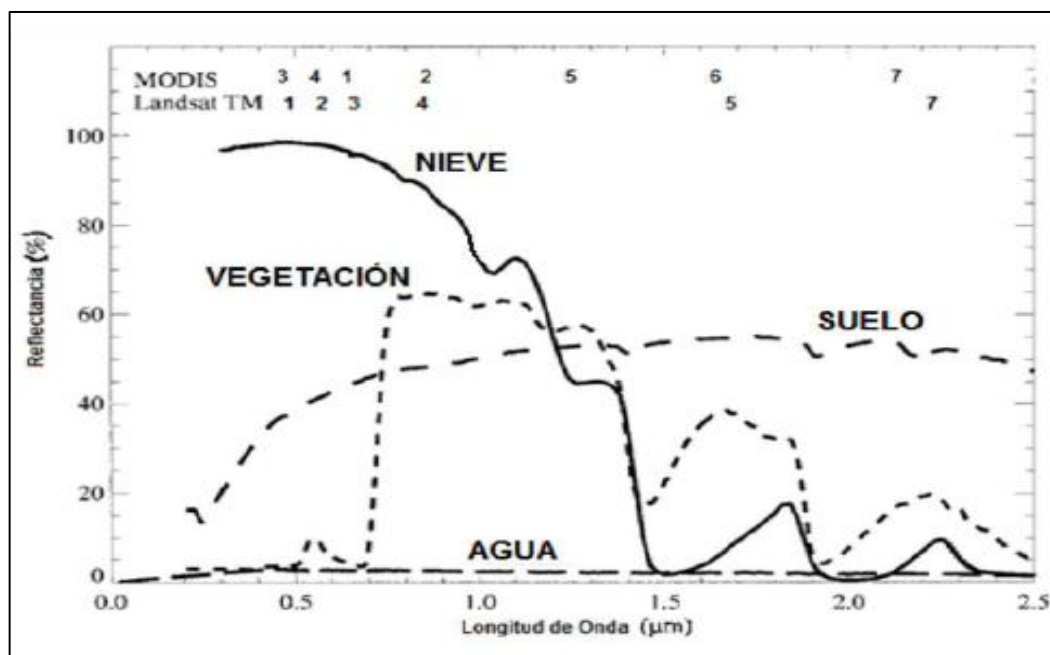


Figura 5. Respuesta espectral de superficies naturales (Klein et al., 1998).

Fuente: https://www.researchgate.net/figure/Figura-2-Grafica-de-respuesta-espectral-de-la-nieve-comparada-con-la-correspondiente-al_fig1_28072226

2.3.15. Respuesta espectral del agua y de la nieve

La respuesta espectral del agua depende principalmente de su pureza y de la presencia de partículas que se encuentren suspensión (aluviones, algas, etc). El agua pura presenta excelentes propiedades en cuanto a transmisión de la radiación electromagnética en el espectro visible y de absorción en el infrarrojo. En cuanto a la reflectancia presenta un pico en el verde que va reduciéndose hasta el infrarrojo. Esta falta de reflectividad en el infrarrojo es clave para distinguir entre áreas de tierra/superficie y agua tanto en costas o lagos como en ríos. Al incrementarse la profundidad del agua la reflectancia disminuye, en cualquier longitud de onda. La reflectividad de la nieve es mayor que la del agua en todas las longitudes de onda, pudiendo incluso saturar los sensores remotos⁶. La nieve presenta un comportamiento altamente reflectivo en la sección visible del espectro electromagnético, reduciendo fuertemente hacia el infrarrojo cercano. Los factores que afectan este comportamiento son, entre otros, el tamaño de los cristales, su grado de compactación, y el grado de pureza (Pérez

& Muñoz, 2006)¹¹. La figura 6 muestra firmas espectrales para diferentes tipos de nieve.

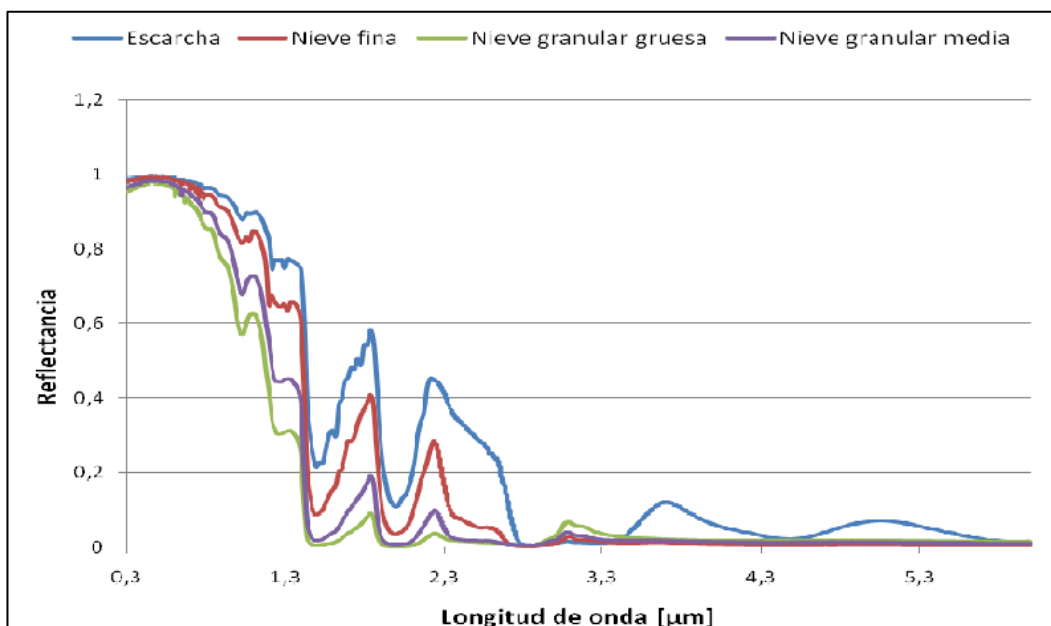


Figura 6. Niveles de reflectividad para los diferentes tipos de nieve a distintas longitudes de ondas.

Fuente: <http://www.gep.uchile.cl/Publicaciones/Hernandez%20%20Montaner%202009%20SAF.pdf>

2.3.16. Índice de nieve de diferencia normalizada (NDSI)

Una característica óptica más significativa entre el agua y el hielo, que genera una diferenciación espectral en la reflectividad de las nubes y el nival en las longitudes de luz visible y onda del infrarrojo medio, es decir que el coeficiente de absorción de ambas varía en 7 órdenes de magnitud entre las longitudes de onda 0,4 μm y 2,5 μm. Por ello que, en la banda 2 (para escenas TM), el nival es más brillante que cualquier tipo de espacio o superficie terrestre, mientras que en el banda 5 (TM), la reflectancia de las nubosidad sigue siendo muy alta, disminuyendo a valores próximos a cero para el nival. Lo que hace que se pueda discriminar entre las nubes y el nival. Con esta banda podemos elaborar, por tanto, un índice de nieve, también normalizado, definido como la diferencia entre ellas dividida por la suma. El índice utilizado en el proyecto de investigación, para la discriminación de cobertura nival y la elaboración de las composiciones en falso color se describe según Cano y Moreno (1996), se muestra en la siguiente fórmula²⁸. Véase en la siguiente ecuación:

$$NDSI(TM) = \frac{\rho(\lambda TM2) - \rho(\lambda TM5)}{\rho(\lambda TM2) + \rho(\lambda TM5)}$$

2.3.17. Estimación de la temperatura de la superficie terrestre

Para la estimación de la temperatura superficial (Ts), será necesaria ser calculada a partir de la temperatura de brillo (Tb) ⁴².

$$TB = \frac{Tb}{\left[1 + \left(\frac{\lambda * Tb}{C2}\right) * Ln(LSE)\right]} - 273,15$$

Ts: Temperatura de Superficie del Suelo.

Tb: Temperatura de brillo aparente.

C2: $h * C/s = 1,4388 * 10^{-2} \text{ m k}$

h : Constante de Planck $h = 6,626 * 10^{-34} \text{ Js}$

c : Velocidad de la Luz $c = 2,998 * 10^8 \text{ m/s}$

s : Constante de Boltzmann $1,38 * 10^{-23} \text{ J/K}$

LSE: Emisividad de la superficie – también conocido como “e”.

λ : Longitud de onda central de la banda térmica emitida según banda.

2.4. Marco legal

2.4.1. Ley General del medio Ambiente N° 26811

Artículo 99.- De los ecosistemas frágiles

99.1 *“En el ejercicio de sus funciones, las autoridades públicas adoptan medidas de protección especial para los ecosistemas frágiles, tomando en cuenta sus características y recursos singulares; y su relación con condiciones climáticas especiales y con los desastres naturales”.*

99.2 *“Los ecosistemas frágiles comprenden, entre otros, desiertos, tierras semiáridas, montañas, pantanos, bofedales, bahías, islas pequeñas, humedales, lagunas alto andinas, lomas costeras, bosques de neblina y bosques relictos”²⁹.*

En el Artículo 100.- De los ecosistemas de montaña

El estado peruano protege los ecosistemas de montaña y promueve su aprovechamiento sostenible²⁹.

- *“Promover el aprovechamiento de la diversidad biológica, el ordenamiento territorial y la organización social”.*
- *“Promover el desarrollo de corredores ecológicos que integren las potencialidades de las diferentes vertientes de las montañas, aprovechando las oportunidades que brindan los conocimientos tradicionales de sus pobladores”.*
- *Estimular la investigación de las relaciones costo-beneficio y la sostenibilidad económica, social y ambiental de las diferentes actividades productivas en las zonas de montañas”.*

- *“Fomentar sistemas educativos adaptados a las condiciones de vida específicas en las montañas”.*
- *“Facilitar y estimular el acceso a la información y al conocimiento, articulando adecuadamente conocimientos y tecnologías tradicionales con conocimientos y tecnologías modernas”.*

2.4.2. Ley marco sobre cambio climático N° 30754.

En Marco sobre Cambio Climático tiene por objeto establecer los principios, enfoques y disposiciones generales para coordinar, ejecutar, reportar, articular, diseñar, evaluar, difundir y monitorear, las políticas públicas para la gestión participativa, integral, y transparente de las medidas de adaptación y mitigación al cambio climático, a fin de disminuir la vulnerabilidad del país al cambio climático, aprovechar las oportunidades del crecimiento bajo en carbono y cumplir con los compromisos internacionales asumidos por el Estado ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, con enfoque intergeneracional³⁰.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del área de estudio

El presente trabajo de investigación se consideraron los nevados Portuguesa y Razhuillca, que se ubican en la Región de Ayacucho:

3.1.1. Ubicación política del nevado Portuguesa

Región : Ayacucho
Provincia : Cangallo
Distrito : Paras
Nevado : Portuguesa

3.1.2. Ubicación política del nevado Razhuillca

Región : Ayacucho
Provincia : Huanta
Distrito : Huanta
Nevado : Razhuillca

3.1.3. Ubicación geográfica del nevado Portuguesa

El nevado Portuguesa está ubicado a 78,2 kilómetros desde la ciudad de Ayacucho, a través de una carretera asfaltada llamada Vía Libertadores que une la ciudad de Ayacucho – Lima. Se encuentra ubicado al Sur Oeste de la capital de la provincia del mismo nombre, región de Ayacucho.

Nevado : Portuguesa
Este : 538935,81
Norte : 8521054,99
Altitud : 5,025 m.s.n.m

Se diligenció los campos para crear un nuevo usuario y sus respectiva contraseña, igualmente se llena una pregunta de seguridad, una vez que nos registremos ya se puede consultar y descargar imágenes, tenemos que recordar que si no estamos registrados se puede consultar, pero al momento de descargar información tendrá que ser un usuario registrado.

Existen varios sitios de internet de donde se pueden descargar las imágenes entre ellos tenemos la siguiente dirección: <http://earthexplorer.usgs.gov/>. (Anexo 11)

b. Visualización de imágenes satelitales vía internet.

Las imágenes que se utilizaron fueron Landsat-5 TM y Landsat-8 OLI que se pueden descargar en forma libre una vez que se ha registrado en la página de Earth Explorer. (Anexo 12)

c. Descarga de imágenes satelitales desde USGS

Las imágenes que fueron seleccionadas no presentaban nubosidad, posteriormente fueron descargadas y guardadas en una carpeta para su respectivo reconocimiento. (Anexo 13)

d. Lectura del “Header” (cabecero) de las imágenes descargadas

Antes de dar inicio con el procesamiento de las imágenes, se hizo una lectura del header de las imágenes descargadas, por ejemplo las imágenes Landsat descargadas para el año 1984, se extrajo del archivo denominado “LT50050691984250CUB00_MTL.txt”, los datos que se hará uso en la fase de procesamiento. El cabecero o header varía en su formato, según el tipo de sensor y fecha de adquisición (Anexo 14).

e. Corte de la imagen de la zona de estudio

Una vez que se ha revisado el header de las imágenes de los respectivos nevados, se procedió a crear un shapefile (Shp) para el recorte del área en estudio para una mejor apreciación y con la cual se trabajó hasta culminar el estudio. Seguidamente se tuvo que realizar el corte del área de interés en los respectivos nevados.

f. Transformación de Números Digitales (ND) a Radiancia Espectral (Calibración)

Para poder interpretar los valores de la imagen ya cortada se convirtió de Número Digital (ND) a valores de radiancia, es decir, se calibró las imágenes con el software ENVI (corrección radiométrica).

g. Corrección atmosférica método Quick Atmospheric Correction o método Flaash.

Seguidamente para corregir atmosféricamente una imagen multiespectral, para los valores de radiancia, se corrigieron de manera manual con el método de Quick Atmospheric Correction o el método de Flaash (FLAASH incorpora el código de la transferencia de radiación MODTRAN4) del software ENVI. Para el proceso de corrección atmosférica, se seleccionó la imagen que se ha corregido radiométricamente anteriormente; a pesar que no es necesario para este tipo de estudio le da un valor científico-confiable a la investigación.

Los pasos que se han ceñido son: extraer la información del header de la imagen descargada (se consideró: fecha y hora de adquisición, la ubicación geográfica (Coordenadas Este – Norte), el tipo de sensor con la cual se está trabajando, altitud media de la zona de estudio y escena media visible (aerosol/cantidad de neblina)). Y finalmente una vez llenado los datos requeridos por la ventana ENVI se obtuvo la imagen corregida por el método FLAASH, lista para determinar el índice de NDSI.

h. Determinación de índice NDSI (Normalized Difference Snow Index)

Una vez que se hayan procesado las imágenes, se aplicó una de la metodología ampliamente usada propuesta por Dozier (1981 y 1991) para la identificación de coberturas nivales, el cual extrae celdas de pixeles con valores que superen 0,4 del índice Normalized Difference Snow Index (NDSI) y son clasificados como cobertura nival^{20,21}.

Dozier (1981 y 1991) propone una metodología: el cálculo de un índice normalizado haciendo uso de la banda 2 (0,520-0,600 Wm) y la banda 5 (1,550-1,750 Wm), esta metodología nos hace entender que la nieve en el espectro visible es más reflexiva y siendo lo contrario en infrarrojo medio^{20, 21}.

En primer lugar para el cálculo de un índice NDSI, se hará uso de la banda 2 (0,520-0,600um) y la banda 5 (1,550-1,750 um). Véase la siguiente ecuación:

$$\text{NDSI} = (\text{banda 2} - \text{banda 5}) / (\text{banda 2} + \text{banda 5})$$

Posteriormente, se utilizó lo Enmenbers (Firma espectral de la nieve) para ubicar los pixeles de nieve, lo cual se corrobora el resultado con el NDSI.

Para la aplicación del índice de NDSI en las imágenes deberán haber pasado por un proceso de corrección radiométrica, aunque otros autores hacen uso de imágenes sin las correcciones radiométricas, ya que al aplicar el índice normalizado se eliminan de manera parcial los efectos atmosféricos²⁰.

Después de ello se realizó el cálculo de cobertura nival (ha) según los píxeles que presentaban nieve, para luego ser registrados en una tabla de Excel según el año donde registra la cobertura nival.

3.3.2. Análisis espacial y temporal de la cobertura nival

Una vez que se registraron en una tabla Excel los datos de cobertura nival en hectáreas, se procedió a diseñar la tendencia espacial de la cobertura nival en los nevados Portuguesa y Razuhuillca, teniendo en cuenta el año, cobertura nival (ha), pérdida entre periodos, pérdida anual (ha) y % actual de nevado, también se procedió a representar el modelo de regresión lineal de cada nevado estudiado; para observar los cambios se utilizaron imágenes de diferentes años y se hizo una representación de combinaciones Landsat 5 RGB (5,4,3) y Landsat 8 RGB (6,5,4) para una mejor visualización de los cambios en la cobertura nival.

3.3.3. Determinación Temperatura Superficial Terrestre (TST)

Para determinar la temperatura superficial de terrestre se hizo uso del shapefile de corte que se estuvo utilizando en anteriores procesos para las zonas en estudio, para el caso de Landsat 5 TM se tendrá que importar el archivo TIF. de la Banda 6 (infrarrojo térmico), para el caso de Landsat 8 OLI se usarán las bandas 10 y 11, lo que se usará para el proceso para determinar la temperatura superficial terrestre, para lo cual también se procederá a hacer el corte con el shapefile a la banda 6, una vez cortado el área de interés se utilizará una herramienta del ENVI llamado BAND ALGEBRA, es una herramienta para aplicar operaciones matemáticas, en lo cual aplicaremos las diferentes expresiones matemáticas para poder estimar la temperatura superficial, esta imagen de la banda 6 también necesita las correcciones necesarias para la obtención de datos, para ello se procedió a lo siguiente:

Para el cálculo de corrección: En particular para imágenes Landsat

$$L_{\min} = ML * ND_{\min} + AL$$

ML: Factor Multiplicativo de reescalamiento específico de la banda, proveniente de los metadatos (RADIANCE_MULT_BAND_x, donde x es el número de banda)

AL: Factor Aditivo de reescalamiento específico de la banda, proveniente de los metadatos (RADIANCE_MULT_BAND_x, donde x es el número de banda).

ND_{\min} : Valor digital mínimo.

Para determinación de la temperatura de brillo (T_B):

Una vez determinadas los valores de radiancia, utilizando las bandas térmicas fácilmente se pueden derivar la temperatura a la altura del sensor, utilizando la siguiente fórmula:

$$TB = K2 / \ln\left(\frac{K1}{L\lambda} + 1\right)$$

T_B : Temperatura de brillo aparente en grados.

$L\lambda$: Radiancia espectral en el sensor (Radiancia en el satélite), unidad de medida (vatios/ (metro cuadrado * ster * μm))

K_1 : Es la constante de conversión térmica específica para cada banda termal, que lo encontramos en el metadato (K1_CONSTANT_BAND_X), unidad de medida (en vatios /metro cuadrado * ster * μm)

K_2 : Es la constante de conversión térmica específica para cada banda termal, que lo encontramos en el metadato (K2_CONSTANT_BAND_X), unidad de medida (en grados kelvin).

Una vez culminado el proceso el resultado de cada expresión matemática utilizando BAND ALGEBRA, visualizaremos al final del proceso:

Para poder visualizar las temperaturas en valores numéricos de la superficie del suelo de la zona de estudio, nos dirigimos a la temperatura superficial terrestre resultante, usando el software ENVI nos ayudará con un herramienta llamada QUICK STATS con lo cual nos mostrará un resultado estadístico en lo cual podremos visualizar la temperatura mínima, máxima y media de nuestra zona de estudio y los pixeles que los conformas en los diferentes rangos de temperatura, para luego construir una tabla de datos en Excel de temperatura superficial terrestre.

