

INVENTARIO NACIONAL DE GLACIARES

Las Cordilleras Glaciares del Perú

Huaraz
2018



OCÉANO PACÍFICO

LEYENDA

LÍMITES INTERNACIONALES

CORDILLERAS GLACIARES AL 2016:

CON SUPERFICIE GLACIAR

SIN SUPERFICIE GLACIAR

GLACIARES

VOLCANES



ESCALA TEXTO: 1/ 8 000 000

ESCALA GRÁFICA

0 400 800 Kilómetros

Ecuador

Perú

C. Blanca

C. Huallanca

C. Huayhuash

C. Raura

C. La Viuda

C. Central

C. Chonta

C. Huagoruncho

C. Hu

C. V

C. H

C.

70°0'0"W

60°0'0"W



0°0'0"

10°0'0"S



Instituto Nacional de Investigación en
Glaciares y Ecosistemas de Montaña

INVENTARIO NACIONAL DE GLACIARES

LAS CORDILLERAS GLACIARES DEL PERU

HUARAZ

2018

CRÉDITOS

Preparado en la subdirección de Investigación Glaciológica del INAIGEM

Especialistas

Luzmila Dávila Roller
Edwin Loarte Cadenas
Katy Medina Marcos
Rafael Ocaña Velásquez
Alexzander Santiago Martel

Colaboradores

Alberto Castañeda Barreto
Danilo Yauri Caldua
David Garay Marsano
Edmer Julca Norabuena
Enver Melgarejo Romero
Gladis Celmi Henostroza
Harrison Jara Infantes
Helder Mallqui Meza
Ivonne Sotelo Solorzano
Juan Carlos Torres Lázaro
Mayra Mejía Camones
Oscar Vilca Gómez
Oscar Santander Azpilcueta
Ricardo Duran Mamani
Steven A. Wegner
Wilmer Sánchez Rodríguez
Yadira Curo Rosales

Revisión de la primera edición

Benjamín Morales Arnao: Presidente Ejecutivo del INAIGEM
Ricardo Gómez López: Director de la Dirección de Investigación en Glaciares
Ricardo Villanueva Ramírez: Director de la Dirección de Información y Gestión del Conocimiento
Antonio Guerrero Villar: Subdirector de Fortalecimiento de Capacidades
Giber García Alamo: Especialista en Biblioteca y Publicaciones

Editado por:

@Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña
Biblioteca y Publicaciones

Jr. Juan Bautista Mejía 887
Huaraz, Ancash, Perú
Teléfono: (51 – 43) 221766

Fundo Kayra – UNSAAC
Cusco, Perú

Av. Del Pinar 134 Of. 804
Santiago de Surco, Lima, Perú
Teléfono: (51 - 1) 2883477

Página Web: www.inaigem.gob.pe

Primera edición, mayo de 2018
Tiraje: 500 ejemplares
Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2018-07425

Se terminó de imprimir en mayo de 2018 en:

Gráfica Publi Industria E.I.R.L
Av. Alameda Los Pinos Mz. Ñ1 Lt. 5 - Chorrillos

Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña

Consejo Directivo

Ing. Benjamín Morales Arnao

Presidente

Representante del Ministerio del Ambiente (MINAM)

Ing. Hugo Edgar Carrillo Vargas

Representante del Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI)

Dr. Giancarlo Marcone Flores

Representante del Ministerio de Cultura (MINCUL)

Ing. Nelson Santillán Portilla

Representante de la Autoridad Nacional del Agua (ANA)

Dr. José Enrique Macharé Ordoñez

Representante del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET)

Alta Dirección

Ing. Benjamín Morales Arnao

Presidente Ejecutivo

Sr. Jorge Rojas Fernández

Gerente General

Directores

Ing. Ricardo Gómez López

Dirección de Investigación en Glaciares (DIG)

Ing. David Ocaña Vidal

Dirección de Investigación en Ecosistemas de Montaña (DIEM)

Ing. Ricardo Villanueva Ramírez

Dirección de Información y Gestión del Conocimiento (DIGC)

Ing. Víctor Bustinza Urviola

Oficina Desconcentrada de Coordinación Regional - Cusco



CONSEJO DIRECTIVO DEL INAIGEM



De izquierda a derecha: Ing. Nelson Santillán Portilla (representante de la ANA), Dr. Giancarlo Marcone Flores (representante del Ministerio de Cultura), Ing. Benjamín Morales Arnao (Presidente del Consejo Directivo en representación del Ministerio del Ambiente), Ing. José Macharé Ordoñez (representante del INGEMMET) e Ing. Hugo Carrillo Vargas (representante del Ministerio de Agricultura)

PRESENTACIÓN

El Perú posee el 71% de los glaciares tropicales del mundo y, junto con Ecuador, Bolivia y Colombia, cuenta con el 99% de los glaciares tropicales del planeta (Kaser G. , 1999). La importancia de los glaciares en el Perú radica en diversos factores, entre los cuales se pueden destacar, por un lado, su actuación sobre la regulación del clima, y por otro, su calidad de reserva estratégica de agua dulce; pues los glaciares alimentan los ríos que abastecen tanto a las zonas adyacentes como a las desérticas —incluida Lima, la capital—, satisfaciendo así las necesidades de consumo humano y de desarrollo productivo nacional: agricultura, ganadería, energía, turismo e industria.

En la actualidad, afectados por las consecuencias del cambio climático global producido por causas tanto naturales como antrópicas, constatamos con gran preocupación que los glaciares pierden superficie y volumen de manera acelerada; los patrones climáticos están alterados, la temperatura va en incremento causando efectos desastrosos y los recursos hídricos disminuyen constante y progresivamente. Los agricultores de las montañas, de zonas bajas y costeras, ven con desesperación cómo el agua para sus cultivos está disminuyendo; del mismo modo en que disminuye el agua para el consumo humano y el uso industrial en las ciudades. Por todo esto, hoy, más que nunca, resulta imprescindible disponer de información fidedigna sobre el estado real de las reservas hídricas de las zonas montañosas.

Los resultados de nuestras investigaciones en glaciares muestran que, en 54 años, entre 1962 y 2016, el Perú ha perdido 1,284 km² de superficie glaciar, lo cual equivale a un 53.56% del área total. Es imperativo entonces que, tanto por la vulnerabilidad de los glaciares frente a los efectos del cambio climático, como por su gran influencia en la comunidad, se estudien y monitoreen constantemente a fin de planificar políticas efectivas de preservación y gestión del impacto que el retroceso glaciar tiene en nuestro país.

La ley de creación del Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistema de Montaña (INAIGEM) contempla la realización de un inventario de las cordilleras glaciares del país cada cinco años. Sin embargo, considerando que debido a la aceleración del cambio climático, el aumento de temperaturas no da tregua en su impacto sobre los glaciares, hemos decidido inventariar las cordilleras glaciares cada tres años, con lo cual buscamos obtener rigurosas actualizaciones sobre la reducción de nuestras reservas de agua sólida y sobre los riesgos de posibles catástrofes de origen glaciar.

Los inventarios elaborados por diversas instituciones nacionales, con la cooperación técnica internacional en años anteriores, son de gran importancia y utilidad; sin embargo, están circunscritos solamente al aspecto geográfico de los glaciares en las cordilleras. Esta condición nos motivó, como parte del INAIGEM, a desarrollar no solo un quinto inventario actualizado de nuestras cordilleras glaciares, sino un documento técnico que, teniendo como telón de fondo la situación de las cordilleras glaciares, a su vez, presente información actualizada del estado físico-geográfico de cada región cordillerana; esto es, los principales aspectos climáticos, glaciológicos, geográficos, geológicos, geomorfológicos, hidrográficos, demográficos, culturales y actividades económicas de cada cordillera.

En el presente documento se plasma el resultado de esta iniciativa, cuya ejecución ha tomado un año y consta de un volumen principal que contiene —en forma resumida pero pertinente— la situación de todas las cordilleras glaciares del país; le ha de seguir la publicación de dieciocho volúmenes dedicados a cada una de las cordilleras, en los cuales la información será pormenorizada. Estos volúmenes serán distribuidos a las entidades públicas, privadas y académicas, así como en las comunidades de cada una de las regiones que abarcan las dieciocho cordilleras glaciares del Perú, además de dos cordilleras consideradas extintas, haciendo un total de veinte cordilleras

Ponemos este documento a disposición del país y del mundo esperando que se posicione como un instrumento de consulta y que contribuya a la acción responsable en las gestiones del desarrollo de cada una de nuestras regiones de montaña, a la conveniente toma de decisiones sobre el uso de los recursos hídricos, o a la prevención de desastres de origen glaciar. Este documento es también para la juventud estudiosa, desde el nivel primario en las escuelas, hasta el académico universitario; para que los temas de las ciencias naturales, de nuestras riquezas y del medio ambiente, sean parte del conocimiento de toda la población peruana.

Ing. Benjamín Morales Arnao

Presidente Ejecutivo del INAIGEM

INTRODUCCIÓN

El *Inventario Nacional de Glaciares: Las Cordilleras Glaciares del Perú* ha sido desarrollado por el INAIGEM con el objetivo de ofrecer información técnico-científica sobre las superficies glaciares. Posee un contenido de mayor amplitud que abarca los aspectos físicos, económicos y culturales de las regiones de montaña, cuyo tema central es la situación actual de las cordilleras glaciares en el contexto del cambio climático. Para el desarrollo del inventario de los glaciares se utilizaron los procedimientos descritos en el *Manual Metodológico del Inventario Nacional de Glaciares*, publicado y oficializado en setiembre de 2017 por el INAIGEM. Para este inventario se han utilizado imágenes satelitales (Sentinel 2), con una resolución de 10 m. Se usaron también herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG), a una escala de trabajo de 1/25,000 y una escala de impresión variable, según el formato de presentación y dimensión de las cordilleras.

El presente inventario ha sido estructurado en cinco capítulos. En el Capítulo I se hace explícito los objetivos del Inventario y se elabora una reseña histórica de los anteriores estudios realizados en el Perú.

El capítulo II corresponde a la descripción de la Cordillera de los Andes y a sus principales características físicas como son la dinámica de los glaciares tropicales, la formación de las cordilleras glaciares del norte, centro y sur; el clima, la hidrografía, la sismología, la geología económica, la energía y los ecosistemas de montaña.

En el capítulo III, haciendo uso del *Manual Metodológico de Inventario Nacional de Glaciares*, se ha determinado la extensión de la superficie de todas las cordilleras del país al año 2016. Se presenta una mirada hacia el futuro de las cordilleras nevadas de los Andes peruanos, evidenciando la pérdida de las superficies glaciares.

El capítulo IV, comprende la elaboración resumida de los principales aspectos físico-culturales de las cordilleras glaciares, como son lo geográfico, geológico, climatológico, energético, minero, hidrográfico y cultural, y el tema central es el *Inventario Nacional de las Cordilleras Glaciares* del país.

El Capítulo V, describe la situación actual de las cordilleras Volcánica y Barroso, que ya no poseen cobertura glaciaria, ubicadas al sur del Perú.

La elaboración del *Inventario Nacional de Glaciares: Las Cordilleras Glaciares del Perú* ha merecido la dedicación de un grupo de especialistas en teledetección, sistemas de información geográfica, edición cartográfica, generación de bases de datos, edición y diseño gráfico de las direcciones de Investigación en Glaciares, de Investigación en Ecosistemas de Montaña y de Información y Gestión del Conocimiento.