3.3.4. Análisis de la tendencia temporal de la temperatura superficial terrestre en los nevados Portuguesa y Razuhuilca

Para determinar la tendencia temporal de la temperatura, se usaron los datos construidos en la tabla Excel de la temperatura superficial terrestre, se elaboró una figura que representa la tendencia temporal de a temperatura superficial durante los años observados en los nevados.

3.3.5. Análisis de coeficiente de correlación y determinación entre el cambio de la cobertura nival y la variable climática (temperatura superficial).

El análisis estadístico se empleó el método de correlación, para determinar la “relación” entre las variables climáticas (temperatura superficial) y la cobertura nival (área), por lo tanto, con este método lo que se busca es determinar si existe o no una relación directamente entre las variables²⁰.

La correlación es una asociación lineal que hace uso de rangos, números de orden, de cada agrupación y hace comparación de dichos rangos. Es muy útil

cuando el número de pares (n) que se desea asociar. Muy aparte que permite conocer el grado de asociación entre 02 variables, con Rho de Spearman permite conocer la dependencia o independencia de las varias variables aleatorias (Elorza & Medina Sandoval, 1999)¹⁹.

3.3.6. Elaboración de mapas temáticos

Se realizó los mapas de la cobertura nival en los nevados Portuguesa y Razuhuillca. Ayacucho. Haciendo el uso del software Arcgis y ENVI.

3.4. Tipo de investigación

Por su finalidad es básica o fundamental busca el conocimiento de la realidad o de los fenómenos de la naturaleza, para contribuir a una sociedad cada vez más avanzada y que responda mejor a los retos de la humanidad.

Este tipo de investigación no busca la aplicación práctica de sus descubrimientos, sino el aumento del conocimiento para responder a preguntas o para que esos conocimientos puedan ser aplicados en otras investigaciones.

3.5. Análisis de datos

Los información cuantitativa que se obtuvieron fueron procesados en el programa Excel 2013 del programa OFICCE 2013, para luego ser procesados en los programas IBM SPSS statistics 25, a partir de las cuales se crearon tablas y figuras en los que se presentan estadísticos de tendencia espacio temporal de la cobertura nival y temperatura superficial terrestre.

Para el procesamiento de los datos de cobertura y temperatura mínima y máxima (promedio) se realizó un test de normalidad de Shapiro – Wilks para determinar la distribución normal en estas variables.

Para poder analizar la Distribución temporal de la cobertura nival durante los periodos estudiados se graficó una regresión lineal para determinar el coeficiente de determinación en ambos nevados para lo cual se hizo uso del programa Excel 2013.

Para relacionar la variable independiente (Temperatura superficial) y la variable dependiente (Cobertura de nival) se utilizó el análisis de correlación de Spearman y para más de 2 variables, la finalidad es de encontrar desigualdad o igualdad en un nivel altamente significativo.

IV. RESULTADOS

4.1. Análisis de la tendencia espacial de la cobertura nival en los nevados Portuguesa y Razuhuilca

Tabla 5. Pérdida de cobertura nival del nevado Portuguesa, periodo 1984, 2000 y 2017. Región Ayacucho.

Año	Cobertura nival (ha)	Pérdida entre periodos (ha)	Pérdida anual (ha)	% Actual de nevado (*)
1984	89,1	44,9	3,0	100,00%
2000	44,2			49,60%
2017	11,5	32,7	2,2	12,90%

(*)El estimado de % actual de nevado para el periodo 1984 es una suposición del 100%.

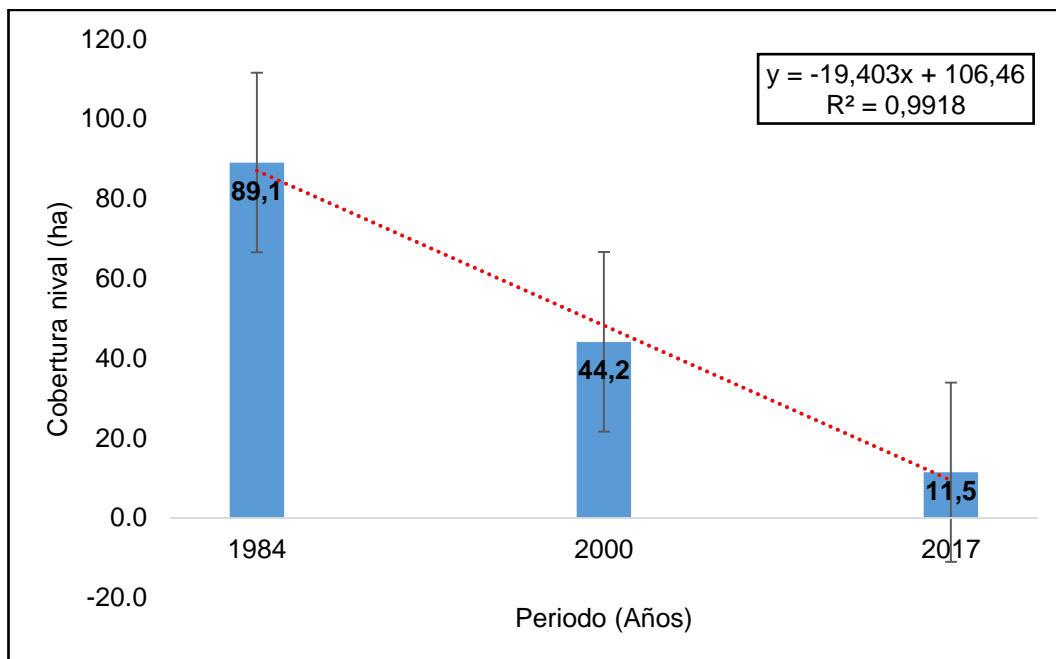


Figura 9. Regresión lineal de la cobertura nival en función a los periodos 1984, 2000 y 2017 del nevado Portuguesa, ($R^2=0,99$). Región Ayacucho.

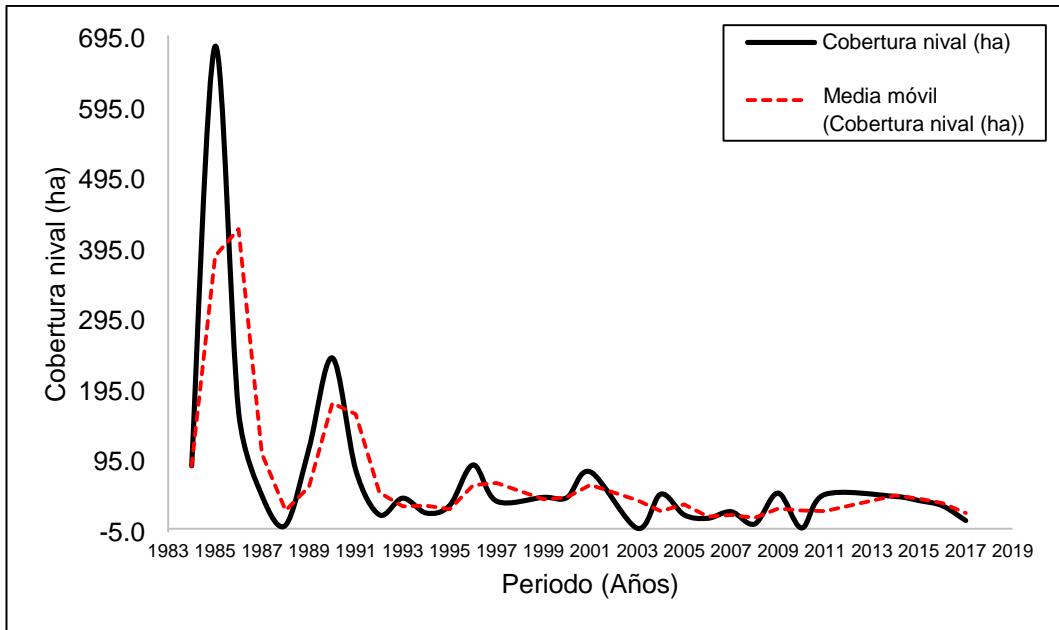


Figura 10. Tendencia de la cobertura nival del nevado Portuguesa, en el periodo de 1984 al 2017. Región Ayacucho.

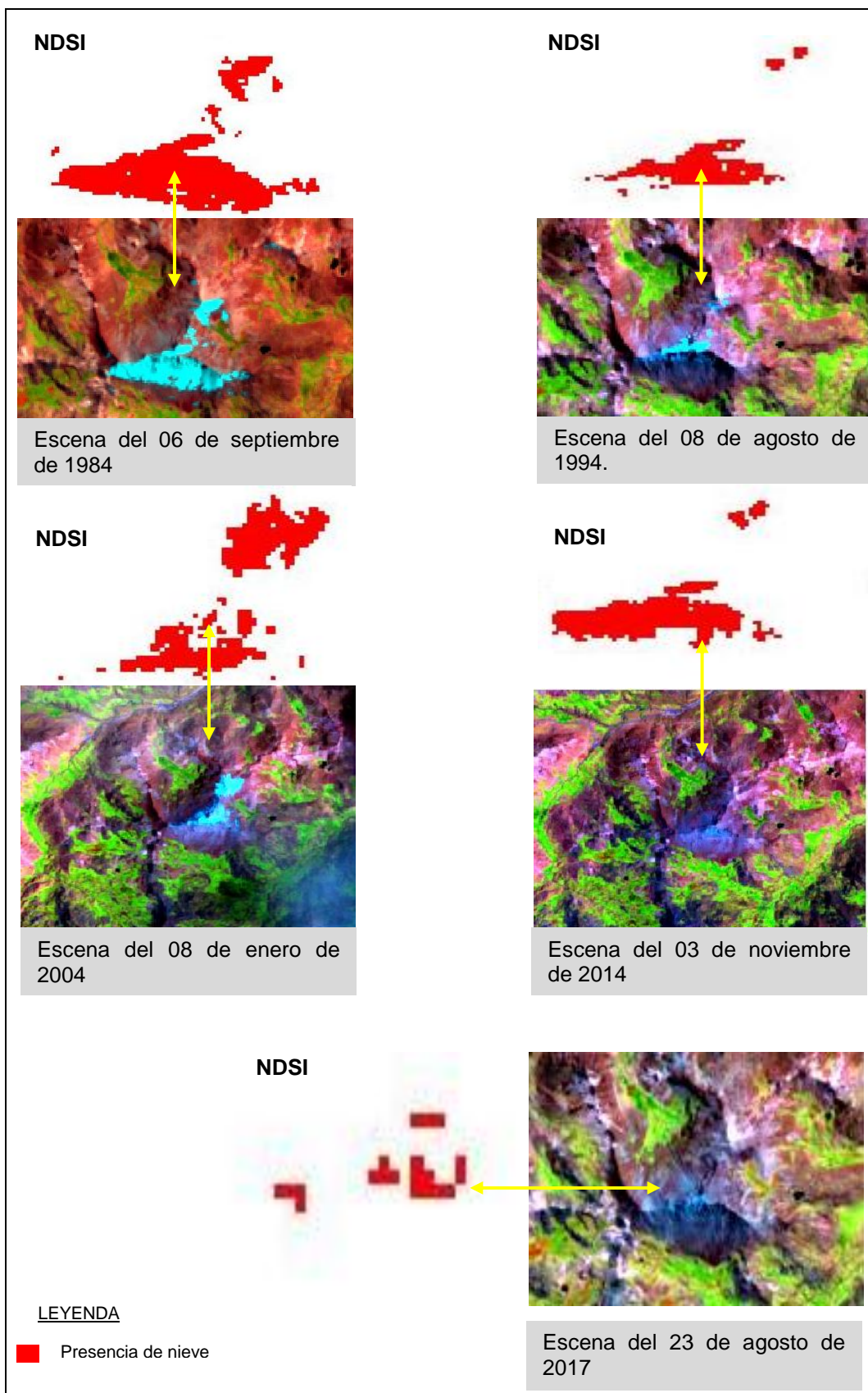


Figura 11. Cobertura nival durante los años 1984, 1994, 2004, 2014 y 2017 del nevado Portuguesa determinada a partir del índice de NDSI.

Tabla 6. Pérdida de cobertura nival del nevado Razuhuillca, en 1985, 2000 y 2017. Región Ayacucho.

Año	Cobertura nival (ha)	Pérdida entre periodos (ha)	Pérdida anual (ha)	% actual de nevado
1985	85,0	78,3	5,2	100,00%
2000	6,75			7,90%
2017	0,08	6,7	0,4	0,09%

(*)El estimado de % actual de nevado para el periodo 1985 es una suposición del 100%.

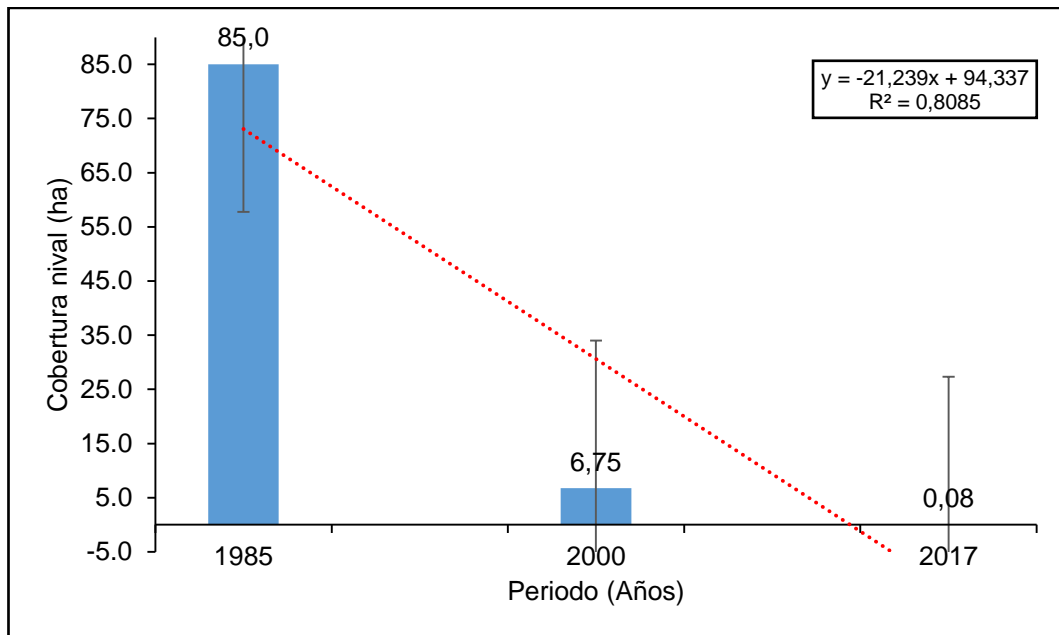


Figura 12. Regresión lineal de la cobertura nival en función a los periodos de 1985, 2000 y 2017, del nevado Razuhuillca ($R^2=0,80$). Región Ayacucho.

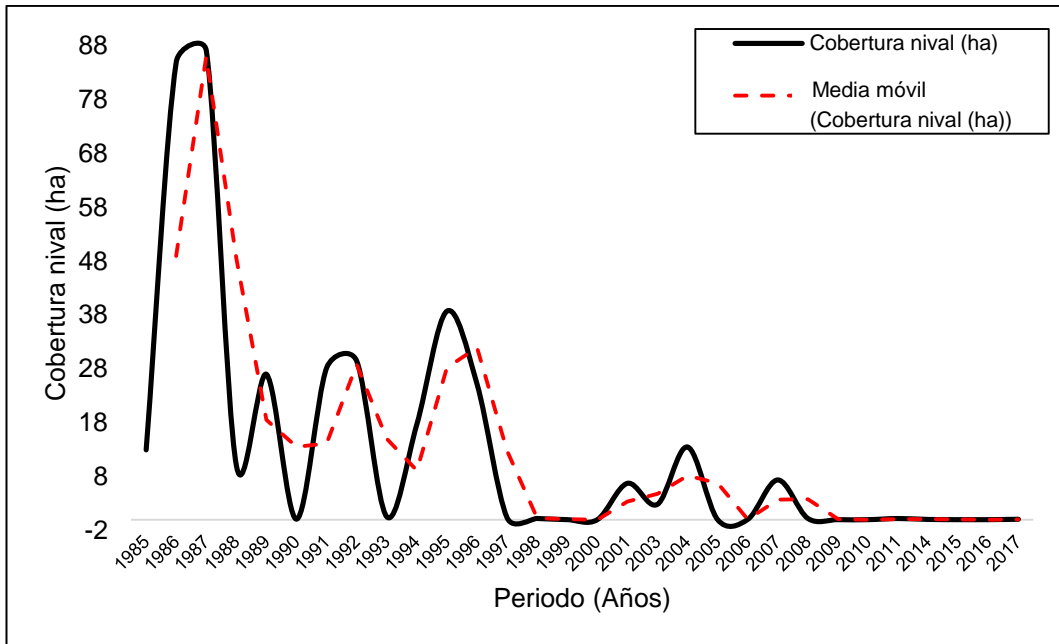


Figura 13. Tendencia de la cobertura nival del nevado Razuhuillca, en el periodo de 1985 al 2017. Región Ayacucho.

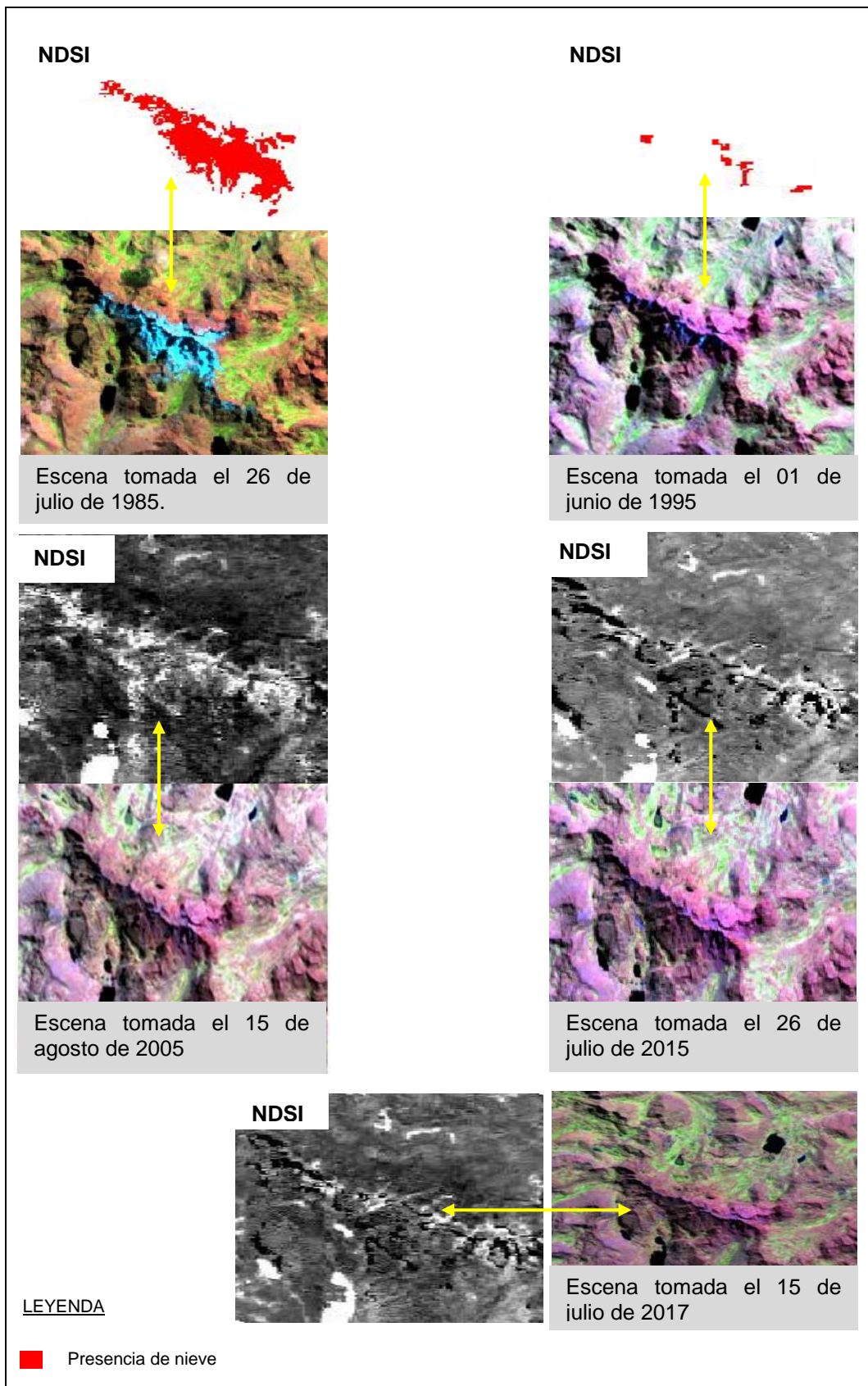


Figura 14. Cobertura nival durante los años 1985, 1995, 2005, 2015 y 2017 del nevado Razhuillca determinada a partir del índice de NDSI.