Dirección de Investigación en Glaciares

CONTENIDO

PRESENTACIÓN	07
INTRODUCCIÓN	09
SIGLAS.....	31
I. GENERALIDADES.....	33
1.1. Objetivos.....	33
1.2. Antecedentes	33
II. CORDILLERA DE LOS ANDES PERUANOS.....	35
2.1. Régimen de los glaciares tropicales.....	35
2.2. Formación de las cordilleras glaciares.....	35
2.3. Clima de la región andina	36
2.4. Hidrografía.....	36
2.5. Sismología.....	41
2.6. Geología económica.....	41
2.7. Energía	42
2.8. Ecosistemas de montaña	46
2.9. Población y cultura	46
III. RESULTADOS GLOBALES DEL INVENTARIO NACIONAL DE LAS CORDILLERAS GLACIARES.....	47
3.1. Metodología.....	47
3.2. Resultado nacional del inventario.....	50
3.3. Tendencias estimadas de la reducción de las superficies glaciares del Perú.....	56
3.4. Medidas de adaptación basada en ecosistemas de montaña	57
IV INVENTARIO NACIONAL DE LAS 18 CORDILLERAS GLACIARES DEL PERU.....	61
4.1. CORDILLERAS GLACIARES DEL NORTE DEL PERÚ	61
4.1.1. CORDILLERA BLANCA	61
4.1.1.1. Ubicación	61
4.1.1.2. Acceso	61
4.1.1.3. Aspectos físicos.....	61
4.1.1.3.1. Hidrografía y climatología.....	61
4.1.1.3.2. Geología y geomorfología	62
4.1.1.3.3. Ecosistemas de montaña	66
4.1.1.3.4. Aspectos socio económicos culturales	66
4.1.1.3.4.1. Población.....	66
4.1.1.3.4.2. Energía y minería	66
4.1.1.3.4.3. Agricultura y ganadería.....	68
4.1.1.3.4.4. Turismo y cultura	69
4.1.1.3.5. Inventario de la superficie glaciar	70
4.1.1.3.5.1. Antecedentes	70
4.1.1.3.5.2. Descripción de los glaciares.....	71
4.1.1.3.6. Monitoreo de glaciares.....	73
4.1.1.3.7. Lagunas de origen glaciar	74
4.1.1.3.8. Riesgos de origen glaciar	74
4.1.1.3.9. Resultados del inventario	81

4.1.1.3.10. Tendencia estimada de la reducción de la superficie glaciar	82
Resumen.....	83
4.1.2. CORDILLERA HUALLANCA.....	85
4.1.2.1. Ubicación	85
4.1.2.2. Acceso	85
4.1.2.3. Aspectos Físicos.....	85
4.1.2.3.1. Hidrografía y climatología.....	85
4.1.2.3.2. Geología y geomorfología	85
4.1.2.4. Ecosistemas de montaña	86
4.1.2.5. Aspectos socio económicos culturales	90
4.1.2.5.1. Población.....	90
4.1.2.5.2. Energía y minería	90
4.1.2.5.3. Agricultura y ganadería.....	90
4.1.2.5.4. Turismo y cultura	92
4.1.2.6. Inventario de la superficie glaciar	92
4.1.2.6.1. Antecedentes	92
4.1.2.6.2. Descripción de los glaciares.....	93
4.1.2.6.3. Monitoreo de glaciares.....	93
4.1.2.6.4. Lagunas de origen glaciar	94
4.1.2.6.5. Riesgos de origen glaciar	96
4.1.2.6.6. Resultados del inventario	96
4.1.2.6.7. Tendencia estimada de reducción de la superficie glaciar	98
Resumen.....	98
4.1.3. CORDILLERA HUAYHUASH	99
4.1.3.1. Ubicación	99
4.1.3.2. Acceso	99
4.1.3.3. Aspectos Físicos.....	99
4.1.3.3.1. Hidrografía y climatología.....	99
4.1.3.3.2. Geología y geomorfología	99
4.1.3.4. Ecosistemas de montaña	100
4.1.3.5. Aspectos socio económicos culturales	100
4.1.3.5.1. Población.....	100
4.1.3.5.2. Energía y minería	105
4.1.3.5.3. Agricultura y ganadería.....	105
4.1.3.5.4. Turismo y cultura	105
4.1.3.6. Inventario de la superficie glaciar	106
4.1.3.6.1. Antecedentes	106
4.1.3.6.2. Descripción de los glaciares.....	106
4.1.3.6.3. Monitoreo de glaciares.....	106
4.1.3.6.4. Lagunas de origen glaciar	106
4.1.3.6.5. Riesgos de origen glaciar	106
4.1.3.6.6. Resultados del inventario	110
4.1.3.6.7. Tendencia estimada de reducción de la superficie glaciar	111
Resumen.....	112
4.1.4. CORDILLERA RAURA.....	113

4.1.4.1. Ubicación	113
4.1.4.2. Acceso	113
4.1.4.3. Aspectos físicos.....	113
4.1.4.3.1. Hidrografía y climatología.....	113
4.1.4.3.2. Geología y geomorfología	113
4.1.4.4. Ecosistemas de montaña	114
4.1.4.5. Aspectos socio económicos culturales	114
4.1.4.5.1. Población.....	114
4.1.4.5.2. Energía y minería	114
4.1.4.5.3. Agricultura y ganadería.....	119
4.1.4.5.4. Turismo y cultura	119
4.1.4.6. Inventario de la superficie glaciar	121
4.1.4.6.1. Antecedentes	121
4.1.4.6.2. Descripción de los glaciares.....	121
4.1.4.6.3. Monitoreo de glaciares.....	122
4.1.4.6.4. Lagunas de origen glaciar	122
4.1.4.6.5. Riesgos de origen glaciar	122
4.1.4.6.6. Resultados del inventario.....	123
4.1.4.6.7. Tendencia estimada de la reducción de la superficie glaciar	124
Resumen.....	125
4.2. CORDILLERAS GLACIARES DEL CENTRO DEL PERÚ	127
4.2.1. CORDILLERA HUAGORUNCHO	127
4.2.1.1. Ubicación	127
4.2.1.2. Acceso	127
4.2.1.3. Aspectos Físicos.....	127
4.2.1.3.1. Hidrografía y climatología.....	127
4.2.1.3.2. Geología y geomorfología	127
4.2.1.4. Ecosistemas de montaña	128
4.2.1.5. Aspectos socio económicos culturales	128
4.2.1.5.1. Población.....	128
4.2.1.5.2. Energía y minería	128
4.2.1.5.3. Agricultura y ganadería.....	133
4.2.1.5.4. Turismo y cultura	133
4.2.1.6. Inventario de la superficie glaciar	133
4.2.1.6.1. Antecedentes	133
4.2.1.6.2. Descripción de los glaciares.....	133
4.2.1.6.3. Lagunas de origen glaciar	134
4.2.1.6.4. Riesgos de origen glaciar	135
4.2.1.6.5. Resultados del inventario.....	135
4.2.1.6.6. Tendencia estimada de la reducción de la superficie glaciar	136
Resumen.....	137
4.2.2. CORDILLERA LA VIUDA.....	139
4.2.2.1. Ubicación	139
4.2.2.2. Acceso	139
4.2.2.3. Aspectos físicos.....	139

4.2.2.3.1. Hidrografía y climatología.....	139
4.2.2.3.2. Geología y geomorfología	139
4.2.2.4. Ecosistemas de montaña	140
4.2.2.5. Aspectos socio económicos culturales	140
4.2.2.5.1. Población.....	140
4.2.2.5.2. Energía y minería	140
4.2.2.5.3. Agricultura y ganadería.....	140
4.2.2.5.4. Turismo y cultura	140
4.2.2.6. Inventario de la superficie glaciar	145
4.2.2.6.1. Antecedentes	145
4.2.2.6.2. Descripción de los glaciares.....	146
4.2.2.6.3. Monitoreo de glaciares.....	146
4.2.2.6.4. Lagunas de origen glaciar	146
4.2.2.6.5. Riesgos de origen glaciar	147
4.2.2.6.6. Resultados del inventario	147
4.2.2.6.7. Tendencia estimada de la reducción de la superficie glaciar	148
Resumen.....	149
4.2.3. CORDILLERA CENTRAL.....	151
4.2.3.1. Ubicación	151
4.2.3.2. Acceso	151
4.2.3.3. Aspectos físicos.....	151
4.2.3.3.1. Hidrografía y climatología.....	151
4.2.3.3.2. Geología y geomorfología	151
4.2.3.4. Ecosistemas de montaña	152
4.2.3.5. Aspectos socio económicos culturales	157
4.2.3.5.1. Población.....	157
4.2.3.5.2. Energía y minería	157
4.2.3.5.3. Agricultura y ganadería.....	157
4.2.3.5.4. Turismo y cultura	158
4.2.3.6. Inventario de la superficie glaciar	158
4.2.3.6.1. Antecedentes	158
4.2.3.6.2. Descripción de los glaciares.....	159
4.2.3.6.3. Monitoreo de glaciares.....	161
4.2.3.6.4. Lagunas de origen glaciar	164
4.2.3.6.5. Riesgos de origen glaciar	164
4.2.3.6.6. Resultados del inventario	166
4.2.3.6.7. Tendencia estimada de la reducción de la superficie glaciar	166
Resumen.....	167
4.2.4. CORDILLERA HUAYTAPALLANA.....	169
4.2.4.1. Ubicación	169
4.2.4.2. Acceso	169
4.2.4.3. Aspectos Físicos.....	169
4.2.4.3.1. Hidrografía y climatología.....	169
4.2.4.3.2. Geología y geomorfología	169
4.2.4.4. Ecosistemas de montaña	170

4.2.4.5. Aspectos socio económicos culturales	170
4.2.4.5.1. Población.....	170
4.2.4.5.2. Energía y minería	170
4.2.4.5.3. Agricultura y Ganadería.....	175
4.2.4.5.4. Turismo y cultura	175
4.2.4.6. Inventario de la superficie glaciar	176
4.2.4.6.1. Antecedentes	176
4.2.4.6.2. Descripción de los glaciares.....	176
4.2.4.6.3. Monitoreo de glaciares.....	177
4.2.4.6.4. Lagunas de origen glaciar	178
4.2.4.6.5. Riesgos de origen glaciar	178
4.2.4.6.6. Resultados del inventario	179
4.2.4.6.7. Tendencia estimada de la reducción de la superficie glaciar	180
Resumen.....	181
4.2.5. CORDILLERA CHONTA	183
4.2.5.1. Ubicación	183
4.2.5.2. Acceso	183
4.2.5.3. Aspectos físicos.....	183
4.2.5.3.1. Hidrografía y climatología.....	183
4.2.5.3.2. Geología y geomorfología	183
4.2.5.4. Ecosistemas de montaña	184
4.2.5.5. Aspectos socio económicos culturales	184
4.2.5.5.1. Población.....	184
4.2.5.5.2. Energía y minería	184
4.2.5.5.3. Agricultura y ganadería.....	184
4.2.5.5.4. Turismo y cultura	190
4.2.5.6. Inventario de la superficie glaciar	190
4.2.5.6.1. Antecedentes	190
4.2.5.6.2. Descripción de los glaciares.....	191
4.2.5.6.3. Monitoreo de glaciares.....	191
4.2.5.6.4. Lagunas de origen glaciar	192
4.2.5.6.5. Riesgos de origen glaciar	193
4.2.5.6.6. Resultados del inventario	193
4.2.5.6.7. Tendencia estimada de la reducción de la superficie glaciar	194
Resumen.....	194
4.3. CORDILLERAS GLACIARES DEL SUR DEL PERÚ	195
4.3.1. CORDILLERA AMPATO.....	195
4.3.1.1. Acceso	195
4.3.1.2. Aspectos físicos.....	195
4.3.1.2.1. Hidrografía y climatología.....	195
4.3.1.2.2. Geología y geomorfología	195
4.3.1.3. Ecosistemas de montaña	196
4.3.1.4. Aspectos socio económicos culturales	196
4.3.1.4.1. Población.....	196
4.3.1.4.2. Energía y minería	196

4.3.1.4.3. Agricultura y ganadería.....	201
4.3.1.4.4. Turismo y cultura	201
4.3.1.5. Inventario de la superficie glaciar	203
4.3.1.5.1. Antecedentes	203
4.3.1.5.2. Descripción de los glaciares.....	203
4.3.1.5.3. Monitoreo de glaciares.....	204
4.3.1.5.4. Lagunas de origen glaciar	204
4.3.1.5.5. Riesgos de origen glaciar	204
4.3.1.5.6. Resultados del inventario	205
4.3.1.5.7. Tendencia estimada de la reducción de la superficie glaciar	206
Resumen.....	207
4.3.2. CORDILLERA VILCABAMBA.....	209
4.3.2.1. Ubicación	209
4.3.2.2. Acceso	209
4.3.2.3. Aspectos físicos.....	209
4.3.2.3.1. Hidrografía y climatología.....	209
4.3.2.3.2. Geología y geomorfología	209
4.3.2.4. Ecosistemas de montaña	210
4.3.2.5. Aspectos socio económicos culturales	210
4.3.2.5.1. Población.....	210
4.3.2.5.2. Energía y minería	210
4.3.2.5.3. Agricultura y ganadería.....	210
4.3.2.5.4. Turismo y cultura	215
4.3.2.6. Inventario de la superficie glaciar	216
4.3.2.6.1. Antecedentes	216
4.3.2.6.2. Descripción de los glaciares.....	217
4.3.2.6.3. Monitoreo de glaciares.....	217
4.3.2.6.4. Lagunas de origen glaciar	218
4.3.2.6.5. Riesgos de origen glaciar	218
4.3.2.6.6. Resultados del inventario	219
4.3.2.7. Tendencia estimada de la reducción de la superficie glaciar	220
Resumen.....	220
4.3.3. CORDILLERA URUBAMBA.....	221
4.3.3.1. Ubicación	221
4.3.3.2. Acceso	221
4.3.3.3. Aspectos físicos.....	221
4.3.3.3.1. Hidrografía y climatología.....	221
4.3.3.3.2. Geología y geomorfología	221
4.3.3.4. Ecosistemas de montaña	222
4.3.3.5. Aspectos socio económicos culturales	222
4.3.3.5.1. Población.....	222
4.3.3.5.2. Energía y minería	222
4.3.3.5.3. Agricultura y ganadería.....	227
4.3.3.5.4. Turismo y cultura	227
4.3.3.6. Inventario de la superficie glaciar	228

4.3.3.6.1. Antecedentes	228
4.3.3.6.2. Descripción de los glaciares.....	229
4.3.3.6.3. Monitoreo de glaciares.....	229
4.3.3.6.4. Lagunas de origen glaciar	229
4.3.3.6.5. Riesgos de origen glaciar	230
4.3.3.6.6. Resultados del inventario	230
4.3.3.6.7. Tendencia estimada de la reducción de la superficie glaciar	231
Resumen.....	232
4.3.4. CORDILLERA HUANZO.....	233
4.3.4.1. Ubicación	233
4.3.4.2. Acceso	233
4.3.4.3. Aspectos Físicos.....	233
4.3.4.3.1. Hidrografía y climatología.....	233
4.3.4.3.2. Geología y geomorfología	233
4.3.4.4. Ecosistemas de montaña	234
4.3.4.5. Aspectos socio económicos culturales	234
4.3.4.5.1. Población.....	234
4.3.4.5.2. Energía y minería	239
4.3.4.5.3. Agricultura y ganadería.....	239
4.3.4.5.4. Turismo y cultura	240
4.3.4.6. Inventario de la superficie glaciar	240
4.3.4.6.1. Antecedentes	240
4.3.4.6.2. Descripción de los glaciares.....	241
4.3.4.6.3. Monitoreo de glaciares.....	241
4.3.4.6.4. Lagunas de origen glaciar	242
4.3.4.6.5. Riesgos de origen glaciar	242
4.3.4.6.6. Resultados del inventario	243
4.3.4.6.7. Tendencia estimada de la reducción de la superficie glaciar	244
Resumen.....	245
4.3.5. CORDILLERA CHILA	247
4.3.5.1. Ubicación	247
4.3.5.2. Acceso	247
4.3.5.3. Aspectos físicos.....	247
4.3.5.3.1. Hidrografía y climatología.....	247
4.3.5.3.2. Geología y geomorfología	247
4.3.5.4. Ecosistemas de montaña	248
4.3.5.5. Aspectos socio económicos culturales	248
4.3.5.5.1. Población.....	248
4.3.5.5.2. Energía y minería	248
4.3.5.5.3. Agricultura y ganadería.....	253
4.3.5.5.4. Turismo y cultura	253
4.3.5.6. Inventario de la superficie glaciar	254
4.3.5.6.1. Antecedentes	254
4.3.5.6.2. Descripción de los glaciares.....	254
4.3.5.6.3. Monitoreo de glaciares.....	255

4.3.5.6.4. Lagunas de origen glaciar	255
4.3.5.6.5. Riesgos de origen glaciar	255
4.3.5.6.6. Resultados del inventario	256
4.3.5.6.7. Tendencia estimada de la reducción de la superficie glaciar	257
Resumen	258
4.3.6. CORDILLERA LA RAYA	259
4.3.6.1. Ubicación	259
4.3.6.2. Acceso	259
4.3.6.2.1. Aspectos físicos	259
4.3.6.2.1.1. Hidrografía y climatología	259
4.3.6.2.2. Geología y geomorfología	259
4.3.6.3. Ecosistemas de montaña	260
4.3.6.4. Aspectos socio económicos culturales	260
4.3.6.4.1. Población	260
4.3.6.4.2. Energía y minería	260
4.3.6.4.3. Agricultura y ganadería	260
4.3.6.4.4. Turismo y cultura	266
4.3.6.5. Inventario de la superficie glaciar	267
4.3.6.5.1. Antecedentes	267
4.3.6.5.2. Descripción de los glaciares	267
4.3.6.5.3. Monitoreo de glaciares	267
4.3.6.5.4. Lagunas de origen glaciar	268
4.3.6.5.5. Riesgos de origen glaciar	268
4.3.6.5.6. Resultados del inventario	268
4.3.6.5.7. Tendencia estimada de la reducción de la superficie glaciar	269
Resumen	270
4.3.7. CORDILLERA VILCANOTA	271
4.3.7.1. Ubicación	271
4.3.7.2. Acceso	271
4.3.7.3. Aspectos físicos	271
4.3.7.3.1. Hidrografía y climatología	271
4.3.7.3.2. Geología y geomorfología	271
4.3.7.4. Ecosistemas de montaña	272
4.3.7.5. Aspectos socio económicos culturales	272
4.3.7.5.1. Población	272
4.3.7.5.2. Energía y minería	277
4.3.7.5.3. Agricultura y ganadería	277
4.3.7.5.4. Turismo y cultura	277
4.3.7.6. Inventario de la superficie glaciar	278
4.3.7.6.1. Antecedentes	278
4.3.7.6.2. Descripción de los glaciares	279
4.3.7.6.3. Monitoreo de glaciares	279
4.3.7.6.4. Lagunas de origen glaciar	280
4.3.7.6.5. Riesgos de origen glaciar	281
4.3.7.6.6. Resultados del inventario	281

4.3.7.6.7. Tendencia estimada la reducción de la superficie glaciar	282
Resumen.....	282
4.3.8. CORDILLERA CARABAYA.....	283
4.3.8.1. Ubicación	283
4.3.8.2. Acceso	283
4.3.8.3. Aspectos físicos.....	283
4.3.8.3.1. Hidrografía y climatología.....	283
4.3.8.3.2. Geología y geomorfología	283
4.3.8.4. Ecosistemas de montaña	283
4.3.8.5. Aspectos socio económicos culturales	284
4.3.8.5.1. Población.....	284
4.3.8.5.2. Energía y minería	284
4.3.8.5.3. Agricultura y ganadería.....	284
4.3.8.5.4. Turismo y cultura	289
4.3.8.6. Inventario de la superficie glaciar	289
4.3.8.6.1. Antecedentes	289
4.3.8.6.2. Descripción de los glaciares.....	290
4.3.8.6.3. Monitoreo de glaciares.....	290
4.3.8.6.4. Lagunas de origen glaciar	290
4.3.8.6.5. Riesgos de origen glaciar	291
4.3.8.6.6. Resultados del inventario	291
4.3.8.6.7. Tendencia estimada de la reducción de la superficie glaciar	292
Resumen.....	293
4.3.9. CORDILLERA APOLOBAMBA.....	295
4.3.9.1. Ubicación	295
4.3.9.2. Acceso	295
4.3.9.3. Aspectos físicos.....	295
4.3.9.3.1. Hidrografía y climatología.....	295
4.3.9.4. Geología y geomorfología	295
4.3.9.5. Ecosistemas de montaña	296
4.3.9.6. Aspectos Socio económicos culturales	296
4.3.9.6.1. Población.....	296
4.3.9.6.2. Energía y minería	296
4.3.9.6.3. Agricultura y ganadería.....	296
4.3.9.6.4. Turismo y cultura	301
4.3.9.7. Inventario de la superficie glaciar	302
4.3.9.7.1. Antecedentes	302
4.3.9.7.2. Descripción de los glaciares.....	302
4.3.9.7.3. Monitoreo de glaciares.....	303
4.3.9.7.4. Lagunas de origen glaciar	303
4.3.9.7.5. Riesgos de origen glaciar	303
4.3.9.7.6. Resultados del inventario	303
4.3.9.7.7. Tendencia estimada de la reducción de la superficie glaciar	304
Resumen.....	305
V. CORDILLERAS GLACIARES EXTINTAS	307

5. CORDILLERA VOLCÁNICA	307
5.1.1. Ubicación	307
5.1.2. Acceso	307
5.1.3. Aspectos físicos.....	307
5.1.3.1. Hidrografía y climatología.....	307
5.1.3.2. Geología y geomorfología	307
5.1.3.3. Ecosistemas de montaña	308
5.1.3.4. Aspectos socio económicos culturales	308
5.1.3.4.1. Población.....	308
5.1.3.4.2. Energía y minería	308
5.1.3.4.3. Agricultura y ganadería.....	314
5.1.3.4.4. Turismo y cultura	314
5.1.3.5. Inventario de la superficie glaciar	315
5.1.3.5.1. Antecedentes	315
5.1.3.5.2. Descripción de glaciares extintos.....	315
5.1.3.5.3. Descripción de las principales cumbres	316
5.1.3.5.4. Monitoreo de la actividad volcánica.....	316
5.1.3.5.5. Lagunas de origen glaciar	316
Resumen.....	316
5.2. CORDILLERA BARROSO.....	319
5.2.1. Ubicación	319
5.2.2. Acceso	319
5.2.3. Aspectos físicos.....	319
5.2.3.1. Hidrografía y climatología.....	319
5.2.3.2. Geología y geomorfología	319
5.2.3.3. Ecosistemas de montaña	320
5.2.3.4. Aspectos socio económicos culturales	320
5.2.3.4.1. Población.....	320
5.2.3.4.2. Energía y minería	320
5.2.3.4.3. Agricultura y ganadería.....	326
5.2.3.4.4. Turismo y cultura	326
5.2.3.5. Inventario de la superficie glaciar	327
5.2.3.5.1. Antecedentes	327
5.2.3.5.2. Descripción de la cordillera	327
5.2.3.5.3. Descripción de las principales cumbres	327
5.2.3.5.4. Lagunas de origen glaciar	329
Resumen.....	331
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	333
GLOSARIO	335
BIBLIOGRAFÍA.....	343

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Procesos para la generación de información de superficie glaciar.	48
Figura 2. Niveles de procesamiento de Sentinel 2.....	47
Figura 3. Las 18 cordilleras glaciares del Perú.	52
Figura 4. Distribución de cordilleras por la cantidad de superficie glaciar existente.	54
Figura 5. Obras de seguridad en la Cordillera Blanca.	79
Figura 6. Modelo de la cadena de procesos de la laguna Palcacocha.....	80
Figura 7. Reducción de la superficie glaciar en la Cordillera Blanca.....	82
Figura 8. Investigaciones glaciológicas en el Chaupijanca Norte.	93
Figura 9. Medición del balance glaciar 2012.....	94
Figura 10. Reducción de la superficie glaciar en la Cordillera Huallanca.....	97
Figura 11. Reducción de la superficie glaciar en la Cordillera Huayhuash.	111
Figura 12. Pintura rupestre en la cueva N° 3 de Chaclaragra, en Lauricocha.....	120
Figura 13. Reducción de la superficie glaciar en la Cordillera Raura.	124
Figura 14. Reducción de la superficie glaciar en la Cordillera Huagoruncho.	136
Figura 15. Reducción de la superficie glaciar en la Cordillera La VIuda.	148
Figura 16. Reducción de la superficie glaciar de la Cordillera Central.	166
Figura 17. Cambios en la superficie del glaciar Lazopata desde el año 1962 hasta el 2016	177
Figura 18. Reducción de la superficie glaciar en la Cordillera Huaytapallana.....	180
Figura 19. Reducción de la superficie glaciar en la Cordillera Chonta.	193
Figura 20. Reducción de la superficie glaciar en la Cordillera Ampato.	206
Figura 21. Reducción de la superficie glaciar en la Cordillera Vilcabamba.	219
Figura 22. Reducción de la superficie glaciar en la Cordillera Urubamba.	231
Figura 23. Reducción de la superficie glaciar en la Cordillera Huanzo.....	244
Figura 24. Reducción de la superficie glaciar en la Cordillera Chila.	257
Figura 25. Reducción de la superficie glaciar en la Cordillera La Raya.....	269
Figura 26. Reducción de la superficie glaciar en la Cordillera Vilcanota.....	281
Figura 27. Reducción de área glaciar por periodos (1962-2016) - Cordillera Carabaya.....	292
Figura 28. Reducción de área glaciar por periodos (1962-2016) - Cordillera Apolobamba.....	304
Figura 29. Imágenes landsat de 1975 y 1980 mostrando el ámbito... zona de Chachani	316
Figura 30. Análisis multitemporal de la Cordillera Volcánica mediante imágenes Landsat	317
Figura 31. Complejo arqueológico de Miculla.	326
Figura 32. Imágenes landsat de 1988, muestra el ámbito de la cordillera Barroso	327
Figura 33. Análisis multitemporal de la cordillera Barroso mediante imágenes Landsat.	328