4.2. Análisis de la tendencia temporal de la temperatura superficial terrestre en los nevados Portuguesa y Razuhuilla

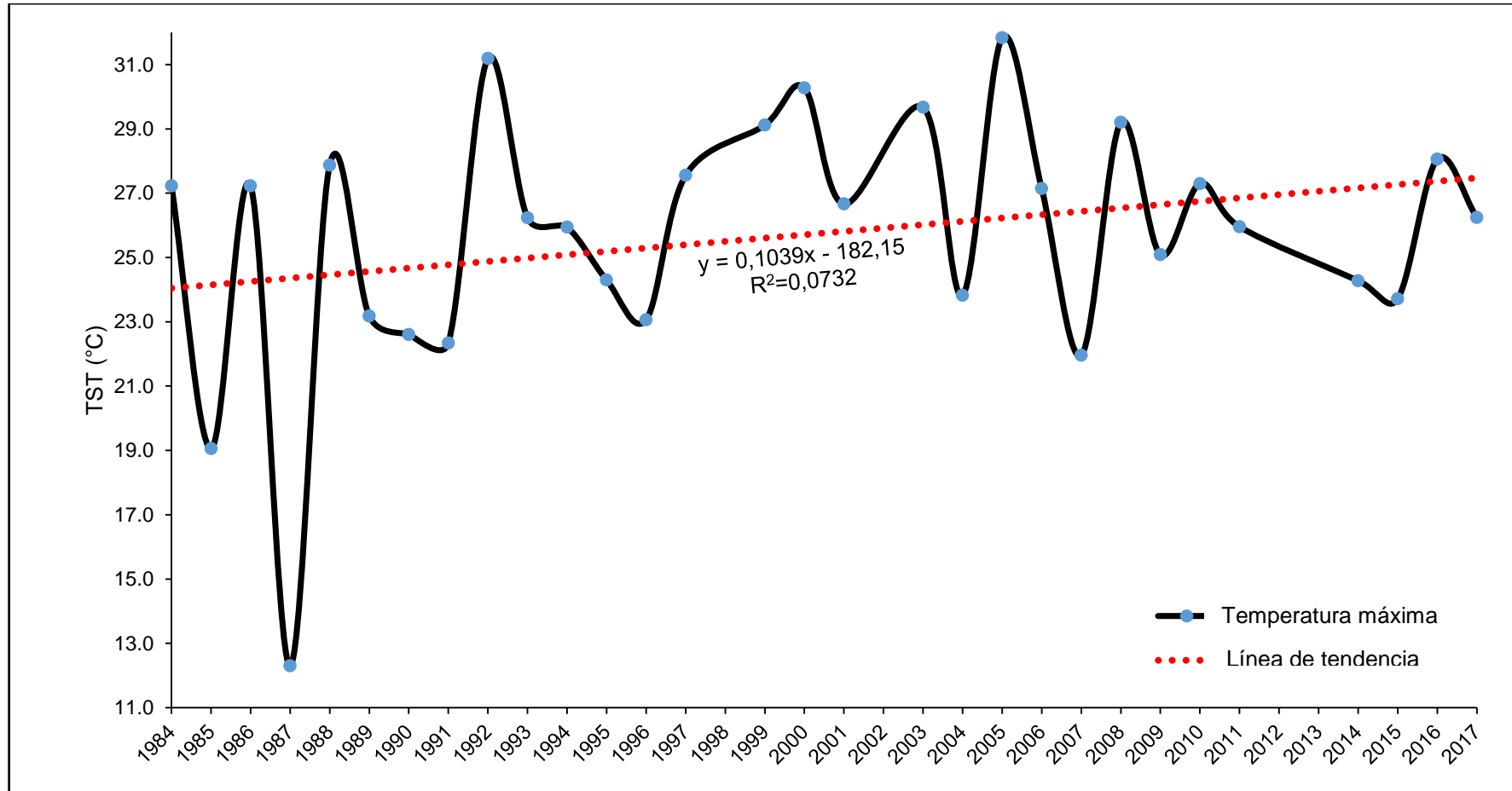


Figura 15. Tendencia temporal de la temperatura máxima en el nevado Portuguesa. Periodo 1984 -2017. Región Ayacucho.

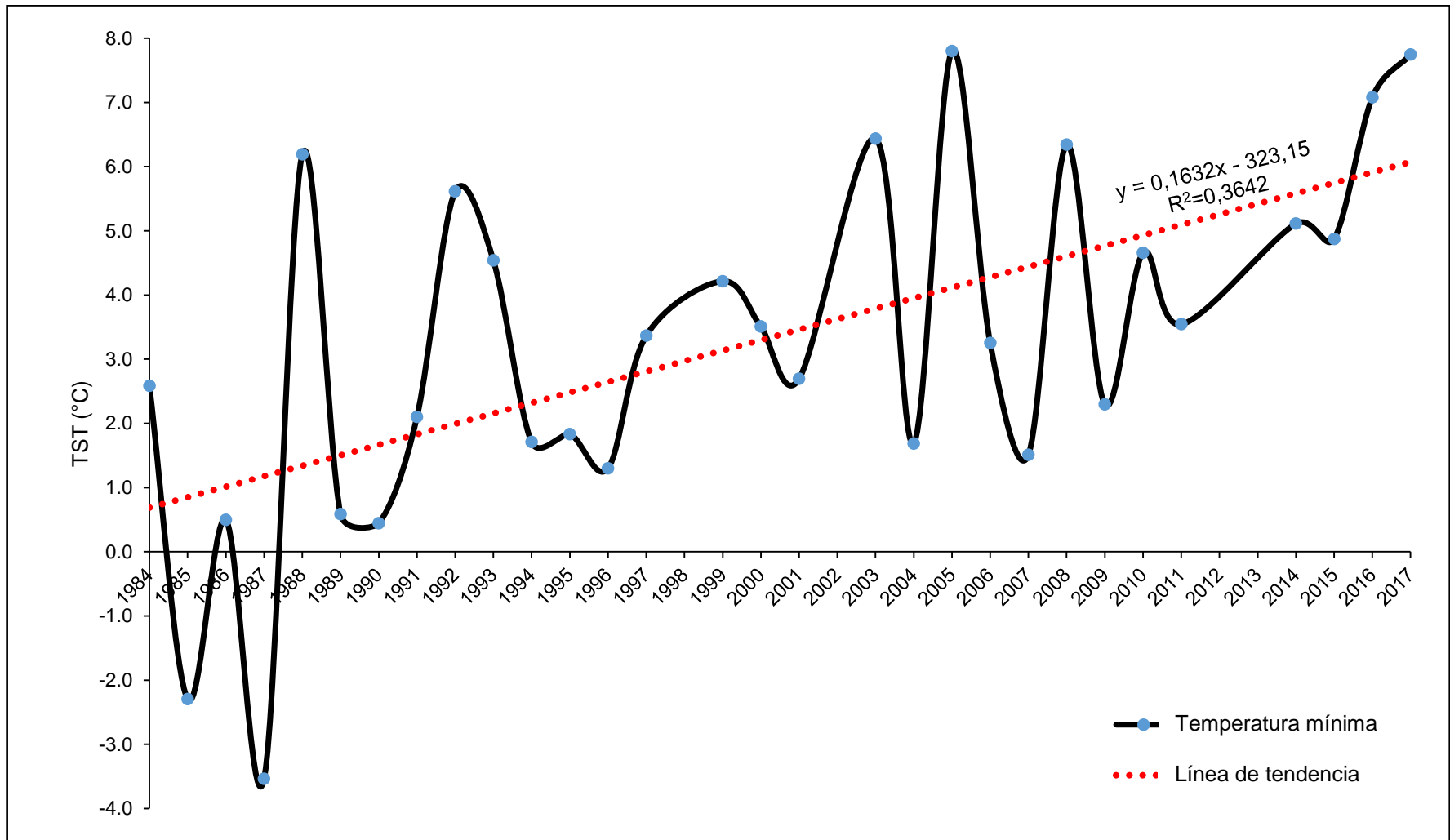


Figura 16. Tendencia temporal de la temperatura mínima en el nevado Portuguesa. Periodo 1984 -2017. Región Ayacucho.

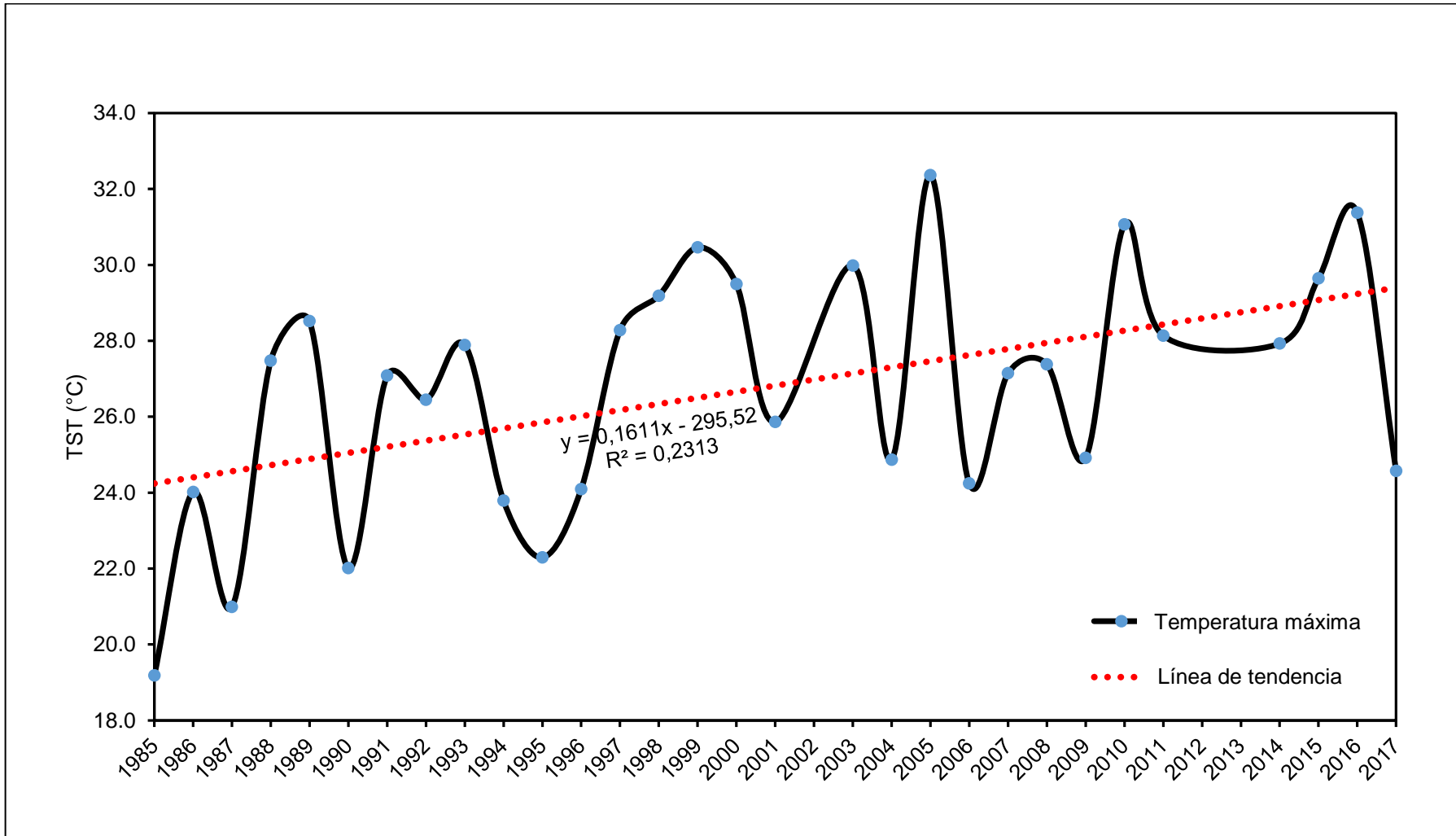


Figura 17. Tendencia temporal de la temperatura máxima en el nevado Razuhuillca. Periodo 1985 -2017.Región Ayacucho.

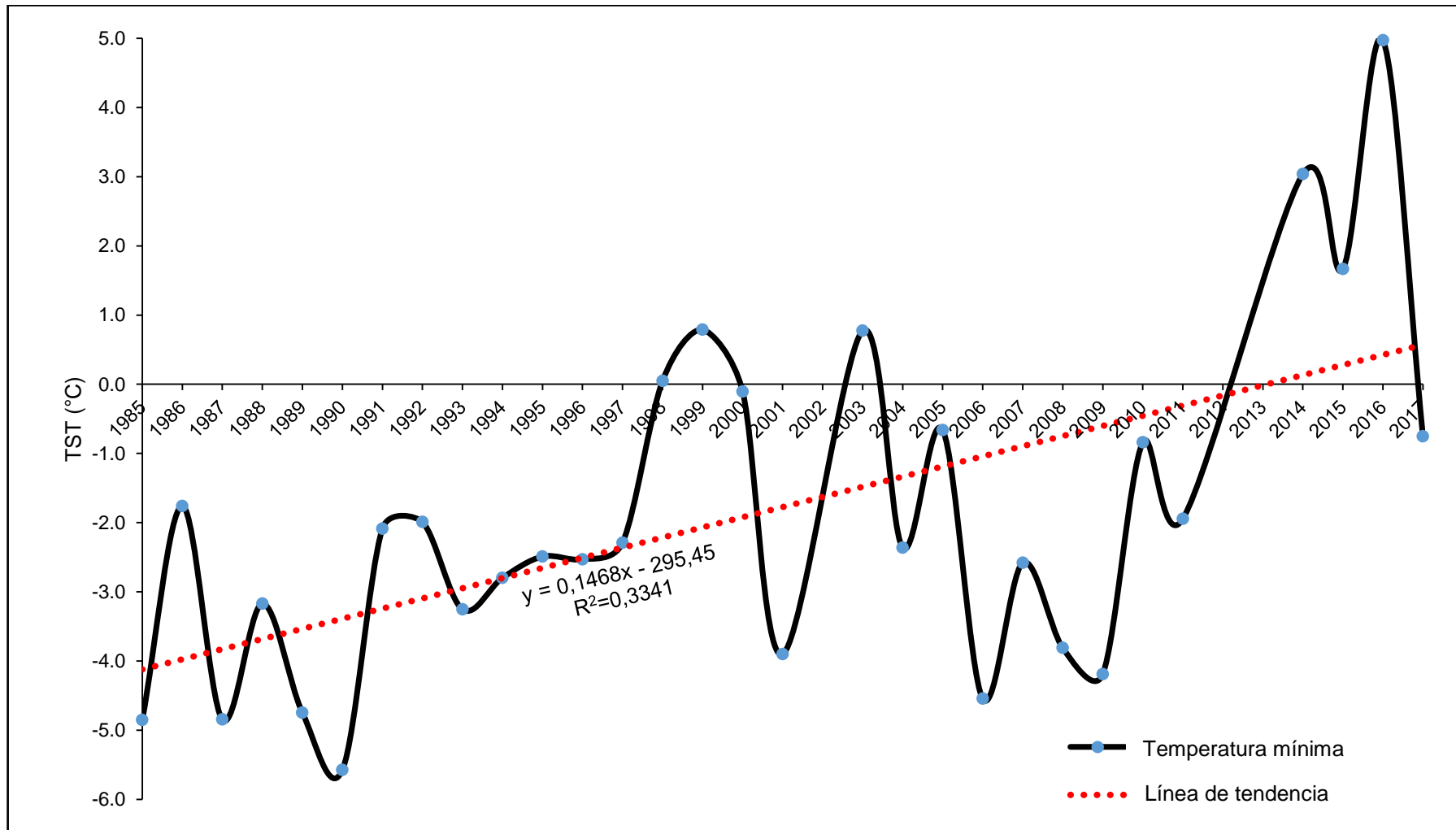


Figura 18. Tendencia temporal de la temperatura mínima en el nevado Razuhuillca. Periodo 1985-2017.Región Ayacucho.

4.3. Análisis correlacional de la tendencia espacial de la cobertura nival con la temperatura en los nevados Portuguesa y Razuhuillca.

Tabla 7. Análisis de correlación – Spearman, entre la cobertura nival con la temperatura mínima y la temperatura máxima ($p < 0,05$, Spearman = -0,616; -0,542). Nevado Portuguesa. Región Ayacucho.

			Temperatura mínima (°C)	Temperatura máxima (°C)
Rho de Spearman	Cobertura nival (ha)	Coeficiente de correlación	-0,616**	-0,542**
		Sig. (bilateral)	0,000	0,002
		N	30	30

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Tabla 8. Análisis de correlación – Spearman, entre cobertura nival con la temperatura mínima y la temperatura máxima promedio ($p < 0,05$, Spearman = -0,430; -0,609). Nevado Razuhuilca. Región Ayacucho.

		Temperatura mínima (°C)	Temperatura máxima (°C)	
Rho de Spearman	Cobertura nival (ha)	Coefficiente de correlación	-0,430*	-0,609**
		Sig. (bilateral)	0,018	0,000
		N	30	30

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

* . La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

V. DISCUSIÓN

5.1. Para tendencia espacial de la cobertura nival en los nevados Portuguesa y Razuhuilca

En la tabla 6 se muestran que el nevado Portuguesa durante los años evaluados estuvo disminuyendo en cuanto a la cobertura nival, observándose el año 1984 presentaba 89,1 ha de cobertura de nieve, pasado 15 años se observa 44,2 ha y finalmente al año 2017 se observa una cobertura de nieve de 11,5 has, teniendo como pérdida en el primer periodo 44,9 ha y segundo periodo de 32,7 has, pérdida anual durante el primer periodo es de 3,0 ha por año y durante el segundo periodo una pérdida de 2,2 ha por año, teniendo así finalmente una pérdida de la cobertura nival de manera constante del nevado Portuguesa teniendo así que para el año 1984 (Estimado de % de nevado para el periodo 1984 es una suposición del 100% para casos de la investigación) y quedando así para el año 2017 un 12,9% de cobertura de nieve, de igual manera la tabla 7 muestra la evolución de la cobertura nival del nevado Razuhuilca, observándose que en 1985 presentaba 85,0 ha de cobertura de nieve, pasado 15 años se observa 6,75 ha y finalmente para el año 2017 se observa una cobertura de nieve de 0,08 ha, teniendo como pérdida en el primer periodo 78,3 ha y segundo periodo de 6,7 ha, pérdida anual durante el primer periodo fue de 5,2 ha por año y durante el segundo periodo teniendo una pérdida de 0,4 ha por año, teniendo así finalmente una pérdida de la cobertura nival de manera acelerada haciendo que el nevado Razuhuilca teniendo así que para el año 1985 el 100 % (Estimado de % de nevado para el periodo 1985 es una suposición del 100% para casos de la investigación) y quedando así 0,09 % de cobertura de nieve para el año 2017, este patrón de derretimiento constante en los nevados también fueron reportados en la investigación realizada por Tarazona¹ estudio realizado en el nevado de Pastoruri, ubicado en el parque Nacional de Huascarán donde

hizo un mapeo de cobertura nival usando el índice de NDSI, cuantificando datos para calcular la cobertura de nieve, teniendo como resultado imágenes descargadas desde el periodo 1988, 1999 y 2011, para el año 1988 el nevado presentaba una superficie glaciaria de 2209,37 ha, para el año 1999 presentaba 2025,24 ha de superficie glaciaria y para el año 2011 presentaba 1563,02 de superficie glaciaria, presentando una regresión glaciaria para el primer periodo 1988 – 1999 de 184,13 ha y para el segundo periodo 1999 – 2011 una pérdida de 462,22 ha de superficie glaciaria, mostrando así % de pérdida de la superficie para el primer periodo de 8,33 % y para el segundo periodo se registró una pérdida de 22,8%; Suarez¹⁶ en el estudio realizado en Colombia del nevado El Cocuy durante los periodos de 1992, 2003 y 2014, obtuvo datos para el año 1992 un área nival de 25,1 km², para el año 2003 obtuvo 20,4 km² y para el año 2014 se obtuvo 11,2 km², obteniendo una pérdida entre periodo 1992 – 2003 de 7,7 km² y el periodo 2003 – 2014 un 9,2 km², teniendo una pérdida anual de 0,7 km² para el primer periodo y 0,83 km² para el segundo periodo, teniendo como conclusión que en el nevado de El Cocuy va reduciendo de manera más rápida el área glaciaria en tiempos más cortos; Cerna¹⁷, en sus resultados del trabajo de investigación que realizó durante el periodo 1973-2010, el nevado Huascarán se ha reducido en 16,036 km² (lo que significa una reducción del 24% de la cobertura nival para el año 1973, lo que representa una tasa de pérdida de 0,422 km²/año de área glaciaria, para el caso del nevado Champara se tiene como resultado una reducción de 5,092 km² de cobertura nival (es decir que el 30% de área glaciaria se perdió en 1973), considerándose una tasa de reducción de 0,134 km²/año; Pariona¹⁸ realizó el trabajo de investigación considerando un periodo de 1985 a 2010, obteniendo como resultado que el nevado Huaytapallana se redujo en 13,52 km² (representa el 48,4%) en 26 años a una medida de 0,52 km²/año y Cea¹⁹, realizó un estudio también donde determinó el retroceso de los glaciares en la cuenca de Llanganuco, en ese contexto las superficies estimadas en la cuenca son: 27,94; 26,42 y 24,07 km² en los años 1987, 1996 y 2007 respectivamente, adicionalmente, los escenarios futuros llevaron a cabo la superficie de los glaciares de los 19 glaciares de la cuenca de Llanganuco, considerando los tipos de cambio promedio del período de estudio, los resultados muestran que el glaciar 2 y el glaciar 12 desaparecerían en el año 2037 para presentar mayores tasas de cambio (-2,87% y -3,0%). En estos estudios se han observado patrones de disminución de la cobertura nival pero en

diferentes escenarios tanto en otros nevados la disminución fue de mayor porcentaje y en otros en menor porcentaje, pero presentan una reducción constante durante los periodos analizados y a futuro estos nevados desaparecerán. En los estudios analizados coinciden que es muy importante realizar estos estudios para analizar la evolución de los nevados ya que cumplen roles muy importantes, como indicadores de variabilidad climática y regular hidrológico en estaciones secas, también se coincide que la disminución de la cobertura nival afectará los recursos hídricos que no volverá jamás, en algunos casos las lagunas se volverán más comunes, a un largo plazo probablemente la pérdida de estos nevados harán que la población modifiquen sus prácticas agrícolas y movilización de asentamiento a pisos térmicos menores.

En la Figura 9, se muestra la regresión lineal donde la variable dependiente es la cobertura nival, es una herramienta estadístico que fue utilizada para inferir los futuros escenarios del nevado Portuguesa, periodos observados 1984, 2000 y 2017, la para los cuales se han ajustado los datos a una ecuación lineal, muestran que en el nevado Portuguesa muestra un coeficiente de determinación alto ($R^2=0,99$), lo cual nos indica que los datos se ajustan bien a la ecuación lineal, se puede inferir que el nevado entre los años 1984 al 2017 ha disminuido en 77,6 ha quedado para el año 2017 sólo 11,5 ha de cobertura nival, es decir que para los siguientes años a partir del 2017 la cubierta de nieve seguirá disminuyendo y presentará una tendencia a la pérdida de cobertura nival de manera constante hasta que el nevado desaparezca y no quede ningún rastro de ello, de igual manera en la Figura 12, se muestra la regresión lineal donde la variable dependiente es la cobertura nival, periodos observados fueron 1985, 2000 y 2017 del nevado Razuhuillca, donde el coeficiente de determinación es alto ($R^2=0,80$), lo que nos indica que la cobertura de nieve ha ido disminuyendo desde el año 1985 al 2000, durante el primer periodo ha disminuido en 78,3 ha, durante el segundo periodo a partir del año 2001 al 2017 se ha notado que el nevado Razuhuillca fue desapareciendo que hoy en día no existe rastros de cobertura de nieve, este padrón de medida a través de una ecuación lineal para proyectar futuros escenarios también fueron descritos por Tarazona¹ estudio realizado en el nevado de Pastoruri, donde se describe que el coeficiente de relación fue de ($r^2=-0,976$), donde la pérdida de cobertura glaciario fue de 22,8% y los datos se ajustan bastante bien a la ecuación lineal; Cerna¹⁷, la representación de la regresión lineal para el nevado Huascarán en la cual

presenta un coeficiente de determinación de ($r^2= 0,6$), durante el periodo 1973 a 2010, en el nevado Huascarán se ha reducido el área glaciar en 25,959 km² aproximadamente es decir una pérdida del 38% de la cobertura nival en 37 años y para el nevado de Champará describe un coeficiente de determinación de ($r^2= 0,5$), durante el periodo 1973 y 2010, la reducción en el nevado Champará es de aproximadamente 9,405 km² de área glaciar, esto significa la pérdida de aproximadamente del 59% de la cobertura glaciar, para ambos nevados los resultados muestran una pérdida de la cobertura nival que se va reduciendo en el tiempo y Pariona¹⁸, en el estudio realizado en el nevado Huaytapallana describe un alto coeficiente de determinación de ($r^2=0,9$) este valor significa que la cobertura glaciar se redujo durante el periodo 1985-2010, lo que representa 13,52 km² durante 26 años, los trabajos de investigación mencionados coinciden que si sigue esa tendencia los nevados y glaciares desaparecerán en un proyección futura. Hay que tener en cuenta que estos datos son aproximaciones y no totalmente cierto, ya que la estadística es probabilístico, por tanto hay un margen de error.

La Figura 10, muestra una tendencia de la cobertura nival del nevado Portuguesa observados durante el periodo 1984 al 2017, los datos obtenidos fueron ajustados mediante una media móvil para una percepción natural del comportamiento del nevado, de igual manera la Figura 13, se muestra la tendencia de la cobertura nival del nevado Razuhuillca, también los datos fueron ajustados a una media móvil para observar un comportamiento natural del nevado, no se reportan este tipo de escenarios en los trabajos pero Arroyo³¹, en su trabajo de investigación

Hace reporte de acumulaciones de nieve del glaciar Pariaqaqa y Huaytapallana, para el año 1991 hace mostrar que ambos glaciares presentan anomalía extremadamente secas y coincide que para el año 2010 se sucita eventos extremadamente húmedos lo que hace que se acumulen mantos de nieve. Sin embargo, el glaciar Huaytapallana presenta un comportamiento de anomalías mayores de acumulación de nieve. El trabajo de investigación muestra una variabilidad de acumulación de cobertura nival, mostrando variabilidad en los periodos de años observados. Los estudios que se han reportado como parte de la investigación considerando los nevados Portuguesa y Razuhuillca muestran una tendencia durante los últimos 30 años, es un comportamiento realmente que sucede en el medio natural donde se observa una tendencia negativa que

ambos nevados tienden a un futuro perder la cobertura nival; Aliaga³⁴, describe que estos los eventos climáticos tienen un efecto en la cobertura de manto de nieve, esos comportamiento del clima indican la importancia de los nevados en el Perú; Bernex³⁷, menciona que el sistema climático es muy complejo por lo que su conducta es difícil de vaticinar, existen fluctuaciones cíclicas y caóticas en tendencias a largo plazo que son muy difíciles de vaticinar, actualmente nadie puede vaticinar lo que puede pasar o lo que pasará con el clima y el tiempo atmosférico.

La Figura 11, muestra la pérdida de la cobertura nival durante los años 1984, 1994, 2004, 2014 y 2017 del nevado Portuguesa, de igual manera la Figura 14, muestra la pérdida de cobertura nival durante los años 1985, 1995, 2005, 2015 y 2017, en estas escenas se observan la pérdida de cobertura nival utilizando la metodología para la cuantificación de cobertura nival a través de Normalized Difference Snow Index (NDSI) utilizando las imágenes de Landsat 5 TM y Landsat 8 OLI haciendo uso de la banda 2 (0,520-0,6 μm) y el banda 5 (1,550-1,750 μm) en caso del Landsat 5 TM y en caso de caso de Landsat 8 OLI usando el banda 3 (0,53-0,59 μm) y el banda 6 (1,57-1,65 μm), es un índice muy utilizado en los trabajos de investigación destinados a mapear coberturas de nieve generándose una máscara del área analizada, teniendo como umbral la energía emitida por la nieve (reflectancia), como reporta Vargas³², utilizando imágenes que corresponden al sensor TM (Landsat - Thematic Mapper) y el Radiómetro de Emisión y Reflexión Térmica Avanzada del Espacio (Aster); Buitron³³, en el trabajo de investigación, para determinar el Normalized Difference Snow Index (NDSI) hizo de imágenes Landsat 7 y Landsat 5, hizo descarte de imágenes MSS debido a su baja resolución espacial y espectral. También hizo descarte de aquellas imágenes con porcentaje alto de nubosidad; Cerna¹⁷, hace uso en su trabajo de investigación para imágenes TM (banda 2) y para imágenes ASTER (banda 1), es más brillante la nieve que en cualquier otra superficie terrestre, mientras que en imágenes TM (banda 5) e imágenes ASTER (banda 4) la reflexión de nubosidad es alta, disminuyendo a valores cercanos a cero para la nieve; Pariona¹⁸, de la misma forma en el trabajo realizado muestra que la nieve muestra más brillantes que en cualquier otra superficie terrestre haciendo uso de las imágenes TM (banda 2) y las imágenes ASTER (banda 1).

5.2. Tendencia temporal para la temperatura superficial terrestre en los nevados Portuguesa y Razuhuilca

La Figura 15, muestra que la tendencia temporal de la temperatura máxima en el nevado Portuguesa, durante los periodos 1984 – 2017, donde se observa que los valores de la temperatura máxima presentan una variabilidad durante los periodos observados, existe una tendencia de incremento de la temperatura máxima ($y=0,1039x-182,15$; $y(1984)=24^{\circ}\text{C}$ y $y(2017)=27,4^{\circ}\text{C}$) una vez resuelto la ecuación lineal existe un incremento de $3,4^{\circ}\text{C}$, en caso de la temperatura mínima que se muestra en la Figura 16, los valores desde los años 1984 se observan que presentaban temperaturas bajo cero, haciendo que el nevado portuguesa mantenga su cobertura nival, pero se observa a los periodos presentes que la temperatura ha incrementado hasta sobrepasar los 0°C , presentando así una tendencia del incremento de la temperatura ($y=0,1632x-323,15$; $y(1984)=0,6^{\circ}\text{C}$ y $y(2017)=6^{\circ}\text{C}$) una vez resuelto la ecuación lineal existe un incremento de $5,4^{\circ}\text{C}$; para el caso del nevado Razuhuilca sucede lo mismo como se muestra en la Figura 17, tendencia temporal de la temperatura máxima presenta una tendencia a incrementar en los futuros escenarios ($y=0,1611x-295,52$; $y(1985)=24,3^{\circ}\text{C}$ y $y(2017)=29,4^{\circ}\text{C}$) una vez resuelto la ecuación lineal existe un incremento de $5,2^{\circ}\text{C}$, para el caso de la temperatura mínima como se muestra en la Figura 18 durante el año 1985 la temperatura eran por debajo de los 0°C , para el año 2017 se observa que la temperatura se ha incrementado ($y=0,1468x-295,45$; $y(1985)=-4,1^{\circ}\text{C}$ y $y(2017)=0,6^{\circ}\text{C}$) una vez resuelto la ecuación lineal existe un incremento de $0,6^{\circ}\text{C}$; como se observa existe un incremento de temperatura máxima y mínima en los nevados Portuguesa y Razuhuilca y que estas temperaturas han sobrepasado los 0°C haciendo que estos nevados pierdan de manera constante su cobertura nival; Schauwecker³⁵, menciona en su reporte de investigación que para la estimación de temperatura para futuros escenarios se simula con diferentes modelos climáticos en la cual se estima un posible aumento de temperatura en los próximos años, este incremento tiene una relación en gran medida a la generación de emisiones, para el reporte del trabajo de investigación (Bradley et al., 2006, Vuille et al., 2008) existe el escenario que para finales del siglo XXI aumentará la temperatura entre $4,5^{\circ}\text{C}$ a 5°C en los andes tropicales, otro reporte de investigación menciona que en las regiones exista un incremento de $2,5^{\circ}\text{C}$ a 3°C , sea el caso que las emisiones de dióxido de carbono hacia el 2070 se

dupliquen (Bradley et al., 2004), la entidad del estado conocida como Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) estima fuertes aumento de la temperatura para el año 2030 y hacia finales del siglo XXI; Feo³⁶, menciona que las actividades antrópicas están ocasionando una variabilidad climática en el mundo, generándose así incremento de la temperatura a nivel global, se ha visto un aumento en la concentración de gases en la atmósfera y que ocasionan que atrapen el calor del sol y la energía, lo que amplía el “efecto invernadero” natural que hace un mundo habitable de la Tierra. De los gases de efecto invernadero (GEI) el dióxido de carbono (CO₂) el gas con mayor concentración, es producto del uso de combustibles fósiles (entre ellos tenemos el petróleo, carbón y gas) e indiscriminada tala y quema de coberturas boscosas; SENAMHI¹⁴, la entidad presenta reportes de aumento de la temperatura máxima estacional y media anual sobre el territorio con valores +0,2 °C/década en promedio, estos valores presentan un predominio de valores positivos, estos resultados son considerados significativos principalmente en los espacios territoriales altas del sur del Perú, así mismo, existe una predisposición de un atendida positiva de los valores de la temperatura mínima promedio de 0,1-0,2 °C/década, a excepción de los puntos estacionarios localizados en la zona norte del lago Titicaca. De igual forma existen variaciones que muestran el aumento y disminución de esta variable, en el presente análisis estas variaciones con graduables a lo largo de un tiempo y se observa con mucha claridad que las temperaturas interactuadas por oscilaciones mayores que la interanual en intensidad mayor que las vistas en las temperaturas máximas; Ramos³⁸, reporta en su trabajo de investigación un quiebre y predisposición de los datos analizados de temperatura máxima media mensual entre los periodos 1965-2014, se ha evidenciado que la mayoría de puntos de estaciones presentan tendencia al aumento, y en cuanto a la temperatura mínima en los puntos de estaciones los datos analizados presentan una predisposición positiva.

5.3. Correlación de la tendencia espacial de la cobertura nival con la temperatura en los nevados Portuguesa y Razhuillca.

La Tabla 8, muestra el análisis de correlación – Spearman, para la relación entre cobertura nival con la temperatura mínima y temperatura del nevado Portuguesa, lo que se muestra es una correlación negativa significativa (Spearman: -,542) con la temperatura máxima y una correlación negativa significativa (Spearman: -,616 con la temperatura mínima. Es necesario mencionar que los coeficientes de

correlación negativa, indican que existe una relación indirecta entre la cobertura nival con la temperatura mínima y máxima por lo que a medida que va incrementando la temperatura superficial (temperatura mínima y máxima) irá disminuyendo la cobertura nival del nevado Portuguesa, una regresión negativa (Anexo 9) la regresión muestra que el nevado ira desapareciendo de manera lenta y constante. La Tabla 9, muestra el análisis de correlación – Spearman, para le relación entre cobertura nival con la temperatura mínima y temperatura del nevado Razuhuillca, lo que se muestra es una correlación negativa significativa (Spearman: -,609) con la temperatura máxima y una correlación negativa significativa (Spearman: -,430) con la temperatura mínima, lo que se observa es una correlación negativa significativa, es decir que a medida que va incrementando la temperatura superficial (temperatura máxima y mínima) irá disminuyendo la cobertura nival en el nevado Razuhuillca, una regresión negativa (Anexo 10) nos muestra que el nevado fue desapareciendo durante los años de estudio, esto quiere decir que la temperatura es uno de los factores que está afectando los nevados de estudio; Schauwecker³⁵, en el estudio que realizó menciona su significancia que altura de congelación presenta una relación directa con la temperatura atmosférica: el incremento de la temperatura es reflejada en el incremento de la isoterma, es decir, existe el aumento isocero en 150 metros cuando se calienta el aire en 1°C, se describe que el incremento de la temperatura afecta varios proceso en la ablación, y por consiguiente, se origina la pérdida de cobertura glaciár. Además, cabe mencionar que el hielo no solo se derrite por el incremento de la temperatura global, sino también por otros factores climáticos como precipitación, radiación y humedad, que influyen durante los proceso de fusión y acumulación y unas de las conclusiones que los glaciares pequeños y de elevaciones bajas desaparecerán en los próximos años y décadas; IPCC³⁹, en el informe sobre el cambio climático menciona que en los últimos años, la variabilidad del clima esta ocasionando impactos en los diferentes componenetes de los recursos y en la actividad huamana a nivel del sistema terrestre. Los impactos se deben al cambio climático analizado, libremente de su consideración, lo que indica la sensibilidad de los sistemas naturales y humanos a la interacción climática. Se menciona también que la emisiones de dióxido de carbono (CO₂) acumuladas generarán en gran medida el incremento de la temperatura a nivel global en superficies a finales del siglo XXI. El multifactor denota que existe una relación sólida y continua, en los

distintas escenas analizadas, entre las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) y la tendencia de la variación de la temperatura a nivel global hasta el año 2100. En cualquier nivel dado el aumento de la temperatura a nivel global está asociada a las emisiones de dióxido de carbono (CO₂). En los diferentes escenas de emisiones analizadas, las tendencias y proyecciones evidencian que la temperatura a nivel superficial presenta la tendencia de incremento a lo largo del siglo XXI. Lo más probable que existan olas de calor con mayor frecuencia y sean permanentes, y que las frecuencia de precipitación sean extremas e intensas en las diferentes regiones. La temperatura en el mar seguirá incrementando y empezará acidificar, y los niveles del mar continuará elevándose; Arroyo³¹, describe en el trabajo de investigación, distribución de datos climáticos anmalos y de la cobertura nival de los glaciares Huaytapallana y Pariaqaqa. La relación entre ambas variables es $r = 0,80$ para el glaciar Huaytapallana y $r = 0,75$ para el glaciar Pariaqaqa. Significa que existe un alta relación entre ambas variables que caracteriza el comportamiento de cobertura nival de ambos glaciares, aquello signifca, que los glaciares estudiados están condicionados por la interacción climática que generan variaciones en el régimen y temprabilidad del manto nival.