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Valle glaciar, geomorfología típica, morrenas, laguna, bosques nativos y bofedales en Shallap	62
Fotografía 2. Tumshukayko, Caraz.....	69
Fotografía 3. Templo de Chavín de Huántar.....	69
Fotografía 4. Sitio Arqueológico de Yayno - Pomabamba.....	69
Fotografía 5. Complejo Arqueológico de Wilkawain.....	70
Fotografía 6. Vista panorámica de los glaciares de la Cordillera Blanca.....	71
Fotografía 7. Morfología típica de montaña en la Cordillera Blanca, con lagunas, glaciares de montaña	72
Fotografía 8. Vista del pico sur del nevado Huascarán tomada desde el nevado Vallunaraju.....	72
Fotografía 9. Nevado Artesonraju.....	73
Fotografía 10. Quebrada de Llanganuco, típico valle de origen glaciar en “U”	74
Fotografía 11. Muestreo de carbono negro en el glaciar Yanapaccha.....	75
Fotografía 12. Nevado Aguja y la laguna Parón.....	75
Fotografía 13. Nevado Pirámide Garcilazo y laguna Parón.....	76
Fotografía 14. Laguna Arhuaycocha al pie de los nevados	76
Fotografía 15. Dique de seguridad en la laguna Cuchillacocha.....	80
Fotografía 16. Monitoreo en tiempo real de la laguna Palcacocha.....	81
Fotografía 17. Torre de transmisión instalada en la morrena lateral izquierda de la laguna Palcacocha.....	81
Fotografía 18. Vista de la lengua glaciar del nevado Chaupijanica en la quebrada Chiurucu.....	86
Fotografía 19. Subcuenca glaciar de la quebrada Shicra Shicra con tres pequeños afluentes que convergen.....	90
Fotografía 20. Pinturas rupestres zoomorfas y geométricas de la cueva Pucamachay (20 a - 20 b)	92
Fotografía 21. Perforación térmica para la colocación de las estacas en la zona de ablación.....	95
Fotografía 22. Instalación de las parcelas de experimentación - Chaupijanica Norte.....	95
Fotografía 23. Laguna de Contayccocha.....	96
Fotografía 24. Cadena montañosa de la Cordillera Huayhuash.....	100
Fotografía 25. Ciudadela de Matara, Chiquián.....	106
Fotografía 26. Vista de la cara este del nevado Yerupajá.....	107
Fotografía 27. Nevado Siula en la Cordillera Huayhuash.....	107
Fotografía 28. Picos nevados en la Cordillera Huayhuash.....	108
Fotografía 29. Laguna Solterococha (a las faldas del glaciar) y Laguna Jahuacocha.....	108
Fotografía 30. Laguna Jurao Bajo, al fondo se observa la lengua glaciar que baja del nevado Jurao.....	109
Fotografía 31. Vista general de la laguna Sarapococha, en contacto con el glaciar.....	110
Fotografía 32. Una de las cuevas de Lauricocha.....	120
Fotografía 33. Puente Inca de Lauricocha.....	120
Fotografía 34. Vista del nevado Torre de Cristal de la Cordillera Raura.....	121
Fotografía 35. Glaciar Santa Rosa - Cordillera Raura.....	122
Fotografía 36. Laguna Lauricocha - Cordillera Raura.....	123
Fotografía 37. Glaciar Huagoruncho.....	134
Fotografía 38. Nevado Tarata, vista del glaciar Huagoruncho 3, también se observa la laguna Jaico.....	135
Fotografía 39. Sitio arqueológico de Cantamarca.....	145
Fotografía 40. Nevado Alcay - Cordillera La Viuda.....	146
Fotografía 41. Laguna Chuchón, Cuenca Chillón - Cordillera La Viuda.....	147
Fotografía 42. Cobertura de pajonal andino - Cordillera Central.....	152

Fotografía 43. Sector Escalerayoc del camino transversal Jauja-Pachacámac con el nevado Pariacaca.....	158
Fotografía 44. Escalerayoc en el tramo Jauja-Pachacamac del Qhapaq Ñan.	158
Fotografía 45. Glaciar Sullcon - Cordillera Central.....	159
Fotografía 46. Glaciar Ticlla - Cordillera Central.....	160
Fotografía 47. Glaciar Pancacoto - Cordillera Central.	160
Fotografía 48. Nevado Huayllacanecha - Cordillera Central.....	161
Fotografía 49. Lengua glaciar Sullcón - Cordillera Central.	162
Fotografía 50. Perforación del pozo de densidad en el glaciar Ticlla - Cordillera Central.....	162
Fotografía 51. Perforación del glaciar Ticlla.	163
Fotografía 52. Muestro de densidad del glaciar Ticlla.....	163
Fotografía 53. Recolección de nieve en el glaciar Sullcón.....	164
Fotografía 54. Laguna Ticllacocha - Cordillera Central.	165
Fotografía 55. Laguna Huancarcocha - Cordillera Central.....	165
Fotografía 56. Colcas de Arwaturu.	175
Fotografía 57. Santuario de Wariwilca.....	176
Fotografía 58. Nevado Huaytapallana, se aprecia los frentes con glaciares colgantes.....	176
Fotografía 59. Evaluación del albedo de la nieve del glaciar Huaytapallana.	178
Fotografía 60. Glaciar Muradayo 2 y la formación de nuevas lagunas.	178
Fotografía 61. La reducción de la superficie glaciar ha formado la laguna Lazopata.	179
Fotografía 62. Bosque de piedras de Sachapite.	190
Fotografía 63. Complejo arqueológico de Huaytará.....	190
Fotografía 64. Glaciares Condoray en la Cordillera Chonta.....	191
Fotografía 65. Glaciares del tipo montaña, los condoray, sus frentes se muestran muy reducidos.....	192
Fotografía 66. Vista de la laguna Acchicocha y Canllacocha cuyas aguas drenan a la cuenca del Mantaro.....	192
Fotografía 67. La “Momia Juanita”.	202
Fotografía 68. Plaza de Armas de Viraco, monumento al toro bravo, la catedral y al fondo el nevado Coropuna.....	203
Fotografía 69. Nevado-Volcán Coropuna - Cordillera Ampato.	203
Fotografía 70. Glaciar Tuallqui (Nevado Coropuna) – Cordillera Ampato.....	204
Fotografía 71. Toma de muestras de nieve en el nevado Coropuna.	205
Fotografía 72. Machu Picchu.....	215
Fotografía 73. Choquequirao.	216
Fotografía 74. Piedra de Sayhuite.....	216
Fotografía 75. Glaciar Ampay - Cordillera Vilcabamba.	217
Fotografía 76. Trabajo de campo sobre el glaciar Incachiriasca.....	217
Fotografía 77. Equipo de trabajo recolectando muestras en el nevado Ampay - Cordillera Vilcabamba.	217
Fotografía 78. Andenes de Ollantaytambo.....	228
Fotografía 79. Terrazas de cultivo de Moray - Cordillera Urubamba.....	228
Fotografía 80. Salinas de Maras - Cordillera Urubamba.	228
Fotografía 81. Reducción de los frentes de los glaciares que conforman el Nevado Verónica.....	229
Fotografía 82. Vista de la laguna Piuray, al fondo los glaciares de la Cordillera Urubamba.	230
Fotografía 83. Vista del paisaje andino - Cordillera Huanzo.	234
Fotografía 84. Vista de un bofedal - Cordillera Huanzo.	234
Fotografía 85. Andenes curvos en el Cañón del Cotahuasi.....	240
Fotografía 86. Superficie glaciar escasa en la cadena montañosa de la Cordillera Huanzo.	241
Fotografía 87. Estado del glaciar Huaychahui al 2016.	241

Fotografía 88. Vista panorámica de la laguna Huacullo y el centro poblado del mismo nombre.	242
Fotografía 89. Zona de caída de rocas	243
Fotografía 90. Valle de los volcanes.	254
Fotografía 91. Glaciar Mismi - Cordillera Chila.	255
Fotografía 92. Alrededores del nevado Mismi.....	256
Fotografía 93. Paisaje de alta montaña en la Cordillera La Raya.	260
Fotografía 94. Cono aluviónico sobre el río Canta Canta, Cordillera La Raya.	260
Fotografía 95. Abundancia de gramíneas en el paisaje andino, Cordillera La Raya.	260
Fotografía 96. Templo de Yaury.....	266
Fotografía 97. Conjunto arqueológico de Kanamarca.	266
Fotografía 98. Chullpas de Jullulluma.	266
Fotografía 99. Reducción del frente glaciar y fragmentación sobre el nevado Chimbolla.....	267
Fotografía 100. Laguna Langui Layo.	268
Fotografía 101. Bofedal en el ámbito de la Cordillera Vilcanota.	272
Fotografía 102. Centro Ceremonial Machu Pitumarca.	278
Fotografía 103. Templo del dios Wiracocha.	278
Fotografía 104. Capa de hielo del glaciar Quelccaya.	279
Fotografía 105. Glaciar Huayruro - Cordillera Vilcanota.	280
Fotografía 106. Laguna Sigrenacocha de origen glaciar en el ámbito de la Cordillera Vilcanota.....	280
Fotografía 107. Complejo arqueológico de Pucará.....	289
Fotografía 108. Arte rupestre de Macusani-Corani.....	289
Fotografía 109. Glaciares del tipo montaña dentro del nevado Allin Cápac.	290
Fotografía 110. Vista de la laguna Aricoma, ubicada al pie del glaciar Ancayoc.....	291
Fotografía 111. Los médicos tradicionales de khanlaya (Bolivia) en 1900.....	301
Fotografía 112. La Bella Durmiente de la Rinconada, ciudad más alta del mundo.....	301
Fotografía 113. Vista del nevado Sorapata – Cordillera Apolobamba.	302
Fotografía 114. Laguna de formación en contacto glaciar, nevado Sorapata – Cordillera Apolobamba.....	303
Fotografía 115. Vista de la laguna de Suches, ubicada en la subcuenca del río Suches.	304
Fotografía 116. Momia Urpicha o “Palomita”	315
Fotografía 117. Nocarane con nieve temporal en sus cumbres.....	318
Fotografía 118. Volcán Misti con nieve temporal en su cima.....	318
Fotografía 119. La Monja con nieve escasa en su cima. Departamento de Tacna.....	329
Fotografía 120 El volcán Tutupaca con nieve escasa en su cima	330
Fotografía 121. El volcán Yucamane con nieve escasa en su cima	330

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Comparación de los regímenes glaciares internos, externos y de medias o altas latitudes	35
Gráfico 2. Población Nacional del 2000 al 2015.	46
Gráfico 3. Reducción glaciar en los Andes de la zona norte.....	50
Gráfico 4. Reducción glaciar en los Andes de la zona centro.....	51
Gráfico 5. Reducción glaciar en los Andes de la zona sur.	51
Gráfico 6. Reducción glaciar porcentual por cada cordillera.....	55
Gráfico 7. Tendencia estimada de la reducción de las superficies glaciares del Perú.....	56
Gráfico 8. Proporción de superficies glaciares 2016 – Cordillera Blanca.	81
Gráfico 9. Reducción del área glaciar por períodos (1962-2016) - Cordillera Blanca.	81
Gráfico 10. Tendencia estimada de reducción de la superficie glaciar en la Cordillera Blanca.	82
Gráfico 11. Proporción de superficies glaciares 2016 – Cordillera Huallanca.	97
Gráfico 12. Reducción del área glaciar por períodos (1962-2016) - Cordillera Huallanca.	97
Gráfico 13. Tendencia estimada de reducción de la superficie glaciar de la Cordillera Huallanca.	98
Gráfico 14. Proporción de superficies glaciares 2016 – Cordillera Huayhuash.	110
Gráfico 15. Reducción del área glaciar por períodos (1962-2016) – Cordillera Huayhuash.....	111
Gráfico 16. Tendencia estimada de reducción de la superficie glaciar de la Cordillera Huayhuash.....	112
Gráfico 17. Proporción de superficies glaciares 2016 - Cordillera Raura.....	123
Gráfico 18. Reducción del área glaciar por períodos (1962-2016) - Cordillera Raura.....	123
Gráfico 19. Tendencia estimada de reducción de la superficie glaciar de la Cordillera Raura.....	124
Gráfico 20. Proporción de superficies glaciares 2016 - Cordillera Huagoruncho.	136
Gráfico 21. Reducción del área glaciar por periodos (1962-2016) - Cordillera Huagoruncho.....	136
Gráfico 22. Tendencia estimada de reducción de la superficie glaciar de la Cordillera Huagoruncho.....	137
Gráfico 23. Proporción de superficies glaciares 2016 - Cordillera La Viuda.	147
Gráfico 24. Reducción del área glaciar por periodos (1962-2016) - Cordillera La Viuda.....	148
Gráfico 25. Tendencia estimada de la reducción de la superficie glaciar de la Cordillera La Viuda.	149
Gráfico 26. Variación de carbono negro en el glaciar Sullcón.....	164
Gráfico 27. Proporción de superficies glaciares al 2016 - Cordillera Central.	166
Gráfico 28. Reducción del área glaciar por periodos (1962-2016) - Cordillera Central.....	166
Gráfico 29. Tendencia estimada de la reducción de la superficie glaciar de la Cordillera Central.	167
Gráfico 30. Variación de carbono negro en la nieve del glaciar Huaytapallana.	177
Gráfico 31. Proporción de superficies glaciares 2016 - Cordillera Huaytapallana.	179
Gráfico 32. Reducción del área glaciar por periodos (1962-2016) - Cordillera Huaytapallana.	180
Gráfico 33. Tendencia estimada de la reducción de la superficie glaciar de la Cordillera Huaytapallana.....	181
Gráfico 34. Reducción del área glaciar por períodos (1962-2016) - Cordillera Chonta.....	193
Gráfico 35. Tendencia estimada de la reducción de la superficie glaciar de la Cordillera Chonta.	194
Gráfico 36. Proporción de superficies glaciares 2016 - Cordillera Ampato.	205
Gráfico 37. Reducción del área glaciar por periodos (1962-2016) - Cordillera Ampato.....	205
Gráfico 38. Tendencia estimada de la superficie glaciar de la Cordillera Ampato.	206
Gráfico 39. Proporción de superficies glaciares 2016 - Cordillera Vilcabamba.	219
Gráfico 40. Reducción del área glaciar por periodos (1962-2016) - Cordillera Vilcabamba.	219
Gráfico 41. Tendencia estimada de la reducción de la superficie glaciar de la Cordillera Vilcabamba.....	220
Gráfico 42. Proporción de superficies glaciares 2016 - Cordillera Urubamba.	230