VI. CONCLUSIONES

1. Existe una relación directa significativa de la temperatura superficial con la cobertura nival, incrementado la temperatura superficial en el área de la cobertura nival; determinado por el método de mapeo de coberturas nivales.
2. El nevado Portuguesa ha sufrido una reducción de la cobertura nival en 87,1%, desde 1984 al 2017, para el caso del nevado Razuhuillca ha sufrido una reducción de la cobertura nival en 99,9%, desde 1985 al 2017.
3. La tendencia temporal de la temperatura máxima superficial en el nevado Portuguesa comprendida de 1984 al 2017, muestra evidencias de incremento en 3,4°C y para la temperatura mínima se muestra evidencias de incremento en 5,4°C, para el caso del nevado Razuhuillca comprendida de 1985 al 2017, se muestra evidencias de incremento de la temperatura máxima en 5,2 °C y para la temperatura mínima se muestra evidencias de incremento en 4,7 °C.
4. Existe correlación negativa significativa entre la cobertura nival y la temperatura máxima para el nevado Portuguesa ($r_s = -0,542$) y una correlación negativa significativa entre la cobertura nival y la temperatura mínima ($r_s = -0,616$), para el nevado Razuhuillca existe una correlación negativa significativa entre a cobertura nival y la temperatura máxima ($r_s = -0,609$) y una correlación negativa significativa entre la cobertura nival y a la temperatura mínima ($r_s = -0,430$).

VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda seguir con las investigaciones en nevados a nivel de la región Ayacucho con la finalidad de ver la influencia de la temperatura superficial terrestre en relación a la cobertura nival.
2. Es prioridad la instalación de estaciones climáticas en los nevados más importantes de la región de Ayacucho, cuya información sería muy importante para hacer el seguimiento de la pérdida de cobertura nival.
3. Fomentar otras investigaciones relacionadas a los efectos del cambio climático y monitoreo de los recursos a través de imágenes satelitales.
4. Fomentar trabajos de investigación evaluando la cobertura vegetal a través de imágenes satelitales, relacionándola con la cobertura nival.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Tarazona YC. Aplicación de la Teledetección como una herramienta para el análisis Multitemporal del retroceso glaciar en el Nevado Pastoruri debido al Cambio Climático. 2012; 48 p.
2. McCarthy JJ, Canziani OF, Leary NA, Dokken DJ, White KS. Climate change 2001: Impacts, adaptation, and vulnerability. Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK: Cambridge University Press; 2001.
3. Mac Cracken MC. Prospects for future climate change and the reason for early action. J Air Waste Manag Assoc. 2008; 58(6): 735-86 p.
4. Chuvieco, E. Fundamentos de Teledetección Espacial. Rialp. 3Ed España. 1996. 568 p.
5. Ordóñez JL. Espectro electromagnético y espectro radioeléctrico. Acta. 2012;(062):17–31 p.
http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material121/unidad1/firma_es.htm
6. IPCC. Cambio climático. Informe de síntesis del Grupo de Expertos sobre el Cambio Climático. Ginebra. 2007. 114 p.
7. ¿El fin de las cumbres nevadas? Glaciares y Cambio Climático en la Comunidad Andina: 2007. 104 p.
8. Ministerio del Ambiente. El Perú y el Cambio Climático. Ministerio del Ambiente. 2010. 2014 p.
9. García A. Landsat. Sistema comunicación vía satélite. 2011; 1–40 p. from:https://eva.fing.edu.uy/pluginfile.../LANDSAT_Garcia_UVIGO.pdf
10. Hernández J, Montaner D. Patrones De Respuesta Espectral. 2009; 1-14p.
11. U.S. Geological Survey (USGS). Landsat — A Global Land-Imaging Mission. US Geol Surv Fact Sheet 2012-3072 [Internet]. 2012;(May):4. From: <http://pubs.usgs.gov/fs/2012/3072/fs2012-3072.pdf>
12. Northrop A, Jackson J. IDEAS – LANDSAT Products Description Document. 2013; 44(6) p.
13. SENAMHI. Escenarios Climáticos en el Perú para el año 2030. Segunda Comunicación Nacional de Cambio Climático. Resumen técnico Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), Lima. 2009; 26 p.
14. Arozarena A, Otero I. Sistema captura y análisis de la información territorial. 2001; 12–3 p. Available from:
<http://ocw.upm.es/ingenieria-cartografica-geodesica-y-fotogrametria/topografia-cartografia-y-geodesia/material-de-clase>.
15. Suárez J. Análisis multitemporal del retroceso glaciar de la sierra nevada del Cocuy ubicada en los departamentos de Boyacá y Arauca entre los años 1992, 2003 y 2014. Bogotá. 2015; 23. Available from:
[http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/13551/1/AN%c3%81LISIS Multitemporal del retroceso glaciar de la Sierra Nevada del Cocuy.pdf](http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/13551/1/AN%c3%81LISIS%20Multitemporal%20del%20retroceso%20glaciar%20de%20la%20Sierra%20Nevada%20del%20Cocuy.pdf).
16. Cerna A. Cuantificación del cambio de volumen de los glaciares de la cordillera blanca utilizando los modelos de elevación digital topográficos y de imágenes aster: nevados Champará y Huascarán tesis. Perú. 2012;1–157 p.
17. Pariona Ramirez K. Cambio climático y efectos en el Nevado Huaytapallana. Lima - Perú. 2015;1-56 p. Available from:
http://ateneo.unmsm.edu.pe/ateneo/bitstream/123456789/5026/1/Pariona_Ramirez_Karen_del_Pilar_2015.pdf
18. Cea López C, Cristóbal Rosselló J, Pons Fernández X. Mejoras en la determinación de la cubierta nival mediante imágenes Landsat y MODIS. El Acceso a la Información espacial y las nuevas tecnologías geográficas. 2005; 65–78 p.

19. Hall DK, Riggs GA, Branch CS. Normalized-difference snow index (NDSI).1993; 70–1 p.
20. John A. Remote Sensing Digital Image Analysis. Springer-Verlag New York, INC., New York, NY. 1986; Pp.51-52.
21. Markhan, B. Y Barker, J. Landsat MSS and TM post-calibration dynamics range, exoatmospheric reflectance and at satellite temperature. EOSAT. Landsat Technical Notes.1986; p.3-8.
22. Aronoff S. Remote sensing for GIS managers. New York, USA. ESRI Press. 2005; p.487.
23. Peña M. ASTER satellite image corrections to estimate vegetational parameters on the Mirta river basin, Aisén. BOSQUE 28(2). 2007; p.162-172.
24. Matthew M., Adler S., Berk A., Richtsmeier S., Levine R., Bernstein L., Acharya P., Anderson G., Felde G., Hoke M., Ratkowski A., Burke H., Kaiser R. and Miller D. Status of Atmospheric Correction Using a MODTRAN4-based Algorithm. SPIE Proceeding, Algorithms for Multispectral, Hyperspectral, and Ultraspectral. Imagery VI. Vol. 4049. 2000; p.199-207.
25. Descripción y Corrección de Productos Landsat 8 LDCM (Landsat Data Continuity Mission). Bogotá, Colombia. 2003.
26. Cano A, Moreno V. Análisis multitemporal de imágenes LANDSAT TM en la cartografía de las masas de hielo y nieve aplicada a la modelización hidrológica. 1996. Revista de Teledetección: p.1-12. Consultado 2 jul. 2009. Disponible:http://telenet.uva.es/promotores/revista/revista_07/AET7_4.pdf.
27. Sibandze P, Mhangara P, Odindi J, Kganyago M. A comparison of Normalised Difference Snow Index (NDSI) and Normalised Difference Principal Component Snow Index (NDPCSI) techniques in distinguishing snow from related land cover types. South African J Geomatics. 2014;3(2):197.
28. MINAM. Ley General del Ambiente - Ley N°26811. 2005;1-168 p. Available from:https://sinia.minam.gob.pe/normas/ley-general-ambiente?fbclid=IwAR0uN8m18o465RDB35abpzL5KGCS3d9SDVvdesbsG2FV7iaul_bSMpnRZhU
29. MINAM. Ley Marco Sobre Cambio Climático - Ley N°30754 [Internet]. 2018. p. 114 p. Available from: <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/ley-marco-cambio-climatico>.
30. Arroyo Aliaga J, Gurmendi Párraga P, Machuca Manrique E. Efectos de las anomalías climáticas en la cobertura de nieve de los glaciares centrales del Perú. 2013; 14 p.
31. Vargas C, Villon C, Pasapera J. Comparación de Técnicas para el Mapeo de Cobertura Glaciar con Imágenes LANDSAT y ASTER en la Cordillera Blanca, Ancash. Perú. 2009. 1-8 p. Available from: <https://www.researchgate.net/publication/242100894>
32. Buitron C, Fernández J. Estudio espacial multitemporal de variaciones en superficie observadas a través de imágenes satelitales Landsat en una región del parque nacional Sajama. Bolivia. 2012; 1.63 p.
33. Aliaga JA, Párraga PG, Manrique EM. Efectos de las anomalías climáticas en la cobertura de nieve de los glaciares centrales del Perú. Apunt Cienc Soc [Internet]. 2015;5(1):146–156 p. Available from: <file:///C:/Users/ISABEL/Downloads/310-1312-4-PB.pdf>
34. Schauwecker S, Kronenberg M, Cruz R. El futuro del clima y de los glaciares en el Perú. 2017; 1-19 p. Available from: <http://www.proyectoglaciares.pe/wp->

content/uploads/2018/05/Informe-Futuro-del-Clima-y-de-los-Glaciares-en-el-Peru.pdf.

35. Feo O, Solano E, Beingolea L, Aparicio M, Villagra M. Cambio climático y salud en la región andina. Perú. 2009;26(1):83–93 p.
36. Bernex N, Tejada M. Cambio climático, retroceso glaciar y gestión integrada de los recursos hídricos. Perú. 2010;1–130 p.
37. Ramos A. Evolución de la cobertura glaciar del nevado Coropuna y su relación con el entorno climático. Perú. 2018;1–196 p.
38. IPCC. Cambio climático. Informe de síntesis del Grupo de Expertos sobre el Cambio Climático. 2014. 1-176 p.
39. Sarochar H. Introducción a la meteorología general. 2011;25. Available from: <https://bit.ly/2HmMnJM>.
40. Valor, E., Caselles, V. Mapping land surface emissivity from NDVI application to European, African and South America areas. Remote Sensing Environment. 1996. 57:167-184.
41. Illayaraja K, Reza W, Kumar V, Paul S, Chowdhary R. Estimation of Land Surface Temperature of Kaduna Metropolis , Nigeria Using Landsat Images. J Chem Phaemaceutical Sci. 2016;11(3):36–42.

ANEXOS

Anexo 1.

Test de normalidad de Kolmogorov-Smirnov - Shapiro-wilks de las variables de temperatura mínima, temperatura máxima y cobertura nival del nevado Portuguesa. Región Ayacucho.

Formulación de la hipótesis:

- Ho: los datos tienen una distribución normal
- Ha: los datos no poseen distribución normal

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Temperatura mínima (°C)	0,126	30	0,200 [*]	0,957	30	0,255
Temperatura máxima (°C)	0,125	30	0,200 [*]	0,893	30	0,006
Cobertura nival (ha)	0,312	30	0,000	0,482	30	0,000

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Interpretación: los datos de temperatura máxima y cobertura nival, presentan un valor p menor a 0,05, no presentando una distribución normal. A diferencia de los datos de temperatura mínima promedio que si tienen un valor p mayor a 0,05 que si poseen una distribución normal.

Anexo 2.

Test de normalidad de Kolmogorov-Smirnov - Shapiro-wilks de los variables de temperatura mínima, temperatura máxima y cobertura nival del nevado Razuhuillca. Región Ayacucho.

Formulación de la hipótesis:

- Ho: los datos tienen una distribución normal
- Ha: los datos no poseen distribución normal

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Temperatura mínima (°C)	0,133	30	0,184	0,952	30	0,194
Temperatura máxima (°C)	0,117	30	0,200 [*]	0,979	30	0,793
Cobertura nival (ha)	0,282	30	0,000	0,630	30	0,000

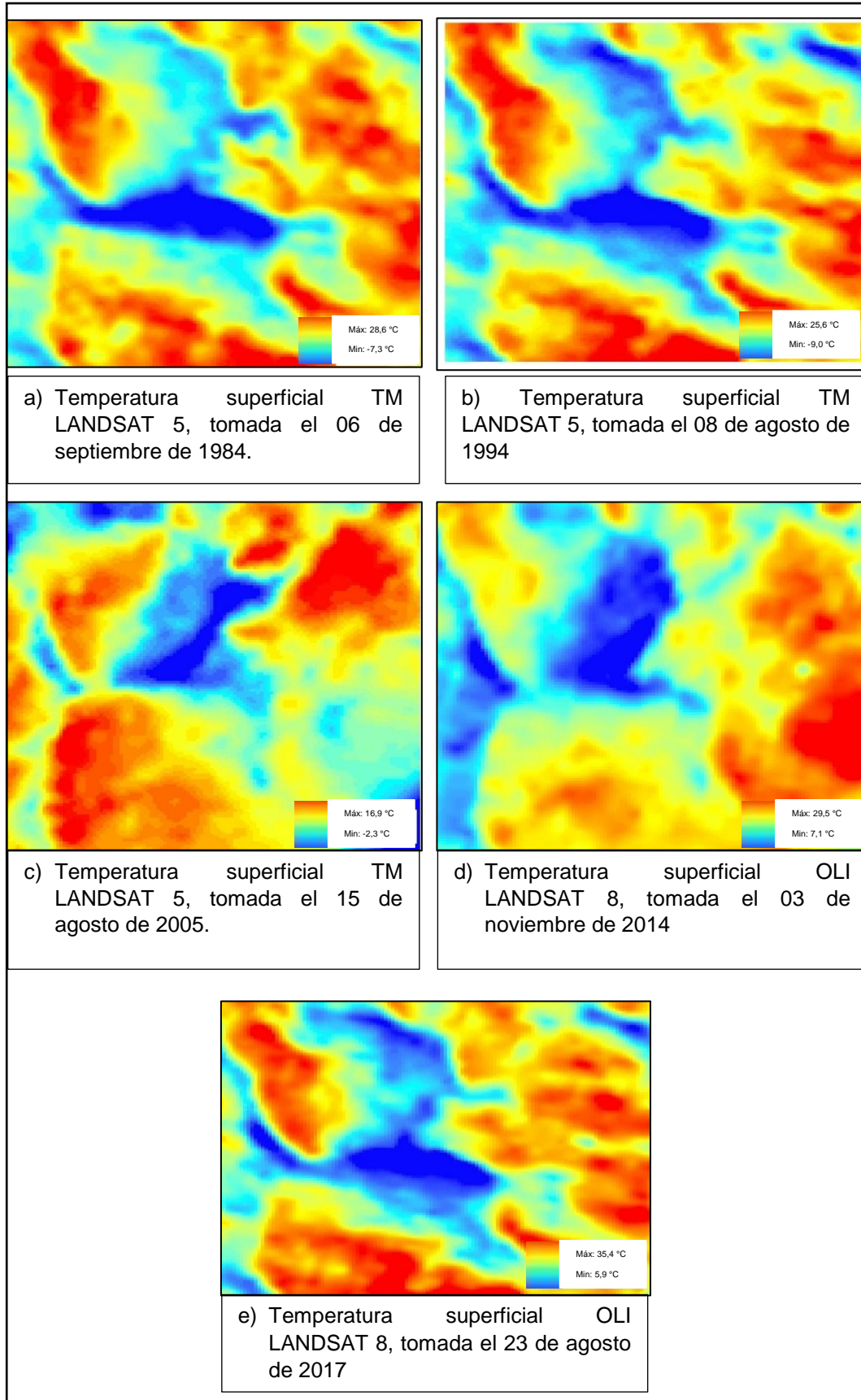
*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Interpretación: los datos de cobertura nival, presentan un valor p menor a 0,05, no presentando una distribución normal. A diferencia de los datos de temperatura mínima y temperatura máxima que si tienen un valor p mayor a 0,05 que si poseen una distribución normal.

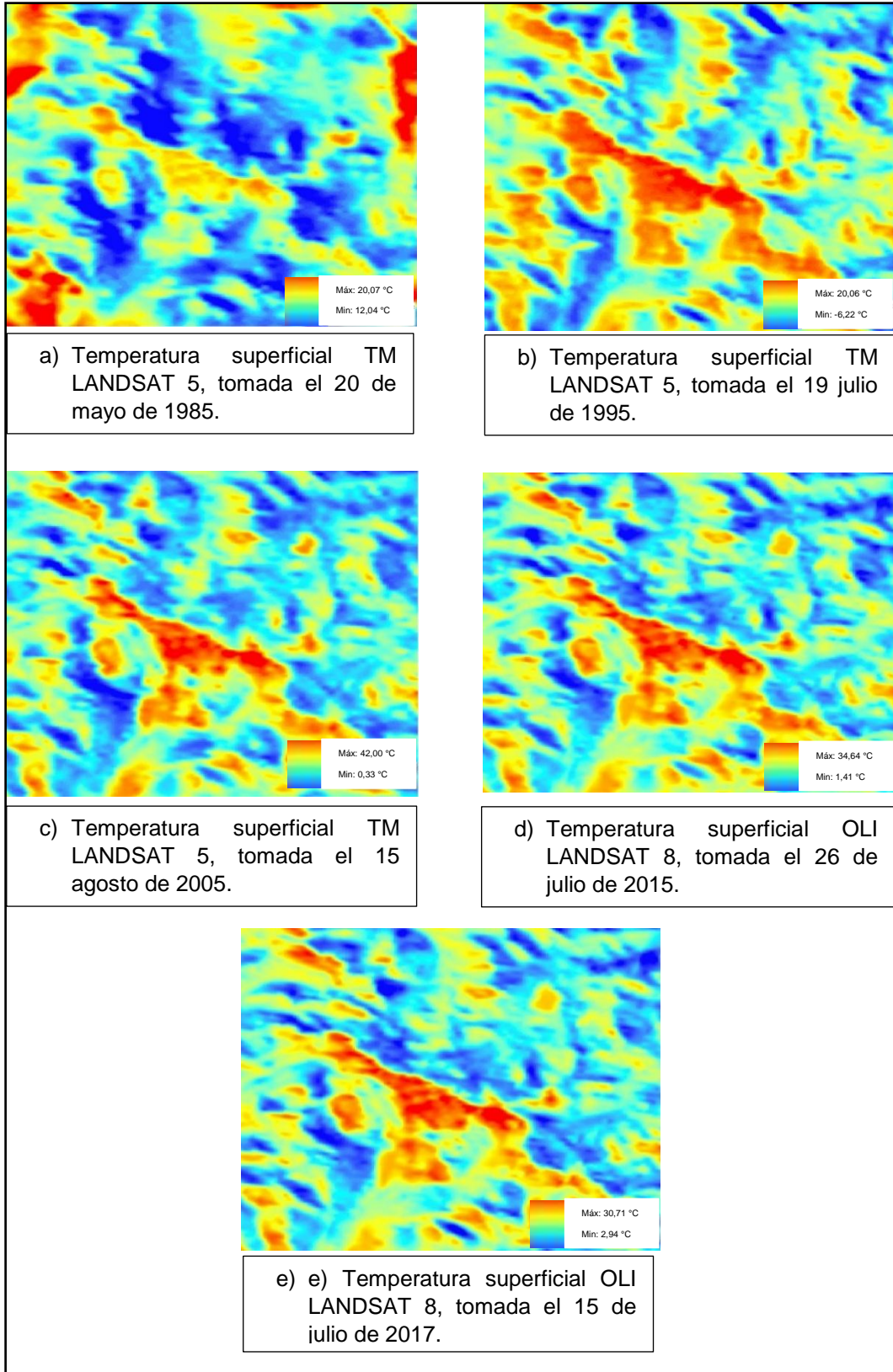
Anexo 3.