Gráfico 43. Reducción del área glaciar por periodos (1962-2016) - Cordillera Urubamba.	230
Gráfico 44. Tendencia estimada de la reducción de la superficie glaciar de la Cordillera Urubamba.	231
Gráfico 45. Reducción del área glaciar por periodos (1962-2016) - Cordillera Huanzo.	243
Gráfico 46. Tendencia estimada de la reducción de la superficie glaciar de la Cordillera Huanzo.	244
Gráfico 47. Reducción del área glaciar por periodos (1962-2016) - Cordillera Chila.	256
Gráfico 48. Tendencia estimada de la reducción de la superficie glaciar de la Cordillera Chila.	257
Gráfico 49. Reducción del área glaciar por periodos (1962-2016) - Cordillera La Raya.	268
Gráfico 50. Tendencia estimada de la reducción de la superficie glaciar de la Cordillera La Raya.	269
Gráfico 51. Proporción de superficies glaciares 2016 - Cordillera Vilcanota.	281
Gráfico 52. Reducción del área glaciar por periodos (1962-2016) - Cordillera Vilcanota.	281
Gráfico 53. Tendencia estimada de la reducción de la superficie glaciar de la Cordillera Vilcanota.	282
Gráfico 54. Proporción de superficies glaciares 2016 - Cordillera Carabaya.	291
Gráfico 55. Reducción del área glaciar por periodos (1962-2016) - Cordillera Carabaya.	291
Gráfico 56. Tendencia estimada de la reducción de la superficie glaciar de la Cordillera Carabaya.	292
Gráfico 57. Proporción de superficies glaciares 2016 - Cordillera Apolobamba.	303
Gráfico 58. Reducción del área glaciar por periodos (1962-2016) - Cordillera Apolobamba.	304
Gráfico 59. Tendencia estimada de la reducción de la superficie glaciar de la Cordillera Apolobamba.	305

LISTA DE MAPAS

Mapa 1. Ubicación del ámbito de influencia de las cordilleras del Perú.	37
Mapa 2. Temperatura del ámbito de influencia de las cordilleras glaciares.	39
Mapa 3. Precipitación del ámbito de influencia de las cordilleras glaciares.	40
Mapa 4. Hidrografía del ámbito de influencia de las cordilleras con cobertura glaciar.	43
Mapa 5. Zonas sísmicas del ámbito de influencia de las cordilleras con cobertura glaciar.	44
Mapa 6. Ubicación geográfica del ámbito de influencia de la Cordillera Blanca.	63
Mapa 7. Mapa de precipitación y temperatura del ámbito de influencia de la Cordillera Blanca.	65
Mapa 8. Ecosistemas en el ámbito de influencia de la Cordillera Blanca.	67
Mapa 9. Ubicación geográfica del ámbito de influencia de la Cordillera Huallanca.	87
Mapa 10. Precipitación y temperatura del ámbito de influencia de la Cordillera Huallanca.	89
Mapa 11. Ecosistemas en el ámbito de influencia de la Cordillera Huallanca.	91
Mapa 12. Ubicación geográfica del ámbito de influencia de la Cordillera Huayhuash.	101
Mapa 13. Precipitación y temperatura del ámbito de influencia de la Cordillera Huayhuash.	103
Mapa 14. Ecosistemas en el ámbito de influencia de la Cordillera Huayhuash.	104
Mapa 15. Ubicación geográfica del ámbito de influencia de la Cordillera Raura.	115
Mapa 16. Precipitación y temperatura del ámbito de influencia de la Cordillera Raura.	117
Mapa 17. Ecosistemas en el ámbito de influencia de la Cordillera Raura.	118
Mapa 18. Ubicación geográfica del ámbito de influencia de la Cordillera Huagoruncho.	129
Mapa 19. Precipitación y temperatura del ámbito de influencia de la Cordillera Huagoruncho.	131
Mapa 20. Ecosistemas en el ámbito de influencia de la Cordillera Huagoruncho.	132
Mapa 21. Ubicación geográfica del ámbito de influencia de la Cordillera La Viuda.	141
Mapa 22. Precipitación y temperatura del ámbito de influencia de la Cordillera La Viuda.	143
Mapa 23. Ecosistemas en el ámbito de influencia de la Cordillera La Viuda.	144
Mapa 24. Ubicación geográfica del ámbito de influencia de la Cordillera Central.	153
Mapa 25. Precipitación y temperatura del ámbito de influencia de la Cordillera Central.	155
Mapa 26. Ecosistemas en el ámbito de influencia de la Cordillera Central.	156
Mapa 27. Ubicación geográfica del ámbito de influencia de la Cordillera Huaytapallana.	171
Mapa 28. Precipitación y temperatura del ámbito de influencia de la Cordillera Huaytapallana.	173
Mapa 29. Ecosistemas en el ámbito de influencia de la Cordillera Huaytapallana.	174
Mapa 30. Ubicación geográfica del ámbito de influencia de la Cordillera Chonta.	185
Mapa 31. Precipitación y temperatura del ámbito de influencia de la Cordillera Chonta.	187
Mapa 32. Ecosistemas en el ámbito de influencia de la Cordillera Chonta.	188
Mapa 33. Ubicación geográfica del ámbito de influencia de la Cordillera Ampato.	197
Mapa 34. Precipitación y temperatura del ámbito de influencia de la Cordillera Ampato.	199
Mapa 35. Ecosistemas en el ámbito de influencia de la Cordillera Ampato.	200
Mapa 36. Ubicación geográfica del ámbito de influencia de la Cordillera Vilcabamba.	211
Mapa 37. Precipitación y temperatura del ámbito de influencia de la Cordillera Vilcabamba.	213
Mapa 38. Ecosistemas en el ámbito de influencia de la Cordillera Vilcabamba.	214
Mapa 39. Ubicación geográfica del ámbito de influencia de la Cordillera Urubamba.	223
Mapa 40. Precipitación y temperatura del ámbito de influencia de la Cordillera Urubamba.	225
Mapa 41. Ecosistemas en el ámbito de influencia de la Cordillera Urubamba.	226
Mapa 42. Ubicación geográfica del ámbito de influencia de la Cordillera Huanzo.	235

Mapa 43. Precipitación y temperatura del ámbito de influencia de la Cordillera Huanzo.	237
Mapa 44. Ecosistemas en el ámbito de influencia de la Cordillera Huanzo.	238
Mapa 45. Ubicación geográfica del ámbito de influencia de la Cordillera Chila.	249
Mapa 46. Precipitación y temperatura del ámbito de influencia de la Cordillera Chila.	251
Mapa 47. Ecosistemas en el ámbito de influencia de la Cordillera Chila.	252
Mapa 48. Ubicación geográfica del ámbito de influencia de la Cordillera La Raya.	261
Mapa 49. Precipitación y temperatura del ámbito de influencia de la Cordillera La Raya.	263
Mapa 50. Ecosistemas en el ámbito de influencia de la Cordillera La Raya.	265
Mapa 51. Ubicación geográfica del ámbito de influencia de la Cordillera Vilcanota.	273
Mapa 52. Precipitación y temperatura del ámbito de influencia de la Cordillera Vilcanota.	275
Mapa 53. Ecosistemas en el ámbito de influencia de la Cordillera Vilcanota.	276
Mapa 54. Ubicación geográfica del ámbito de influencia de la Cordillera Carabaya.	285
Mapa 55. Precipitación y temperatura del ámbito de influencia de la Cordillera Carabaya.	287
Mapa 56. Ecosistemas en el ámbito de influencia de la Cordillera Carabaya.	288
Mapa 57. Ubicación geográfica del ámbito de influencia de la Cordillera Apolobamba.	297
Mapa 58. Precipitación y temperatura del ámbito de influencia de la Cordillera Apolobamba.	299
Mapa 59. Ecosistemas en el ámbito de influencia de la Cordillera Apolobamba.	300
Mapa 60. Ubicación geográfica del ámbito de influencia de la Cordillera Volcánica.	309
Mapa 61. Precipitación y temperatura del ámbito de influencia de la Cordillera Volcánica.	311
Mapa 62. Zonas volcánicas en el ámbito de influencia de la Cordillera Volcánica.	312
Mapa 63. Ecosistemas en el ámbito de influencia de la Cordillera Volcánica.	313
Mapa 64. Ubicación geográfica del ámbito de influencia de la Cordillera Barroso.	321
Mapa 65. Precipitación y temperatura del ámbito de influencia de la Cordillera Barroso.	323
Mapa 66. Zonas volcánicas en el ámbito de influencia de la Cordillera Barroso.	324
Mapa 67. Ecosistemas en el ámbito de influencia de la Cordillera Barroso.	325

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Concesiones hidroeléctricas en cuencas con influencia glaciar	45
Tabla 2. Listado de imágenes de satélite.....	49
Tabla 3. Bandas espectrales de Sentinel 2.....	47
Tabla 4. Cordilleras glaciares por zonas, ramal y departamentos	51
Tabla 5. Resultados del inventario por cordillera glaciar al 2016.....	53
Tabla 6. Años estimados de extinción por Cordilleras.....	56
Tabla 7. Población del ámbito de influencia de la Cordillera Blanca.	68
Tabla 8. Desastres naturales en la Cordillera Blanca de origen glaciar.	77
Tabla 9. Potencial de pérdidas económicas.....	79
Tabla 10. Superficie glaciar 2016 – Cordillera Blanca.	81
Tabla 11. Población del ámbito de influencia de la Cordillera Huallanca.	91
Tabla 12. Superficie glaciar al 2016 – Cordillera Huallanca.	96
Tabla 13. Población del ámbito de influencia de la Cordillera Huayhuash.	105
Tabla 14. Características de las principales lagunas de la Cordillera Huayhuash.	110
Tabla 15. Superficie glaciar 2016 – Cordillera Huayhuash.	110
Tabla 16. Población de los distritos de la Cordillera Raura	114
Tabla 17. Superficie glaciar 2016 - Cordillera Raura.....	123
Tabla 18. Población de los distritos de la Cordillera Huagoruncho.....	128
Tabla 19. Superficie glaciar 2016 - Cordillera Huagoruncho.	135
Tabla 20. Población de las provincias de la Cordillera La Viuda.	140
Tabla 21. Superficie glaciar 2016 - Cordillera La Viuda.	147
Tabla 22. Población de las provincias de la Cordillera Central.	157
Tabla 23. Superficie glaciar 2016 – Cordillera Central.....	166
Tabla 24. Población de las provincias de la Cordillera Huaytapallana.....	170
Tabla 25. Superficie glaciar 2016 – Cordillera Huaytapallana.	179
Tabla 26. Población de las provincias de la Cordillera Chonta	184
Tabla 27. Principales centrales eléctricas en la Cordillera Chonta.	189
Tabla 28. Superficie glaciar al 2016 - Cordillera Chonta.....	193
Tabla 29. Población de las provincias de la Cordillera Ampato.	196
Tabla 30. Superficie glaciar 2016 – Cordillera Ampato.....	205
Tabla 31 Población de las provincias de la Cordillera Vilcabamba	210
Tabla 32. Desastres en la Cordillera Vilcabamba.	218
Tabla 33. Superficie glaciar 2016.....	219
Tabla 34. Población de las provincias de la Cordillera Urubamba.	222
Tabla 35. Superficie glaciar 2016 - Cordillera Urubamba.	230
Tabla 36. Población de las provincias de la Cordillera Huanzo.....	239
Tabla 37. Principales centrales eléctricas en la Cordillera Huanzo	239
Tabla 38. Superficie glaciar 2016 - Cordillera Huanzo.....	243
Tabla 39. Población de los distritos de la Cordillera Chila.....	248
Tabla 40. Superficie glaciar al 2016 – Cordillera Chila.....	256
Tabla 41. Población de las provincias de la Cordillera La Raya.....	264
Tabla 42. Superficie glaciar 2016 – Cordillera La Raya.	268