Temperatura superficial usando el índice NDSI nevado Portuguesa.



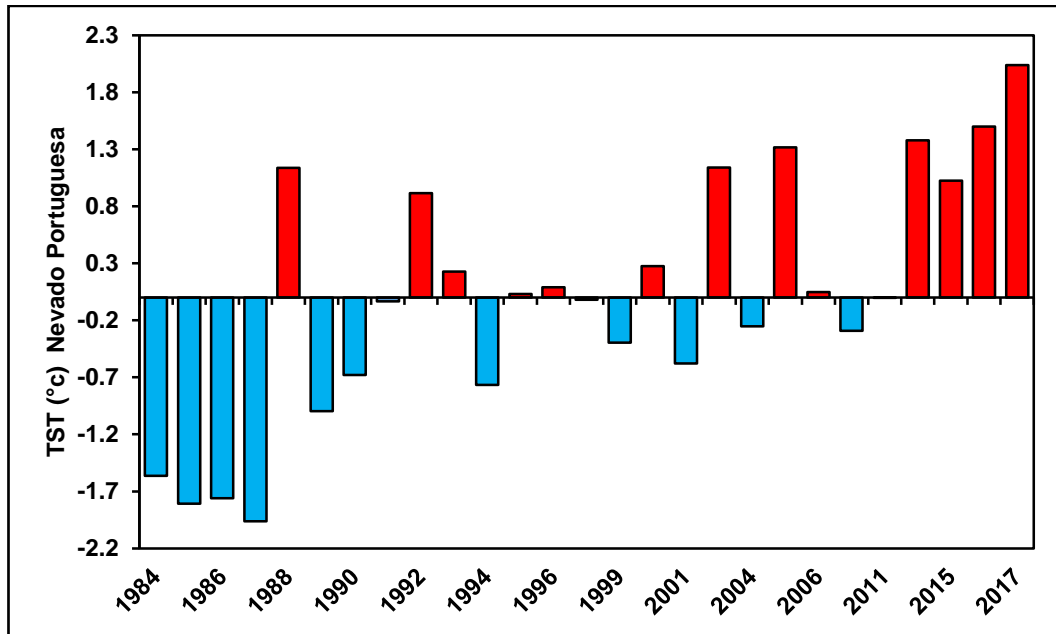
Anexo 4.

Temperatura superficial usando el índice NDSI nevado Razuhuillca.



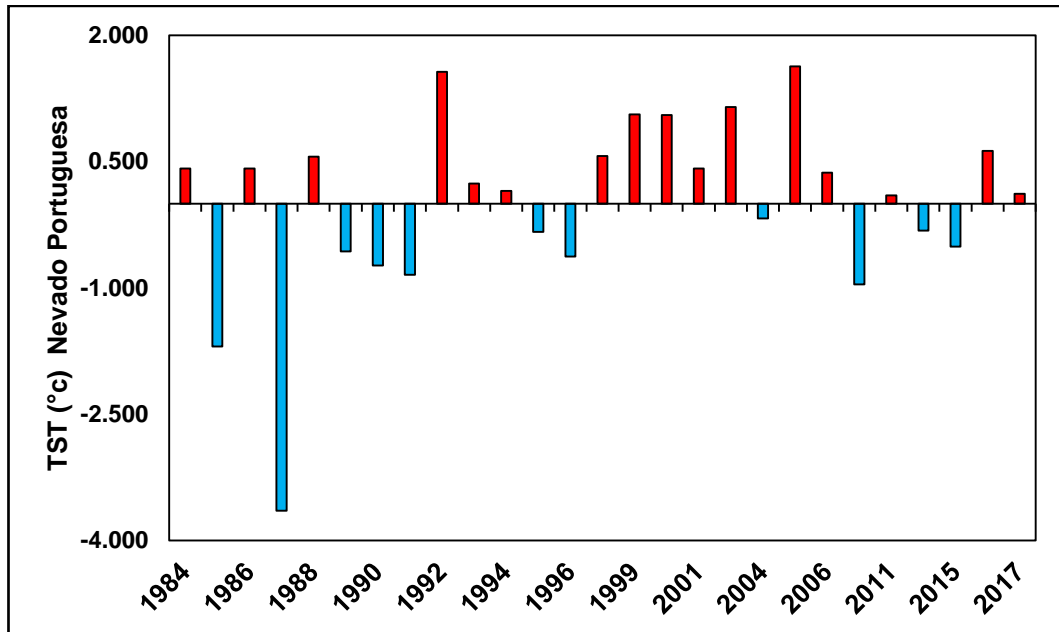
Anexo 5.

Índice estandarizado de la temperatura mínima en el nevado Portuguesa – Periodo 1984 al 2017. Región de Ayacucho.



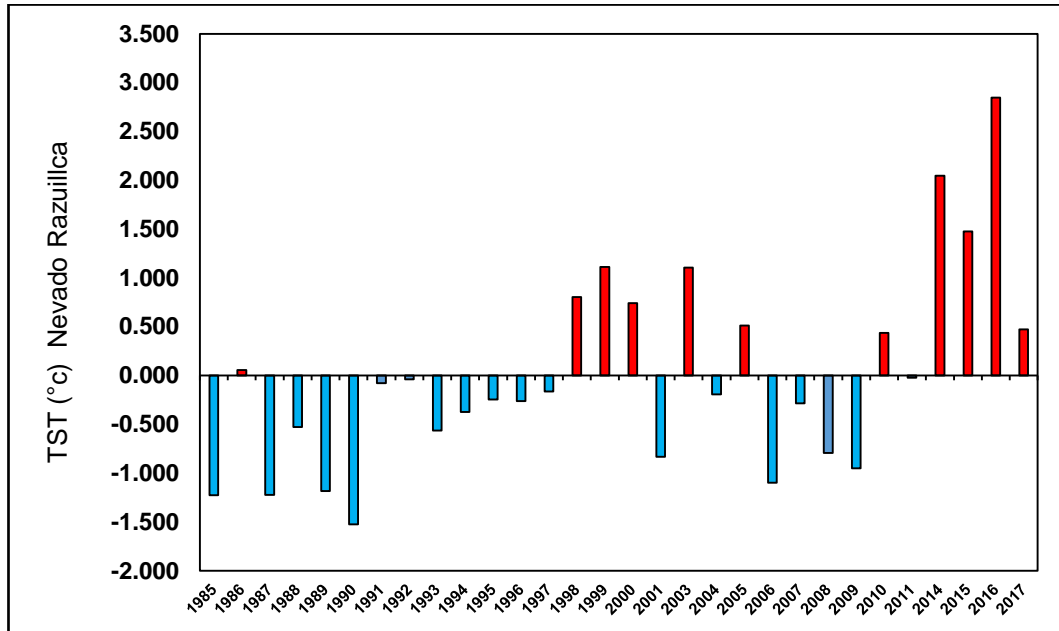
Anexo 6.

Índice estandarizado de la temperatura máxima en el nevado Portuguesa – Periodo 1984 al 2017. Región de Ayacucho.



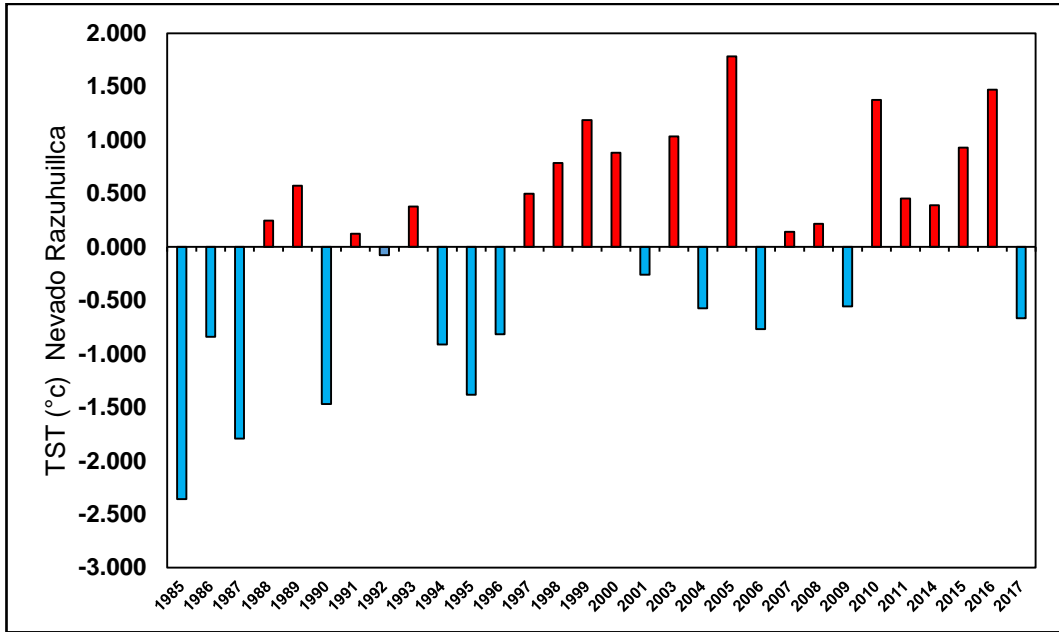
Anexo 7.

Índice estandarizado de la temperatura mínima en el nevado Razhuillca – Periodo 1985 al 2017. Región de Ayacucho.



Anexo 8.

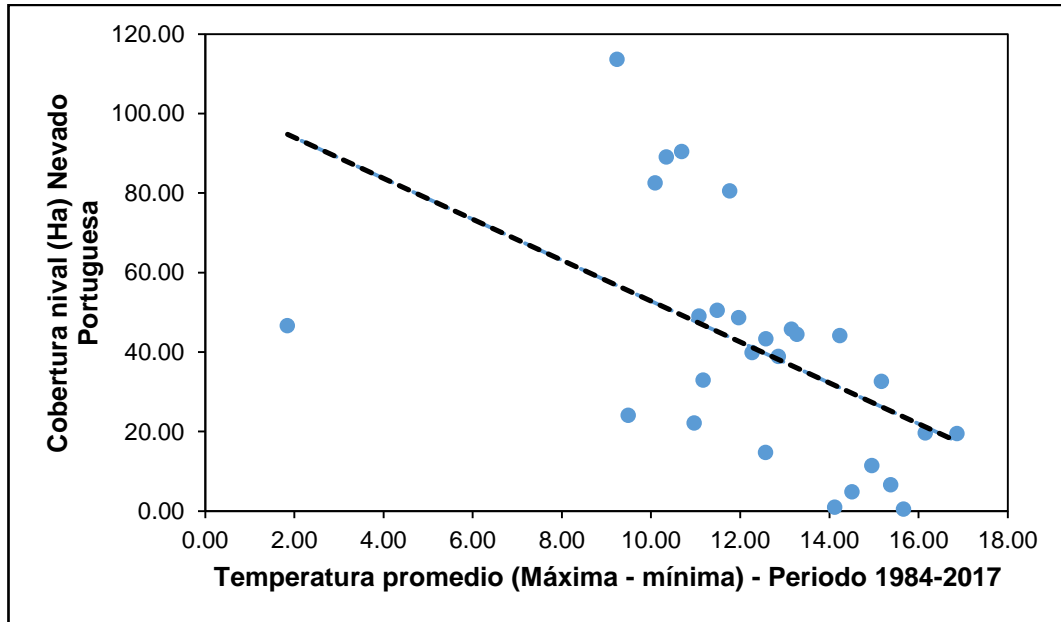
Índice estandarizado de la temperatura máxima en el nevado Razuhuillca – Periodo 1985 al 2017. Región de Ayacucho.



Anexo 9.

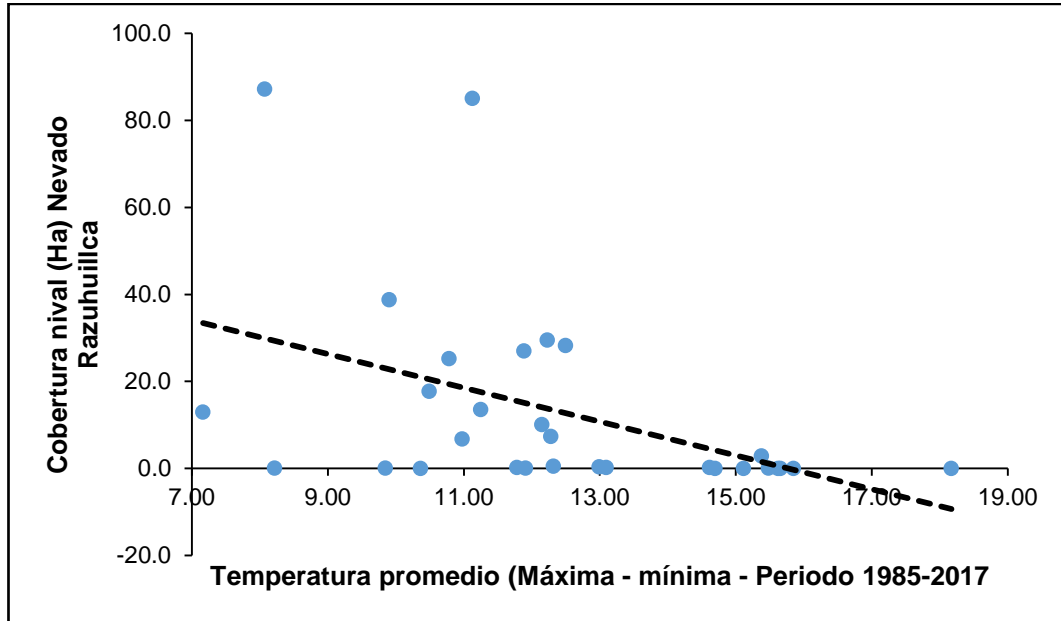
Relación entre cobertura nival con la Temperatura promedio del nevado Portuguesa.

($R^2 = -0,26$, $p < 0,05$), (Spearman: $-0,558$). Región Ayacucho.



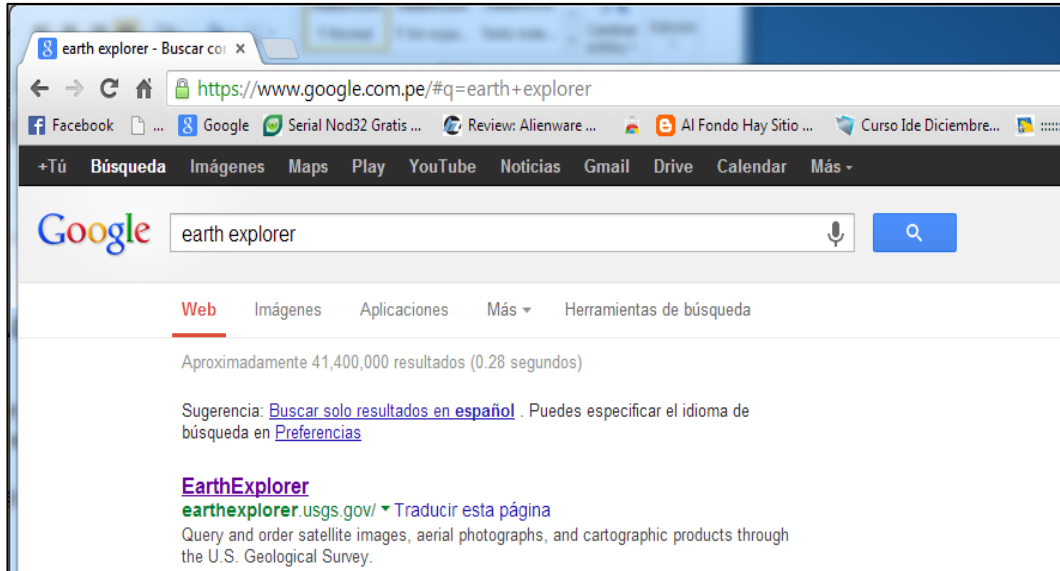
Anexo 10.

Relación entre cobertura nival vs Temperatura promedio del nevado Razuhuillca. ($R^2=0,19$; $p<0,05$), (Spearman:-0,44). Región Ayacucho.



Anexo 11.

Proceso para el acceso a la página de Earth Explorer (<http://earthexplorer.usgs.gov/>) y registrarse (Login).



1. Login 2. User Affiliation 3. Address 4. Confirmation

The USGS EROS registration service allows you to register and save information that can be used to access a specific USGS site or to place orders for USGS products. Additional features, such as the ability to save search information, may also be available to registered users depending on the site accessed.

To register, please create a user name and password. The information you provide will be secure and not shared with others. Review our [privacy policy](#).


Login Information

Password must be between 8 and 16 characters long, and contain at least one alphabetic and numeric character.

Username: You may wish to use your email address for your user name.

Password:

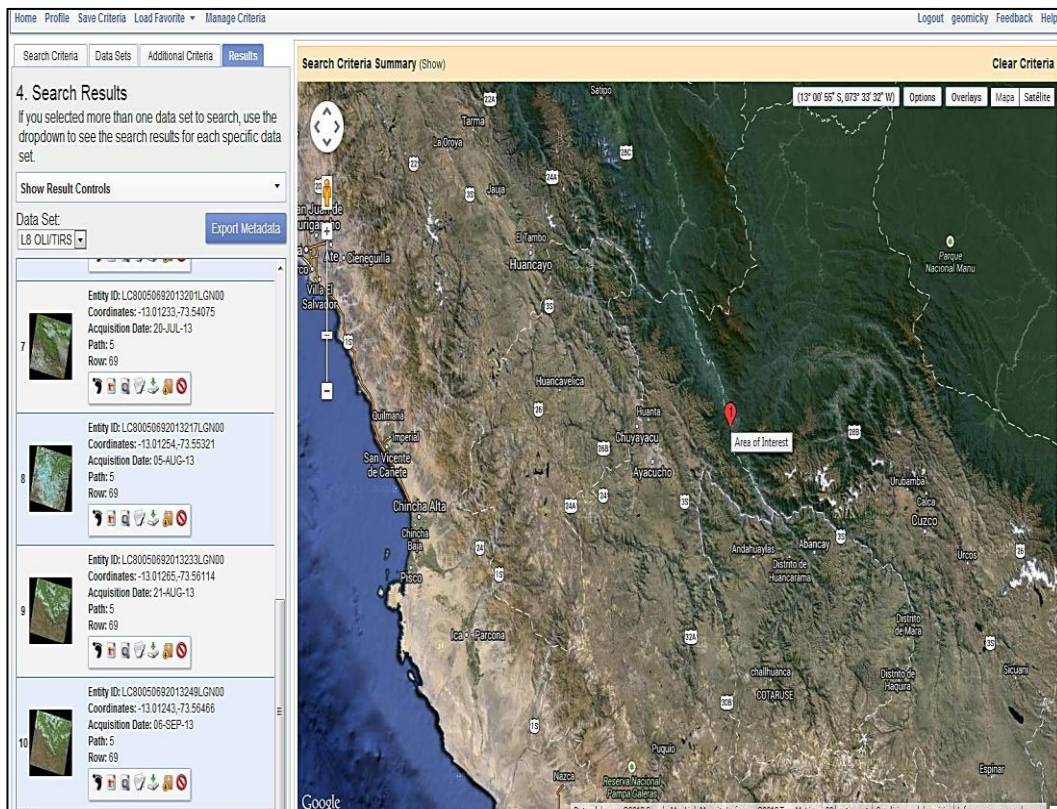
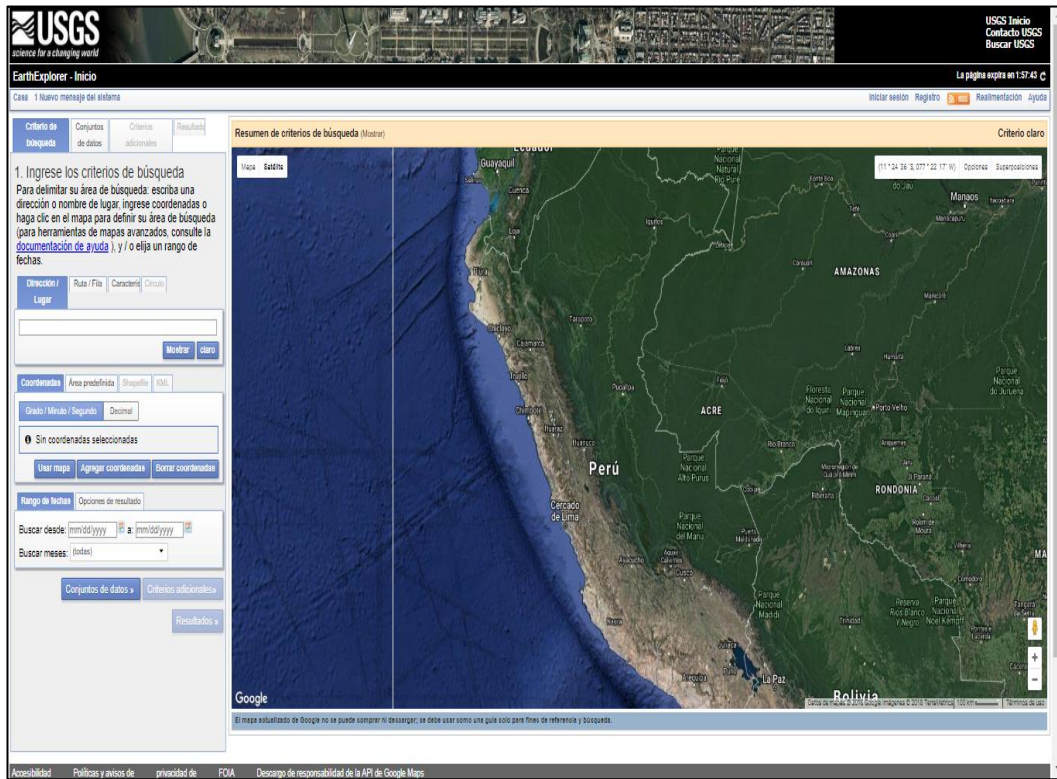
Confirm Password:

Captcha Validation 

Note: All fields are required.

Anexo 12.

Visualización de imágenes satelitales vía internet.



Anexo 13.

Descarga de imágenes satelitales desde USGS.

Casa 1 Nuevo mensaje del sistema Iniciar sesión Registro Realimentación Ayuda

Resumen de criterios de búsqueda (Mostrar) Criterio claro

1. Ingrese los criterios de búsqueda
Para delimitar su área de búsqueda: escriba una dirección o nombre de lugar, ingrese coordenadas o haga clic en el mapa para definir su área de búsqueda (para herramientas de mapas avanzados, consulte la [documentación de ayuda](#)), y / o elija un rango de fechas.

Dirección / Ruta / File Caractericé Círculo Lugar

Punto Puñonero

Tipo: WRS2 Camino: File: Mostrar claro

Coordenadas Área predefinida Shapefile KML

Grado / Minuto / Segundo	Decimal
1. Lat: 12° 07' 52" S, Lon: 075° 47' 38" W	
2. Lat: 12° 22' 32" S, Lon: 074° 06' 43" W	
3. Lat: 13° 53' 46" S, Lon: 074° 26' 29" W	
4. Lat: 13° 39' 01" S, Lon: 076° 08' 00" W	

Usar mapa Agregar coordenadas Borrar coordenadas

Rango de fechas Opciones de resultado

4. Search Results
If you selected more than one data set to search, use the dropdown to see the search results for each specific data set.
Note: You must be logged in to download and order scenes

Show Result Controls

Data Set
Landsat 4-5 TM C1 Level-1

Acquisition Date	Path	Row
02-NOV-11	00	00
28-OCT-11	00	00
28-OCT-11	00	00
24-SEP-11	00	00
24-SEP-11	00	00
24-SEP-11	00	00

4. Search Results
If you selected more than one data set to search, use the dropdown to see the search results for each specific data set.

Show Result Controls

Data Set
Landsat 4-5 TM C1 Level-1

Displaying 1 of 1

Entry ID: LC80050692016002LGN00
Coordinates: -13.01247, -73.54494
Acquisition Date: 18-JAN-15
Path: 00
Row: 00

Entry ID: LC80050692016002LGN00
Coordinates: -13.01244, -73.54474
Acquisition Date: 02-JAN-15
Path: 00
Row: 00

Entry ID: LC800506920153516GN00
Coordinates: -13.01227, -73.5514
Acquisition Date: 17-DEC-15
Path: 00
Row: 00

Entry ID: LC8005069201535516GN00
Coordinates: -13.01227, -73.5541
Acquisition Date: 01-DEC-15

Download Options

- Download LandsatLook "Natural Color" image (8.7 MB)
- Download LandsatLook "Thermal" image (1.3 MB)
- Download LandsatLook "Quality" image (2.3 MB)
- Download Level 1 GeoTIFF Data Product (877.8 MB)

Click en Download

Abriendo LC80050692016002LGN00.tar.gz

Ha elegido abrir:
LC80050692016002LGN00.tar.gz
que es: WinRAR ZIP archive (878 MB)
de: http://edclpdsftp.cr.usgs.gov

¿Qué debería hacer Firefox con este archivo?

- Abrir con WinRAR.ZIP (predeterminada)
- DownThemAll!
- dTa OneClick!
- Guardar archivo
- Hacer esto automáticamente para estos archivos a partir de ahora.

Aceptar Cancelar

Anexo 14.

“Header” (cabecero) de las imágenes descargadas.

```
LT50050691984250CUB00_MTL
GROUND_CONTROL_POINT_FILE_NAME = "LT50050691984250CUB00_GCP.txt"
REPORT_VERIFY_FILE_NAME = "LT50050691984250CUB00_VER.txt"
BROWSE_VERIFY_FILE_NAME = "LT50050691984250CUB00_VER.jpg"
METADATA_FILE_NAME = "LT50050691984250CUB00_MTL.txt"
CPF_NAME = "L5CPF19840701_19840930.10"
END_GROUP = PRODUCT METADATA
GROUP = IMAGE ATTRIBUTES
CLOUD_COVER = 15.00
IMAGE_QUALITY = 7
SUN_AZIMUTH = 63.91212507
SUN_ELEVATION = 49.37864266
EARTH_SUN_DISTANCE = 1.0077634
GROUND_CONTROL_POINTS_VERSION = 1
GROUND_CONTROL_POINTS_MODEL = 117
GEOMETRIC_RMSE_MODEL = 4.499
GEOMETRIC_RMSE_MODEL_Y = 3.383
GEOMETRIC_RMSE_MODEL_X = 2.966
GROUND_CONTROL_POINTS_VERIFY = 2042
GEOMETRIC_RMSE_VERIFY = 0.299
GEOMETRIC_RMSE_VERIFY_QUAD_UL = 0.323
GEOMETRIC_RMSE_VERIFY_QUAD_UR = 0.328
GEOMETRIC_RMSE_VERIFY_QUAD_LL = 0.217
GEOMETRIC_RMSE_VERIFY_QUAD_LR = 0.320
END_GROUP = IMAGE ATTRIBUTES
GROUP = MIN_MAX_RADIANCE
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_1 = 169.000
RADIANCE_MINIMUM_BAND_1 = -1.520
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_2 = 333.000
RADIANCE_MINIMUM_BAND_2 = -2.840
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_3 = 264.000
RADIANCE_MINIMUM_BAND_3 = -1.170
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_4 = 221.000
RADIANCE_MINIMUM_BAND_4 = -1.510
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_5 = 30.200
RADIANCE_MINIMUM_BAND_5 = -0.370
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_6 = 15.303
RADIANCE_MINIMUM_BAND_6 = 1.238
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_7 = 16.500
RADIANCE_MINIMUM_BAND_7 = -0.150
END_GROUP = MIN_MAX_RADIANCE
GROUP = MIN_MAX_REFLECTANCE
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_1 = 0.275385
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_1 = -0.002477
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_2 = 0.581531
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_2 = -0.004960
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_3 = 0.543074
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_3 = -0.002407
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_4 = 0.680612
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_4 = -0.004650
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_5 = 0.448371
```

Página 2

```

                                LT50050691984250CUB00_MTL
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_5 = -0.005493
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_7 = 0.652750
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_7 = -0.005934
END_GROUP = MIN_MAX_REFLECTANCE
GROUP = MIN_MAX_PIXEL_VALUE
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_1 = 255
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_1 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_2 = 255
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_2 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_3 = 255
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_3 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_4 = 255
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_4 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_5 = 255
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_5 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_6 = 255
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_6 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_7 = 255
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_7 = 1
END_GROUP = MIN_MAX_PIXEL_VALUE
GROUP = PRODUCT_PARAMETERS
CORRECTION_GAIN_BAND_1 = "CPF"
CORRECTION_GAIN_BAND_2 = "CPF"
CORRECTION_GAIN_BAND_3 = "CPF"
CORRECTION_GAIN_BAND_4 = "CPF"
CORRECTION_GAIN_BAND_5 = "CPF"
CORRECTION_GAIN_BAND_6 = "INTERNAL_CALIBRATION"
CORRECTION_GAIN_BAND_7 = "CPF"
CORRECTION_BIAS_BAND_1 = "CPF"
CORRECTION_BIAS_BAND_2 = "CPF"
CORRECTION_BIAS_BAND_3 = "CPF"
CORRECTION_BIAS_BAND_4 = "CPF"
CORRECTION_BIAS_BAND_5 = "CPF"
CORRECTION_BIAS_BAND_6 = "CPF"
CORRECTION_BIAS_BAND_7 = "CPF"
END_GROUP = PRODUCT_PARAMETERS
GROUP = RADIOMETRIC_RESCALING
RADIANCE_MULT_BAND_1 = 6.7134E-01
RADIANCE_MULT_BAND_2 = 1.3222E+00
RADIANCE_MULT_BAND_3 = 1.0440E+00
RADIANCE_MULT_BAND_4 = 8.7602E-01
RADIANCE_MULT_BAND_5 = 1.2035E-01
RADIANCE_MULT_BAND_6 = 5.5375E-02
RADIANCE_MULT_BAND_7 = 6.5551E-02
RADIANCE_ADD_BAND_1 = -2.19134
RADIANCE_ADD_BAND_2 = -4.16220
RADIANCE_ADD_BAND_3 = -2.21398
RADIANCE_ADD_BAND_4 = -2.38602
RADIANCE_ADD_BAND_5 = -0.49035
RADIANCE_ADD_BAND_6 = 1.18243

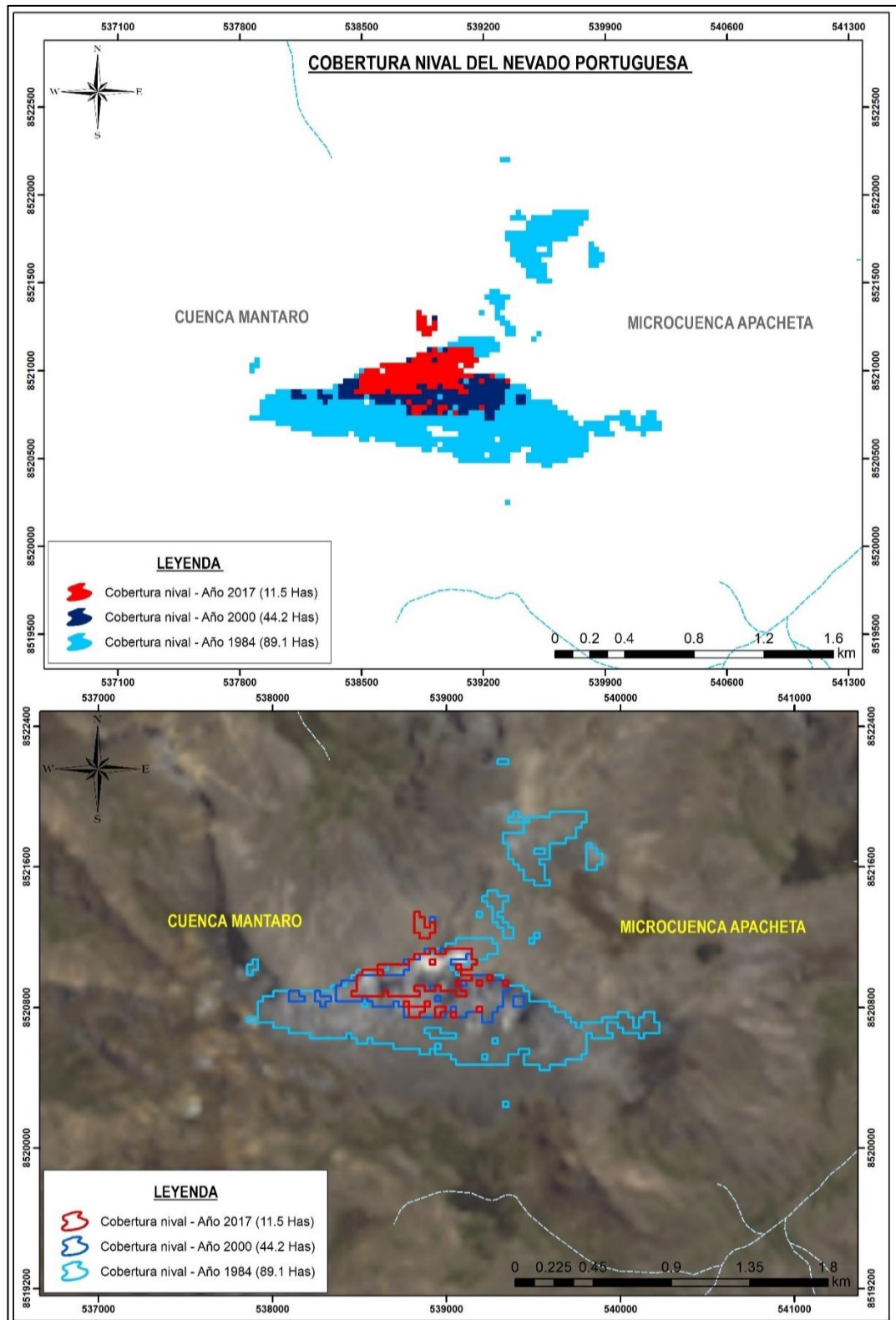
```

Página 3


```
LT50050691984250CUB00_MTL
RADIANCE_ADD_BAND_7 = -0.21555
REFLECTANCE_MULT_BAND_1 = 1.0939E-03
REFLECTANCE_MULT_BAND_2 = 2.3090E-03
REFLECTANCE_MULT_BAND_3 = 2.1476E-03
REFLECTANCE_MULT_BAND_4 = 2.6979E-03
REFLECTANCE_MULT_BAND_5 = 1.7869E-03
REFLECTANCE_MULT_BAND_7 = 2.5932E-03
REFLECTANCE_ADD_BAND_1 = -0.003571
REFLECTANCE_ADD_BAND_2 = -0.007269
REFLECTANCE_ADD_BAND_3 = -0.004554
REFLECTANCE_ADD_BAND_4 = -0.007348
REFLECTANCE_ADD_BAND_5 = -0.007280
REFLECTANCE_ADD_BAND_7 = -0.008527
END_GROUP = RADIOMETRIC_RESCALING
GROUP = THERMAL_CONSTANTS
K1_CONSTANT_BAND_6 = 607.76
K2_CONSTANT_BAND_6 = 1260.56
END_GROUP = THERMAL_CONSTANTS
GROUP = PROJECTION_PARAMETERS
MAP_PROJECTION = "UTM"
DATUM = "WGS84"
ELLIPSOID = "WGS84"
UTM_ZONE = 18
GRID_CELL_SIZE_REFLECTIVE = 30.00
GRID_CELL_SIZE_THERMAL = 30.00
ORIENTACIÓN = "NORTH_UP"
RESAMPLING_OPTION = "CUBIC_CONVOLUTION"
MAP_PROJECTION_LORA = "NA"
END_GROUP = PROJECTION_PARAMETERS
END_GROUP = L1_METADATA_FILE
END
```

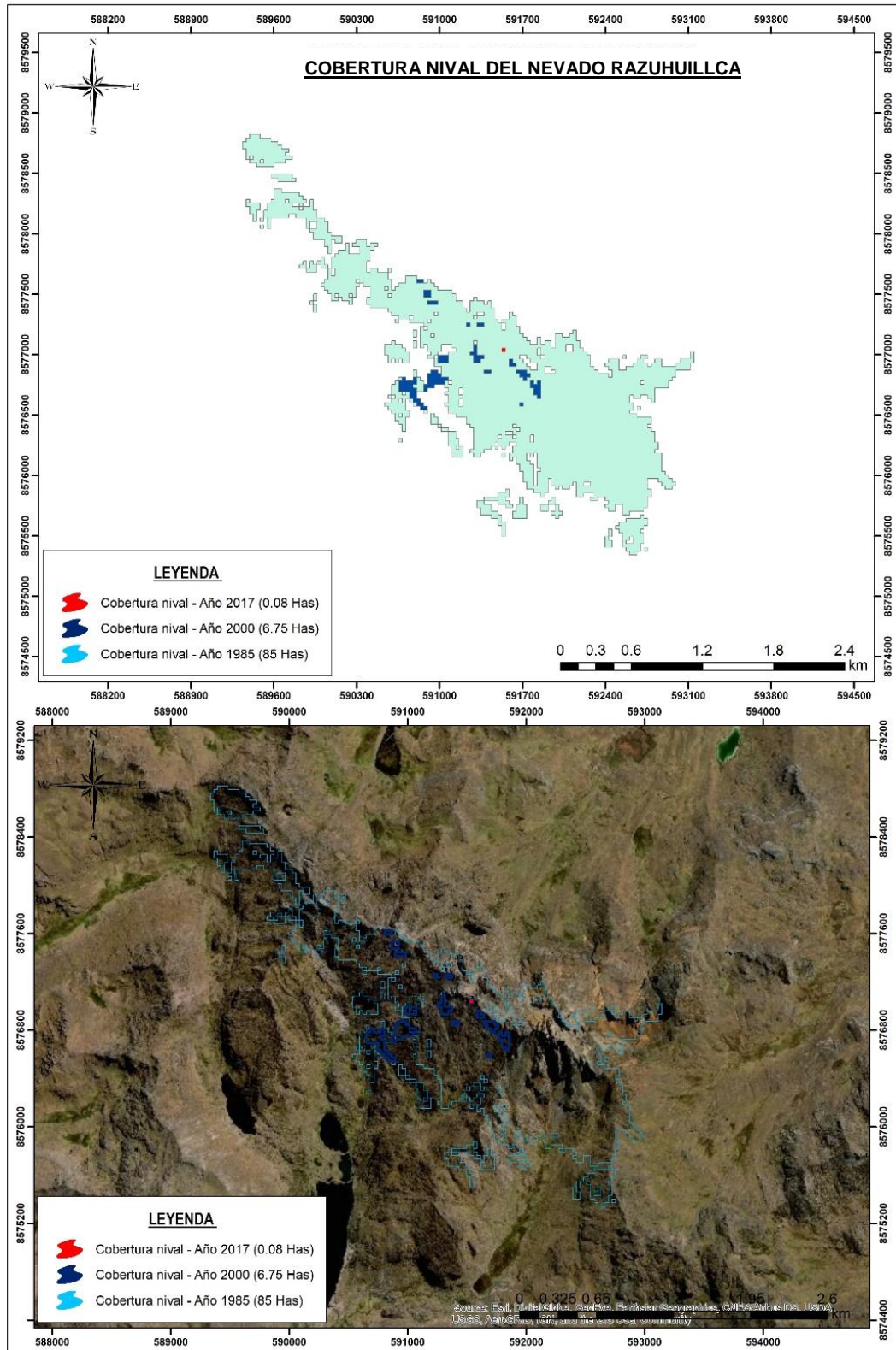
Anexo 15.