Tabla 43. Población de las provincias de la Cordillera Vilcanota.....	277
Tabla 44. Superficie glaciar 2016 - Cordillera Vilcanota.....	281
Tabla 45. Población de las provincias de la Cordillera Carabaya.....	284
Tabla 46. Superficie glaciar al 2016 - Cordillera Carabaya.....	291
Tabla 47. Población de los distritos de la Cordillera Apolobamba.....	296
Tabla 48. Superficie glaciar 2016 – Cordillera Apolobamba.....	303
Tabla 49. Población de los distritos de la Cordillera Volcánica.....	314
Tabla 50. Principales centrales hidroeléctricas	314
Tabla 51. Población de las provincias de la Cordillera Barroso	320

SIGLAS

ADINELSA	: Administración de Infraestructura Eléctrica S.A.
AEDES	: Asociación Especializada para el Desarrollo Sostenible
ALOS	: Advanced Land Observation Satellite
ANA	: Autoridad Nacional del Agua
ASTER	: Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer
BOA	: Bottom of Atmosphere
CENAGRO	: Censo Nacional Agropecuario
CCIA	: Cámara de Comercio e Industria de Arequipa
CONAM	: Consejo Nacional del Ambiente
CONCYTEC	: Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación
CPS	: Corporación Peruana del Santa
DDC	: Dirección Desconcentrada de Cultura
DET	: Departamento de Electricidad y Telecomunicaciones
DIEM	: Dirección de Investigación en Ecosistemas de Montaña
DIG	: Dirección de Investigación en Glaciares
DIGC	: Dirección de Información y Gestión del Conocimiento
EGASA	: Empresa de Generación Eléctrica de Arequipa S.A.
EIA	: Evaluación de Impacto Ambiental
ESDE	: Extracción por Solventes y Deposición Electrolítica
FDA	: Fundación para el Desarrollo Agrario
GDEM	: Global Digital Elevation Model
GEM	: Guías de Espeleología y Montaña
GFAM	: Departamento de Geografía Física de Alta Montaña
GLIMS	: Global Land Ice Measurements from Space
ICSI	: International Commission on Snow and Ice
IGEPN	: Instituto Geofísico de la Escuela politécnica Nacional
IGN	: Instituto Geográfico Nacional
IGP	: Instituto Geofísico del Perú
IRD	: Institut de recherche pour le développement
INAGGA	: Instituto Nacional de Glaciares y Geoambiente
INAIGEM	: Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña
INDECI	: Instituto Nacional de Defensa Civil
INEI	: Instituto Nacional de Estadística e Informática
INGEMMET	: Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico
INGEOMIN	: Instituto Nacional de Geología y Minería
IPCC	: Intergovernmental Panel on Climate Change (Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático)
IPEN	: Instituto Peruano de Energía Nuclear
IVITA	: Instituto Veterinario de Investigaciones Tropicales y de Altura
LANDSAT	: Land Satellite
LIA	: Little Ice Age (Pequeña Edad de Hielo)
LISS III	: Linear Imaging Self Scanning Sensor
MDE/DEM	: Modelo Digital de Elevación / Digital Elevation Model
MEM	: Ministerio de Energía y Minas

MINAGRI	: Ministerio de Agricultura y Riego
MINAM	: Ministerio del Ambiente
MINCETUR	: Ministerio de Comercio Exterior y Turismo
MTC	: Ministerio de Transporte y Comunicación
NASA	: National Aeronautics and Space Administration
NDSI	: Normalized Difference Snow Index (Índice normalizado de diferenciación de nieve)
NDWI	: Normalized Difference Water Index (Índice Normalizado de Diferenciación de Agua)
NSIDC	: National Snow and Ice Data Center
ONG	: Organización No Gubernamental
OSINERGMIN	: Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería
PALSAR	: Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar
PEER	: Partnerships for Enhanced Engagement in Research
PISCO	: Peruvian Interpolation data of the SENAMHI's Climatological and Hydrological Observations
PROMPERÚ	: Comisión de Promoción del Perú para la Exportación y Turismo
SEIN	: Sistema Eléctrico Interconectado Nacional
SENAMHI	: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú
SERNANP	: Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas
SIG/GIS	: Sistema de Información Geográfica / Geography Information System
SNICAR	: Snow, Ice and Aerosol Radiative
SPOT	: Satellite Pour l'Observation de la Terre
SRTM	: Shuttle Radar Topography Mission
TOA	: Top of Atmosphere
UGRH	: Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos
UNDEEL	: Unidad de Distribución de Energía Eléctrica
UNESCO	: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
USAID	: United States Agency for International Development
UTM	: Universal Transversal de Mercator

CAPITULO I

GENERALIDADES

El Inventario Nacional de Glaciares es una necesidad del país para conocer el estado de las superficies glaciares de las dieciocho cordilleras nevadas del Perú y las características de dos cordilleras consideradas extintas; para ello, se presentan los antecedentes de los estudios glaciológicos realizados en el Perú, desde los primeros registros hasta nuestros días, y los objetivos planteados para el presente trabajo.

1.1. OBJETIVOS

- Proporcionar información actualizada sobre la situación de las cordilleras glaciares del Perú respecto a la disminución de su superficie glaciar, las tendencias de su reducción, las propuestas de medidas de adaptación a fin de minimizar los impactos del cambio climático y los peligros de origen glaciar.
- Describir las características físicas, socioeconómicas y culturales presentes en el ámbito de influencia de las cordilleras glaciares con el fin de conocer sus impactos en un contexto general.
- Brindar información oportuna de las cordilleras glaciares a las diferentes instancias del Gobierno, instituciones académicas, privadas y comunidades para su conocimiento.

1.2. ANTECEDENTES

Las investigaciones que sirvieron de sustento para la realización del *Inventario Nacional de Glaciares: las Cordilleras Glaciares del Perú* tienen una trayectoria institucional y personal de larga data que hay que recordar y reconocer. Este es el momento propicio para rendir homenaje a los precursores que investigaron las cordilleras con cobertura glaciar. Sin duda alguna, Antonio Raimondi (1860-1873), Alexander Humboldt (1802) y Gustav Steinmann (1903-1904) representan extraordinariamente a los pioneros de la segunda mitad del siglo XIX que llegaron a estudiar la geografía y los recursos naturales del país. A inicios del siglo XX, las expediciones científicas del Club Alpino Austro-Alemania (1932-1939), realizaron las primeras investigaciones científicas de los glaciares peruanos dejando un legado de publicaciones pioneras y relevantes como *Cordillera Blanca* (1950) y *Cordillera Huayhuash* (1955), con planos fotogramétricos (1:100,000 y 1:200,000 de la Cordillera Blanca, y 1:75,000 de la Cordillera Huayhuash).

En la década de los cincuenta, por iniciativa de Jorge Broggi —presidente del Instituto Geológico del Perú

y la Comisión de Lagunas de la Cordillera Blanca— se efectuaron estudios geológicos, mapa índice de los glaciares y lagunas de la Cordillera Blanca; estos documentos de gran utilidad técnica, consignan tanto la superficie de los glaciares como la relación detallada de las lagunas de la Cordillera Blanca, sus superficies y sus volúmenes. Posteriormente, dentro del marco del *II Congreso Nacional de Geografía*, celebrado en la ciudad de Arequipa en 1964, el Dr. César Morales Arnao presenta la propuesta sobre la existencia de veinte cordilleras glaciares en el Perú, describiendo además cada una de ellas de manera acertada e incluyendo las rutas de acceso y principales cumbres glaciares.

Sin embargo, las tareas para desarrollar el *primer Inventario Nacional de las Cordilleras Glaciares del Perú*, llegaron de la mano de la Corporación Peruana del Santa, que inició los trabajos en la Cordillera Blanca desde mediados de los años sesenta hasta mediados de los años setenta, siguiendo la metodología del Inventario Mundial de Glaciares (GLIMS) contando con el apoyo de la Universidad de Zúrich; este documento sería concluido y publicado por Hidrandina en el año 1989, habiendo tenido intervenciones intermedias de Electroperú, INGEOMIN e INGEMMET.

En la década de los ochenta, el Servicio Geológico de los Estados Unidos condujo el proyecto del *Atlas de imágenes de satélite de los Glaciares del Mundo*; parte de esta labor fue la publicación de un número dedicado a Sudamérica, cuya sección de los glaciares del Perú fue encargada al ingeniero Benjamín Morales Arnao en coautoría con Stefan Hastenrath. Posteriormente, entre los años 1997 y 1998, el INAGGA, por encargo del Consejo Nacional del Ambiente, efectúa el *segundo Inventario de Glaciares del Perú* (CONAM, 2001) que fue presentado como documento oficial a las entidades nacionales e internacionales. Luego en el año 2014, la Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos publicó el *tercer Inventario Nacional de Glaciares*. Finalmente, el INAIGEM, en los años 2016 y 2017, utilizando las imágenes del satélite Sentinel 2 del año 2016, realizó el *cuarto Inventario Nacional de las Cordilleras Glaciares del Perú*.

Es importante señalar que para el primer inventario se trabajó sobre dieciocho cordilleras, identificándose que varias de ellas fueron trabajadas de forma parcial, debido a que las fotografías aéreas no permitían visualizar completamente el ámbito de trabajo por la presencia de nubes; por esa razón, el INAIGEM en el año 2016, realizó un trabajo complementario, que consistió en reanalizar imágenes Landsat de 1975 completando las zonas no coberturadas. En el segundo inventario, el INAGGA-CONAM, realizó un inventario parcial en cuencas

seleccionadas de cinco cordilleras y en base a ellas se realizó una proyección para dieciocho cordilleras con superficie glaciar a nivel nacional. En el tercer inventario, realizado por la UGRH de la ANA, se consideraron diecinueve cordilleras, incluyendo a la Cordillera Volcánica; finalmente, para el cuarto inventario realizado por INAIGEM, se inventariaron dieciocho cordilleras con cobertura glaciar y se evaluó la situación actual de las cordilleras con superficie glaciar extinta, Volcánica y Barroso.

CAPITULO II

CORDILLERA DE LOS ANDES PERUANOS

Los Andes peruanos cuentan con dieciocho cordilleras con cobertura glaciar; distribuidas entre las zonas norte, centro y sur del país. Para entender sus procesos evolutivos, es necesario conocer aspectos relacionados con su formación geológica, su modificación a través del tiempo geológico, con los procesos geodinámicos internos y externos que las gobiernan; así como también, los recursos hídricos y su relación con el impacto del cambio climático sobre las superficies glaciares, los cuales representan un factor fundamental para comprender mejor el porvenir de las cordilleras glaciares y los servicios ambientales que nos brindan los ecosistemas de montaña. Mapa 1.

2.1. RÉGIMEN DE LOS GLACIARES TROPICALES

En los glaciares tropicales existen dos regímenes que se pueden diferenciar los glaciares de medias o altas latitudes. El primero es el régimen de permanente humedad, es decir, los trópicos internos, como, por ejemplo, los glaciares de Ecuador. En segundo lugar, los trópicos externos, que se caracterizan por tener un período de precipitación y un período seco, como es el caso de la Cordillera Blanca y demás cordilleras de los Andes del Perú (Kaser & Osmaston, 2002). Gráfico 1.

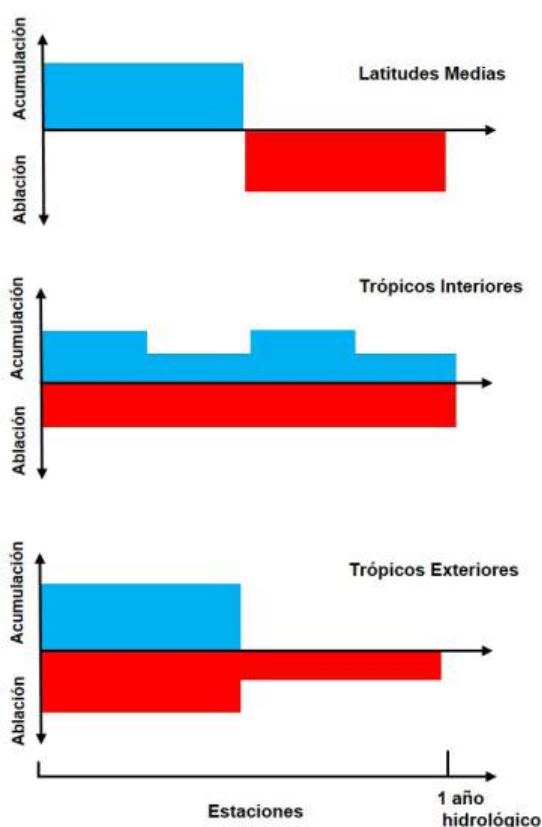


Gráfico 1. Comparación de los regímenes glaciares internos, externos y de medias o altas latitudes.

Para el caso de los glaciares de los Andes peruanos (trópicos externos), donde sólo se diferencian dos estaciones: la época de precipitaciones y la época seca, ambas influyen sobre la acumulación y la ablación (pérdida de hielo por fusión, evaporación, sublimación, etc.) de un glaciar. La acumulación ocurre en la época de precipitaciones; mientras que la ablación ocurre durante todo el año, aunque las proporciones de su impacto son variables dependiendo las condiciones climatológicas. Por ejemplo, la ablación será mayor durante la época de precipitaciones debido a la humedad y al incremento de la temperatura, por contraparte, será menor durante la época seca, en la que existe más demanda de agua y el aporte de los glaciares disminuye. De allí la necesidad de orientar nuestra atención a la gestión adecuada de ecosistemas intermedios: bofedales, bosques nativos, pajonales, etc., pues son estos quienes cumplen las funciones de regulación hídrica (Kaser & Osmaston, 2002).

2.2. FORMACIÓN DE LAS CORDILLERAS GLACIARES

La formación de las cordilleras glaciares está asociada al origen de la Cordillera de los Andes. La Cordillera de los Andes, a su vez, está asociada con la geodinámica de las placas tectónicas de Nazca y Sudamericana. La placa tectónica de Nazca se desplaza con dirección de Oeste a Este y se subduce por debajo de la placa tectónica Sudamericana; este punto de convergencia se da en la margen occidental del continente sudamericano, donde se genera el levantamiento de la superficie dando origen a la Cordillera de los Andes y su impresionante relieve morfológico. La Cordillera de los Andes es el rasgo orográfico más importante del territorio nacional, el cual permite la formación de diversos climas y la generación de las regiones naturales en el país.

La Cordillera de los Andes es una cadena de montañas que se extiende a lo largo de la zona occidental de América del Sur, ocupando una superficie aproximada de 3.37 millones de km² que circunda la costa del océano

Pacífico y parte del mar Caribe a lo largo de 7,240 km, por lo que constituye la cadena montañosa más larga de la Tierra. Los Andes están comprendidos entre los 11° de latitud N y los 55° de latitud S, formando parte de los territorios de Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia, Chile y Argentina.

La Cordillera de los Andes tiene, en el territorio peruano, un rumbo general aproximado de Noroeste a Sureste (conocido también como «Rumbo Andino»), donde las altas montañas han sido intensamente afectadas por las condiciones climáticas globales. Muestra de ello es la formación de las cordilleras glaciares del Perú, cuya conformación morfológica actual es el resultado de los procesos del modelado andino por efectos, principalmente, de la Glaciación del Cuaternario — que afectó a toda la Tierra— y de la competencia de las rocas que forman parte del basamento rocoso. Los aspectos geológicos, geomorfológicos y climáticos han sido la causa de la formación inicial de veinte cordilleras glaciares, ahora reducida a dieciocho por efecto de la severidad del cambio climático.

2.3. CLIMA DE LA REGIÓN ANDINA

Las condiciones climáticas que influyen sobre las cordilleras están regidas por patrones sinópticos forzados por la distribución continente-océano, topografía continental, variaciones de la radiación solar sobre la superficie y las interacciones entre las capas de la atmósfera, todo esto, en el espacio y tiempo. Son principalmente el comportamiento de los vientos y la cantidad de humedad quienes rigen las condiciones meteorológicas.

La radiación solar incide de manera desigual sobre la superficie terrestre; a esto se suma el invierno austral, haciendo que la atmósfera busque la manera de equilibrar la distribución de la energía producida por la incidencia de la radiación y lo hace a través de los vientos. A grandes escalas, el aire se calienta en la zona ecuatorial disminuyendo su densidad y elevándose, así, al ascender, se dirige hacia los polos sufriendo una desviación hacia su izquierda (hemisferio sur) debido a la fuerza de Coriolis. Al llegar a los polos, el aire se enfría y desciende para retornar al ecuador, en este momento es absorbido por las presiones bajas que se generan en las áreas donde el aire caliente asciende, de manera que en su regreso también será afectado por la fuerza de Coriolis teniéndose, en mayor proporción, vientos provenientes del Este sobre las cordilleras.

Para la estación húmeda, sobre todo al llegar al verano, existe abundante evapotranspiración producto del calentamiento sobre el océano Atlántico y la cuenca del

Amazonas, de manera que existe un aporte importante de humedad hacia la atmósfera —humedad que es desplazada hacia el Este por la dinámica climatológica de los vientos— que se va precipitando mientras avanza según el grado de saturación que sufre la masa de aire con humedad contenida; por ello, en la amazonía ocurren abundantes precipitaciones. Al estar sobre las regiones montañosas, hacia el flanco oriental de las cordilleras, la masa de aire sufrirá un ascenso forzado que la enfriará, condensará y producirá precipitaciones abundantes.

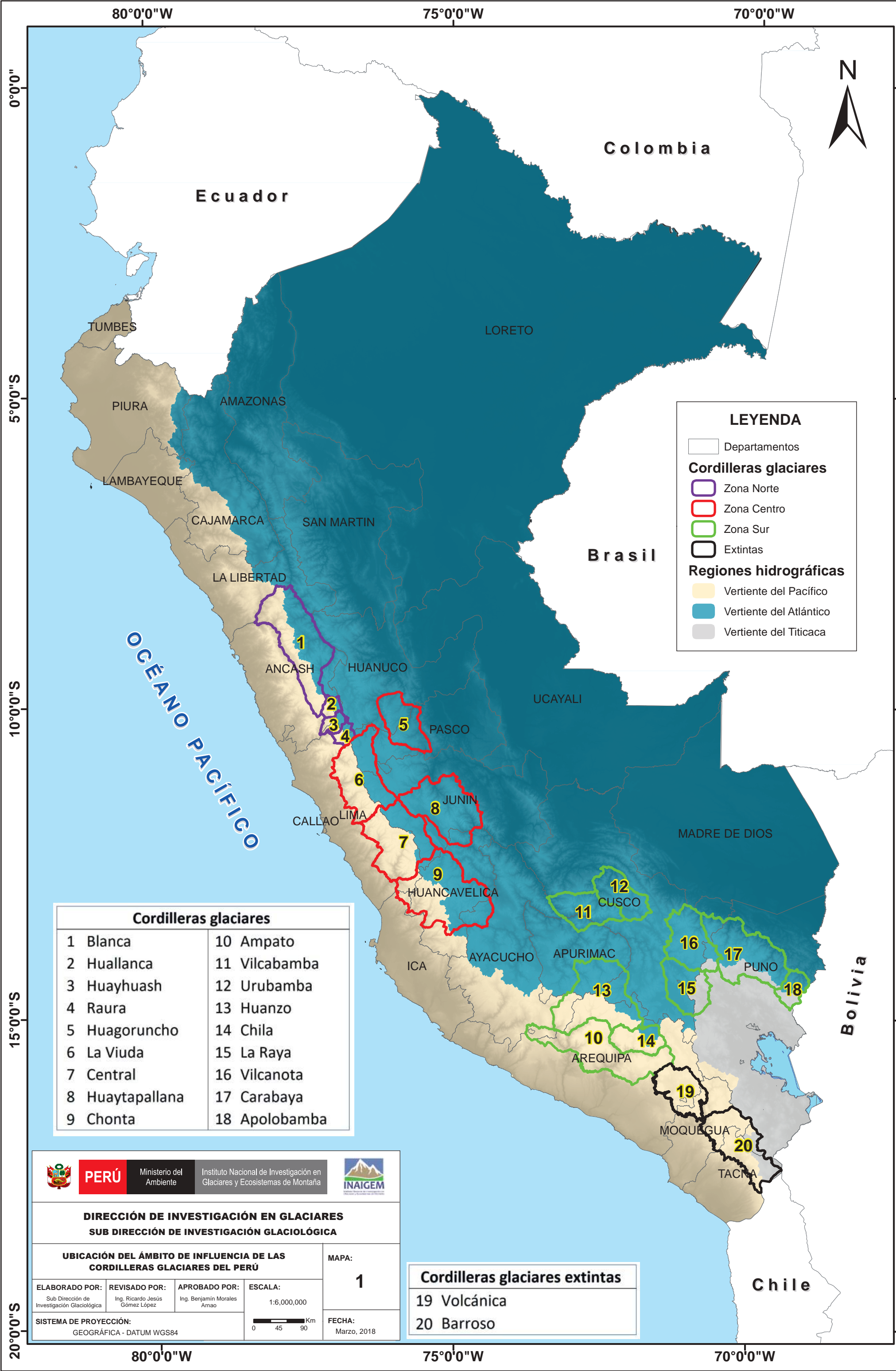
En la temporada de estío, el aire se enfría más rápido sobre el continente sudamericano que sobre el océano, ocasionando que haya un refuerzo en la zona anticiclónica, interfiriendo con el ascenso de la poca humedad que se tiene debido a la escasa evapotranspiración propia de esta temporada; debido a esto, se tiene escasa presencia de cobertura nubosa sobre las montañas.

La temperatura también está sujeta a la estacionalidad por la fuerte influencia que ejerce la presencia de cobertura nubosa, ya que los máximos de temperatura se registran en la estación de invierno, mientras que los mínimos, en la estación de verano, pues la nubosidad obstaculiza la incidencia de radiación solar sobre la superficie, restando parte de la energía térmica que debería acumularse, (Gilford, M.; Vojtesak, M.; Bonam, R.; Martens, D., 1992). Mapa 2 y Mapa 3.

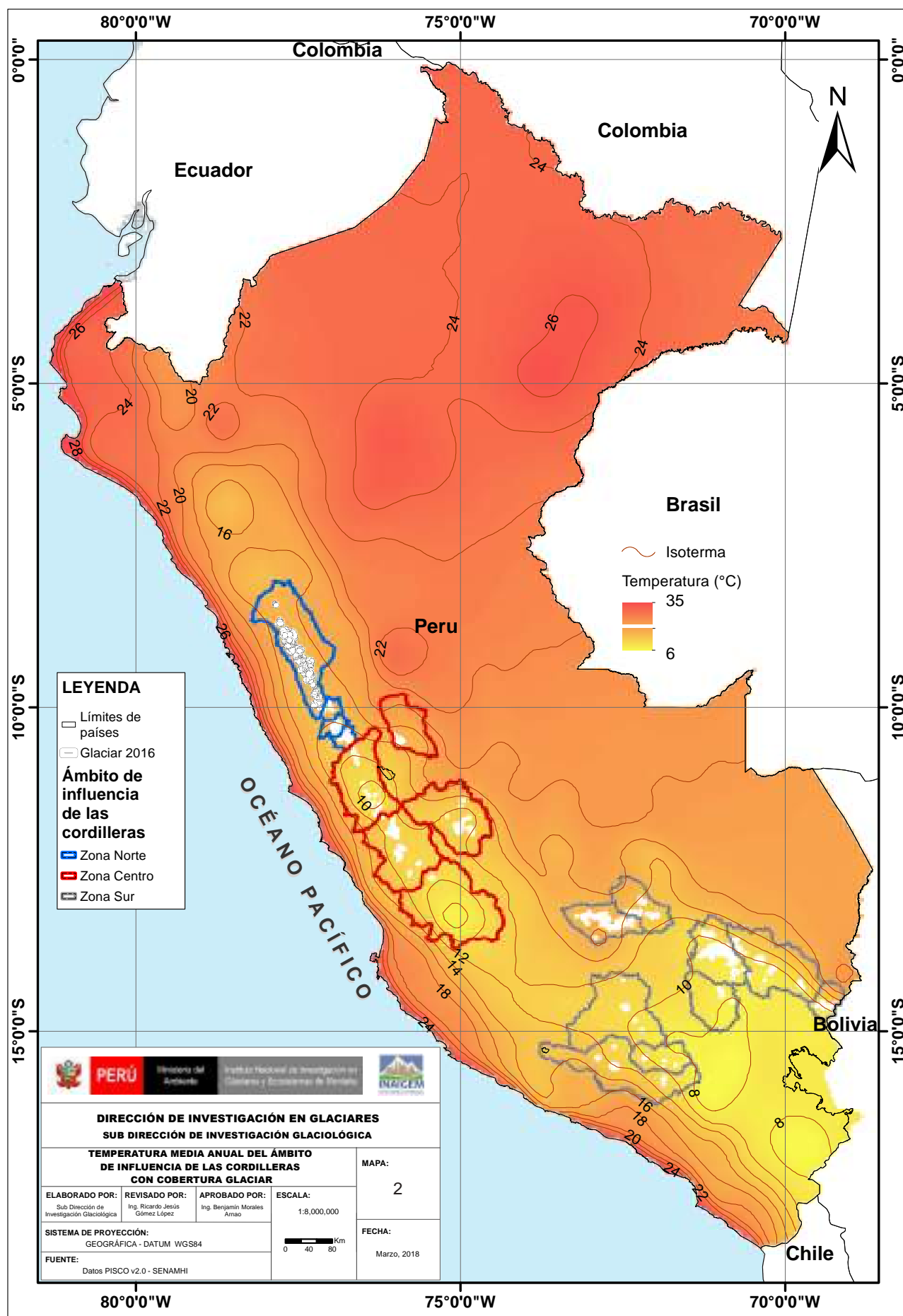
2.4. HIDROGRAFÍA

El territorio nacional cuenta con 159 cuencas (ANA, 2009), las cuales son unidades hidrográficas definidas según la clasificación Pfafstetter y distribuidas en tres vertientes: Pacífico, Atlántico y Titicaca. Dentro del ámbito de las cordilleras con cobertura glaciar, se tienen 36 cuencas que abarcan parcialmente estos ámbitos. Entre los principales ríos de la vertiente del Pacífico se encuentran: Camaná, Cañete, Chillón, Lurín, Mala, Ocoña, Pativilca, Rímac, Santa y Yauca, entre otros. En la vertiente del Atlántico podemos mencionar a Apurímac, Huallaga, Madre de Dios, Marañón, Inambari, Mantaro, Perené y Urubamba, entre otros. En la vertiente del Titicaca tenemos los ríos Azángaro, Huancané, Pucará y Suches.