Mapa temático de la distribución de la cobertura nival del nevado Portuguesa periodo 1984,2000 y 2017. Región Ayacucho.



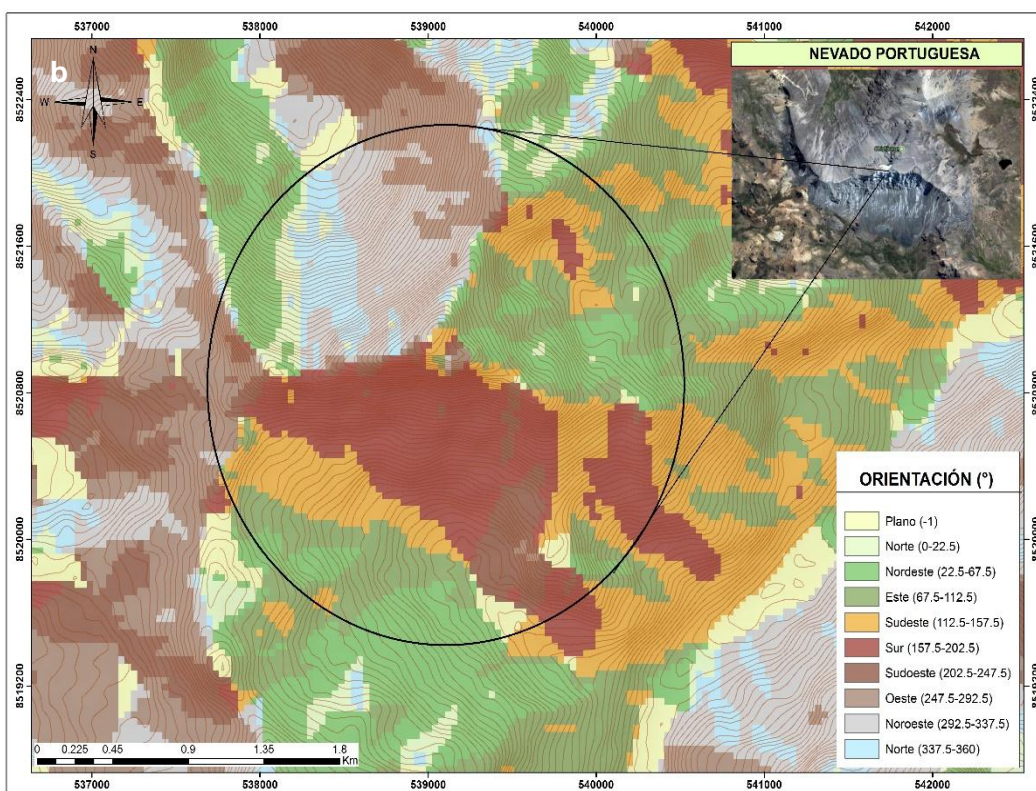
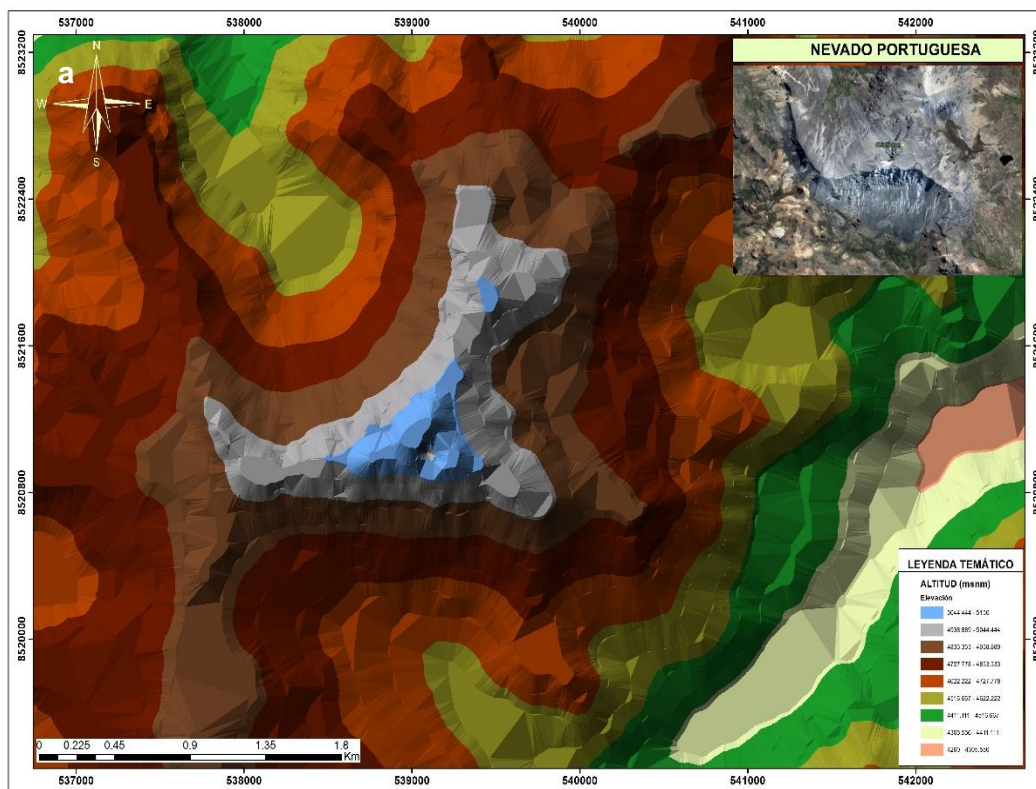
Anexo 16.

Mapa temático de la distribución de la cobertura nival del nevado Razuhuillca periodo 1985,2000 y 2017. Región Ayacucho.



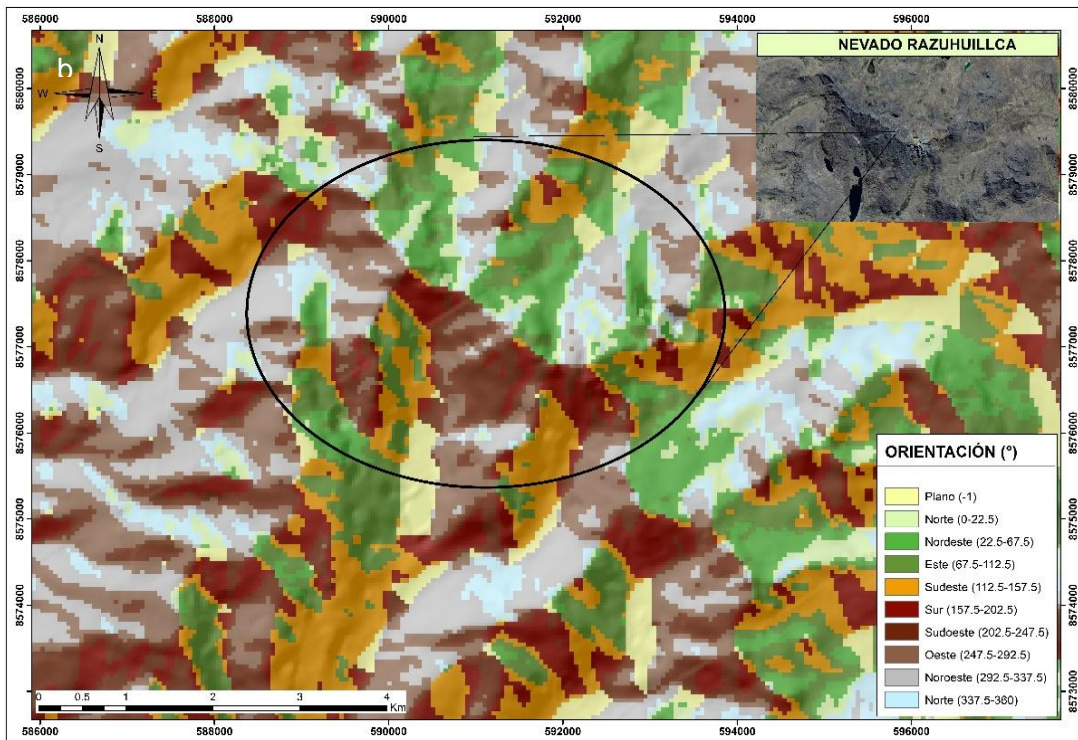
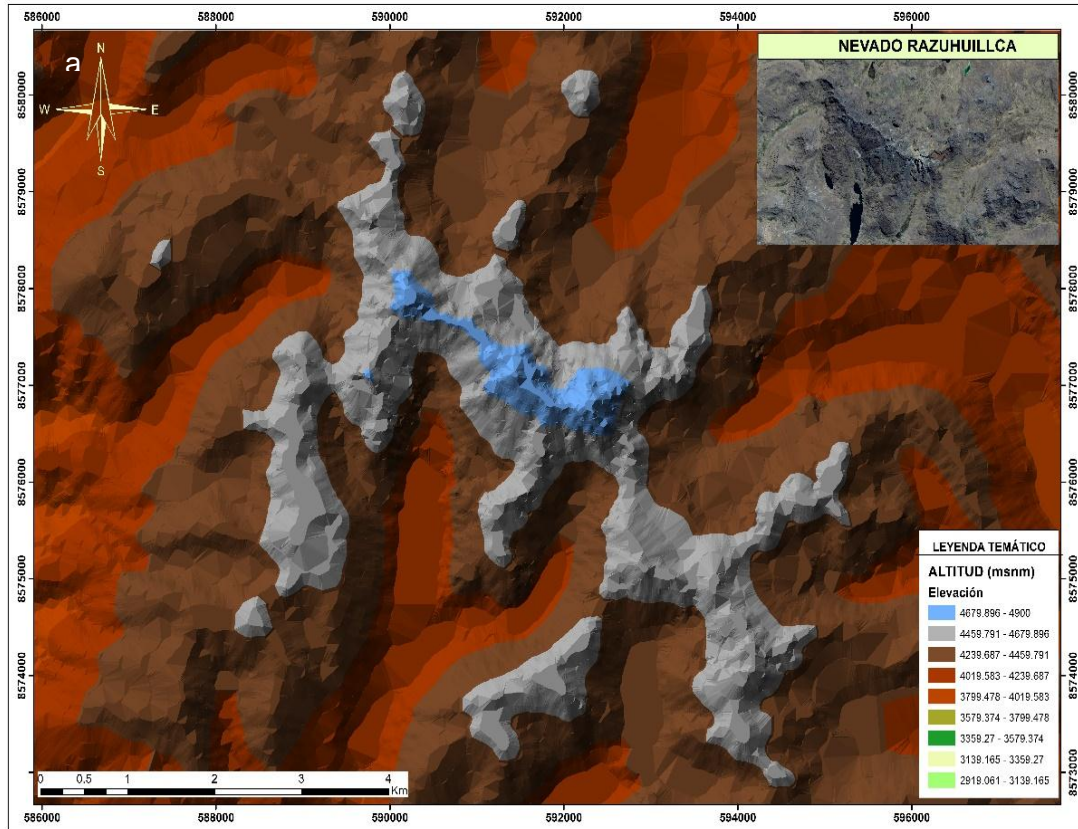
Anexo 17.

a. Mapa altitudinal y b. Mapa de orientación del nevado Portuguesa. Región Ayacucho.



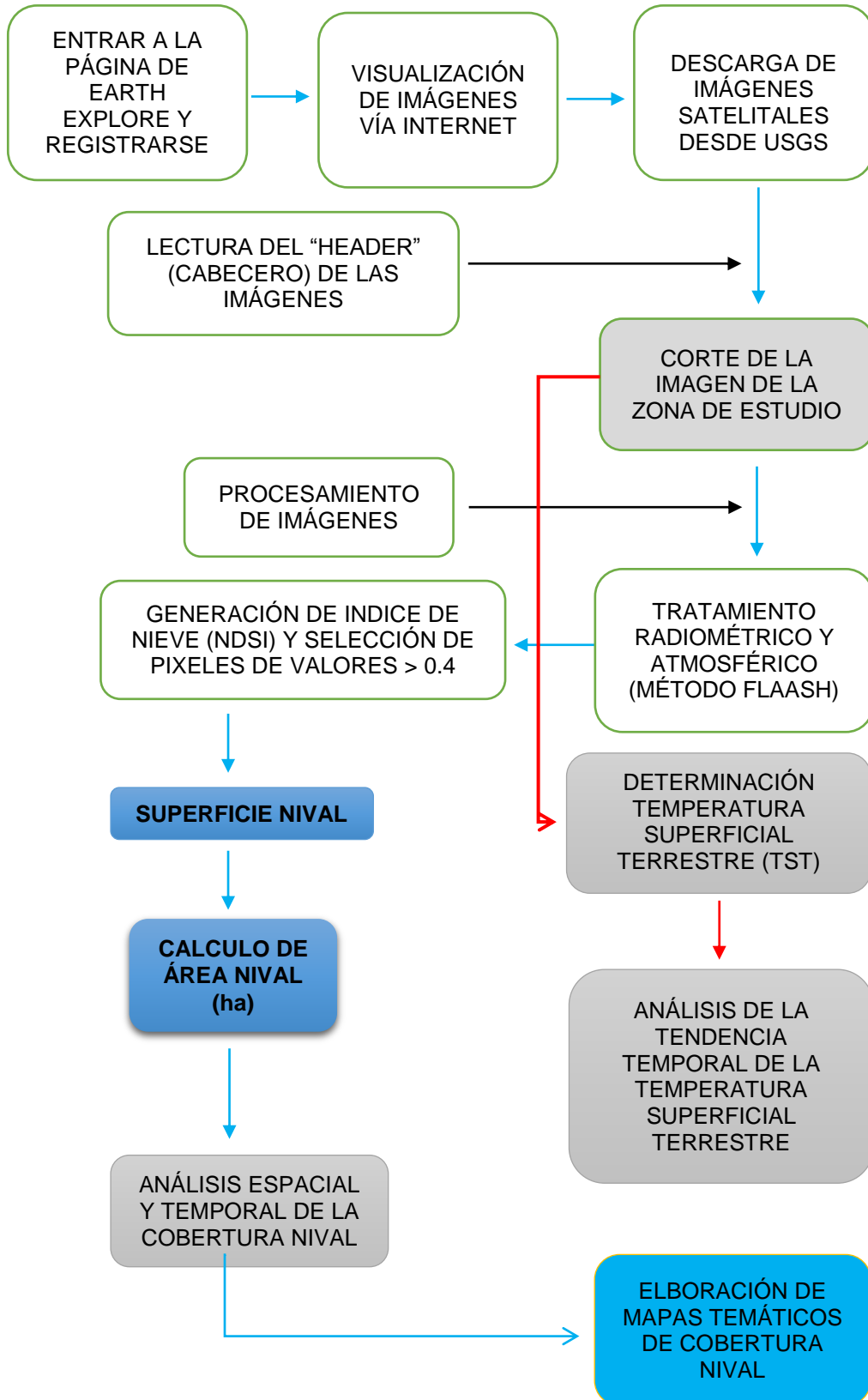
Anexo 18.

a. Mapa altitudinal y b. Mapa de orientación del nevado Portuguesa. Región Ayacucho.



Anexo 19.

Esquema del procedimiento para las imágenes Landsat, para determinar cobertura nival y temperatura superficial terrestre.



Anexo 20.

Matriz de consistencia

TITULO: Influencia de la temperatura superficial en la dinámica espacio temporal de la cobertura nival en los nevados Portuguesa y Razuhuillca. Ayacucho.
AUTOR: Bach. Bautista tenorio, Jeyson Deivy Enrique
ASESOR: Mg. Portal Quicaña, Edwin
COASESOR: Mg. Moncada Sosa, Wilmer

PROBLEMA	OBJETIVOS	MARCO TEÓRICO	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGÍA
¿Cómo influye la temperatura superficial en la dinámica espacio temporal de la cobertura nival en los nevados de la Portuguesa y Razuhuillca. Ayacucho?	<p>OBJETIVO GENERAL: Evaluar la influencia de la temperatura superficial en la dinámica espacio temporal de la cubierta nival de los nevados Portuguesa y Razuhuillca. Ayacucho.</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</p> <ol style="list-style-type: none"> Determinar la temperatura y cubierta nival en los nevados Portuguesa y Razuhuillca. Ayacucho. Describir la tendencia espacial de la cubierta nival de los nevados la Portuguesa y Razuhuillca. Ayacucho. Describir la tendencia temporal de la temperatura en los nevados Portuguesa y Razuhuillca. Ayacucho. Correlacionar la tendencia espacial de la cubierta nival con la temperatura en los nevados Portuguesa y Razuhuillca. Ayacucho. 	<ul style="list-style-type: none"> Calentamiento global Tendencia de la temperatura en el Perú El estado Peruano es altamente vulnerable a la variabilidad climática Efectos del calentamiento global Teledetección Fundamentos a la teledetección El espectro electromagnético División del espectro electromagnético Satélite Landsat Características del sistema Landsat 5 TM Características del sistema Landsat 8 OLI Correcciones de las imágenes satelitales Calibración radiométrica de las imágenes TM y OLI Corrección atmosférica Comportamientos y firmas espectrales Respuesta espectral del agua y de las nieves Índice de nieve de diferencia normalizada (NDSI) 	La temperatura superficial influye de manera directa en la disminución espacio temporal de la cobertura nival en los nevados Razuhuillca y Portuguesa. Ayacucho.	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE</p> <ul style="list-style-type: none"> Temperatura superficial <p>INDICADOR</p> <ul style="list-style-type: none"> Centígrados (°C) <p>VARIABLE DEPENDIENTE</p> <p>INDICADOR</p> <ul style="list-style-type: none"> Cobertura nival Área (ha) 	<p>TIPO DE INVESTIGACIÓN</p> <ul style="list-style-type: none"> Básica <p>NIVEL DE INVESTIGACIÓN</p> <ul style="list-style-type: none"> Descriptiva correccional <p>METODO</p> <ul style="list-style-type: none"> Descriptivo <p>POBLACIÓN</p> <ul style="list-style-type: none"> La población para el nevado Portuguesa, desde el año 1984 hasta el 2017. La población para el nevado Portuguesa, desde el año 1985 hasta el 2017. <p>MUESTRA</p> <ul style="list-style-type: none"> La muestra estuvo constituida por 324 imágenes satelitales de los nevados en estudio, Portuguesa y Razuhuillca. <p>TÉCNICA</p> <ul style="list-style-type: none"> Mapeo de coberturas nivales <p>EQUIPOS</p> <ul style="list-style-type: none"> Laptop Corel i5