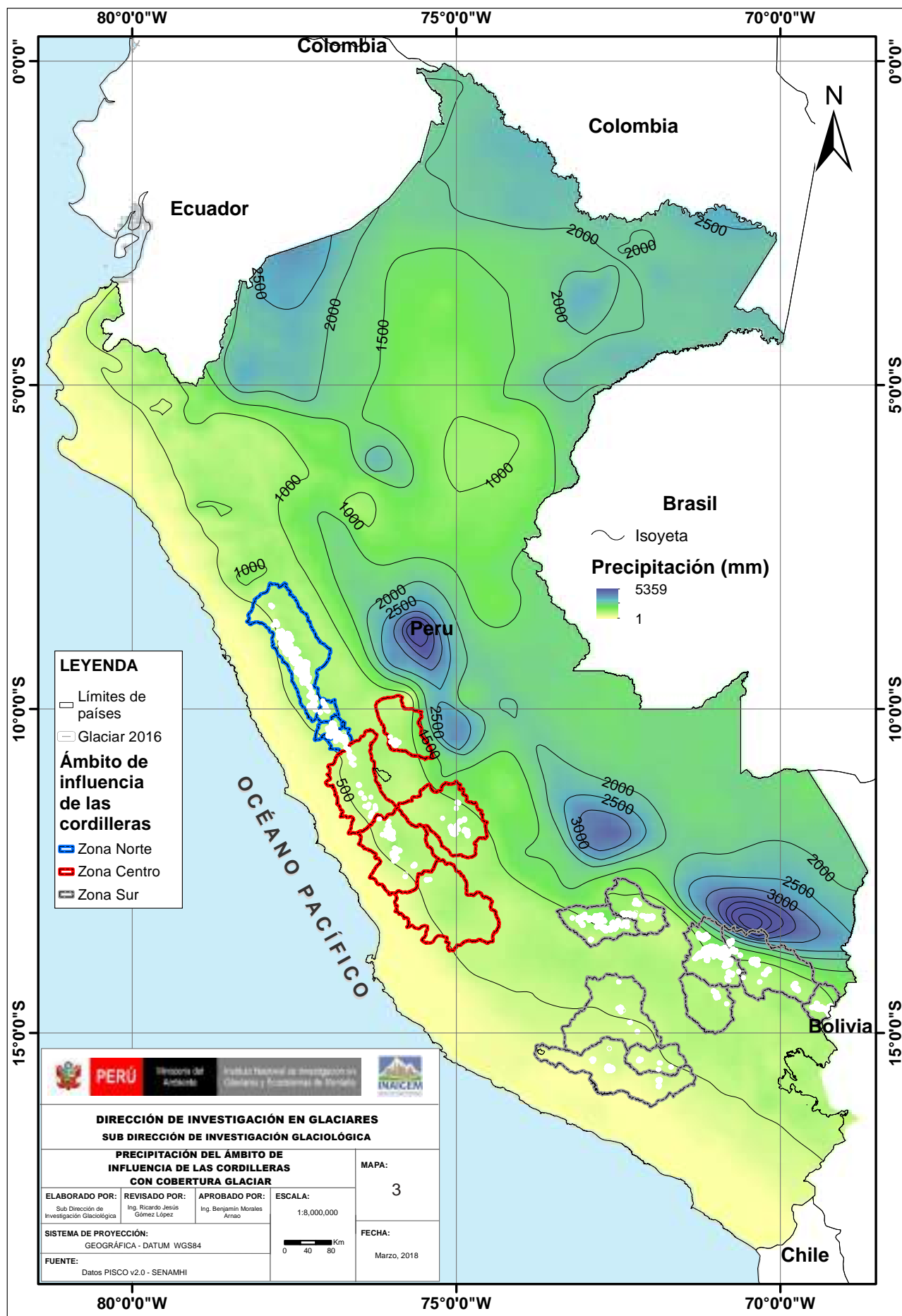
La vertiente del Pacífico, dentro del ámbito de las cordilleras glaciares, cuenta con veinte unidades hidrográficas. Los ríos en esta vertiente se caracterizan por poseer gran pendiente y por ser del tipo estacionario. En la vertiente del Atlántico, existen doce cuencas; los ríos se caracterizan por poseer gran pendiente, son sobre todo los de la parte alta (sierra); mientras que los de la parte de la llanura amazónica se caracterizan por ser de baja pendiente, poseen grandes longitudes y mantienen caudales perennes y como parte de la red hidrográfica del río Amazonas. La vertiente del Titicaca, dentro del



Mapa 1. Ubicación del ámbito de influencia de las Cordilleras del Perú.



Mapa 2. Temperatura del ámbito de influencia de las cordilleras glaciares.



Mapa 3. Precipitación del ámbito de influencia de las cordilleras glaciares.

ámbito de las cordilleras glaciares, abarca cuatro cuencas; sus ríos poseen grandes pendientes en la parte alta que van disminuyendo conforme se produce el descenso; las redes hídricas son de menor longitud, si son comparadas con los ríos de las otras vertientes, al final de su recorrido confluyen en el lago Titicaca. Mapa 4.

2.5. SISMOLOGÍA

El Perú se encuentra ubicado en el *Cinturón de Fuego del Pacífico*, al borde de las placas tectónicas de Nazca y Sudamericana. Cuando estas fallas geológicas se disponen a determinadas condiciones, originan sismos de diversa magnitud; dichos movimientos telúricos han afectado la estabilidad de las cordilleras glaciares de nuestro país y han causado la destrucción de grandes poblados y ciudades, tal como sucedió durante el terremoto y aluvión del año de 1970, el cual destruyó Ranrahirca y Yungay, Ancash.

La sismotectónica del Perú se caracteriza por la colisión y subducción de las placas tectónicas activas de Nazca y Sudamericana: la placa Sudamericana está conformada por todo el continente, avanzando hacia el Oeste con una velocidad de dos a tres centímetros por año, encontrándose con la placa de Nazca en el extremo occidental, que avanza hacia el Este con una velocidad aproximada de cinco a diez centímetros por año (Berrocal, Deza, & Shikiya, 1975). Estas condiciones tectónicas generan los movimientos sísmicos que son las causas de los terremotos. Bajo estas consideraciones tectónicas, geológicas y geomorfológicas, se establece que el Perú es uno de los países con mayor riesgo sísmico en América Latina. (Zavala, et al., 2008).

Según (Bernal & Tavera, 2002) la placa de Nazca en la zona norte del Perú, subduce bajo la placa Sudamericana siguiendo una pendiente del orden de entre 25° y 30° hasta una profundidad aproximada de 125 km, a partir de la cual, la placa de Nazca se desplaza de manera horizontal hasta una distancia respecto a la fosa oceánica peruano-chilena de 750 km en la zona Norte, y 550 km en la zona centro, configurando una subducción de tipo subhorizontal. Las tendencias medias de la zona Sur del Perú, sugieren un ángulo de subducción de 30° en forma continua hasta una profundidad de 450 km respecto de la fosa oceánica, configurando una subducción de tipo normal.

El análisis de la sismicidad histórica de los últimos cien años (Bernal, et al., 2002), registra altos niveles de actividad sísmica, donde la mayoría de los sismos identificados corresponden a eventos superficiales (<60 km), cuyos epicentros se presentan en la zona del contacto de la placa Sudamericana con la placa de Nazca, en la fosa Perú-Chile.

En el Mapa de Zonas Sísmicas, se tiene una zonificación sísmica con base en las aceleraciones máximas horizontales en suelo rígido, con una probabilidad al 10% de ser excedida en 50 años (teniendo en cuenta la Norma Técnica E.030 «Diseño Sismoresistente» del Reglamento Nacional de Edificaciones). Se puede apreciar en el Mapa 5. Que, en la zona 3 – Alta intensidad, se ubican las cordilleras glaciares Blanca, Huallanca, Huayhuash, Raura, La Viuda, Central, Chonta, Ampato, Huanzo y Chila. Para la zona 2 – Media intensidad, se ubican las cordilleras Glaciares Huagoruncho, Huaytapallana, Vilcabamba, Urubamba, La Raya, Vilcanota, Carabaya y Apolobamba. Para la zona sísmica 4 – Alta intensidad, el ámbito de influencia son las cordilleras glaciares La Viuda, Central, Chonta y Ampato. Finalmente, para la zona sísmica 1 – Baja intensidad, no se ubica ninguna cordillera glaciar. La zona de influencia abarca a las cordilleras Blanca, Huallanca, Huayhuash, Raura, La Viuda, Central, Chonta, Ampato, Chila y Huanzo.

2.6. GEOLOGÍA ECONÓMICA

Los andes peruanos tienen una geología variada que le ha permitido tener importantes yacimientos minerales en toda su extensión, teniéndose provincias metalogenéticas de gran valor y producción.

A continuación, se presenta las 23 franjas metalogenéticas (Acosta, 2017):

1. Depósitos de Au en rocas meta-sedimentarias del Ordovícico y Silúrico-Devónico (Mina Serpiente de Oro y otros);
2. Depósitos orogénicos de Au-Pb-Zn-Cu del Carbonífero-Pérmico (Minas Marsa, Poderosa, etc.);
3. Depósitos de U-W-Sn-Mo, Au-Cu-Pb-Zn relacionados con intrusivos y pórfidos skarn Cu-Ag del Pérmico-Triásico (Mina Cobriza, Prospecto Rinconada, etc.)
4. Pórfidos Cu-Mo del Jurásico medio-superior (Proyecto Tía María y otros);
5. Depósitos de Fr-Cu-Au (IOCG) del Jurásico medio-superior (Proyectos Chala, Yuquibamba, etc.);
6. Pórfidos y skarns de Cu-Au del Jurásico superior (Proyectos Huaquillas, Hualatán, etc.);
7. Sulfuros masivos volcanogénicos de Cu-Zn-Au del Cretácico inferior (Minas Raúl-Condestable, Hierro Acarí, etc.);
8. Depósitos de Fe-Cu-Au (OICG) (Mina Hierro Morrito y otros);

9. Depósitos de Au-Pb-Zn-Cu relacionados con intrusivos del Cretácico superior (Mina El Tunel y otros);
10. Pórfidos de Cu-Mo del Cretácico superior (Mina Sanguinetti y otros)
11. Sulfuros masivos volcanogénicos de Pb-Zn-Cu del Cretácico superior-Paleoceno (Mina San Lorenzo, Proyecto Invicta, etc.);
12. Epitermales de Au-Ag del Cretácico superior-Paleoceno (Mina Quebrada Salitral y otros);
13. Pórfidos de Cu-Mo y depósitos polimetálicos relacionados con intrusivos del Paleoceno-Eoceno (Minas Cerro Verde, Cuajone, Toquepala, Proyecto Quellaveco, etc.);
14. Depósitos de Au-Cu-Pb-Zn relacionados con intrusivos del Eoceno (Mina Cerro Chacuascucha y otros);
15. Pórfidos-Skarns de Cu-Mo (Au, Zn) y depósitos de Cu-Au-Fe relacionados con intrusivos del Eoceno-Oligoceno (Minas Las Bambas, Constancia, Antapaccay, Santa Bárbara, Proyectos Los Chancas, Pucamarca, Chucapaca, etc.);
16. Depósitos tipo Mississippi Valley (MVT) de Pb-Zn del Eoceno-Mioceno (Mina San Vicente, Proyecto Bongará, etc.);
17. Epitermales de Au-Ag del Eoceno y depósitos polimetálicos del Eoceno-Oligoceno-Mioceno (Mina Toromocho, Morococha, Austria Duvaz, Huarón, Raura, etc.);
18. Epitermales de Au-Ag del Oligoceno (Proyecto Ticsay y otros);
19. Depósitos de Sn-Cu-W relacionados con intrusivos, epitermales de Ag-Pb-Zn (Au) y depósitos de uranio del Oligoceno-Mioceno (Minas San Rafael, El Dorado 1, San Antonio de Poto, Proyecto Corani, etc.);
20. Pórfidos de Cu-Mo-Au, skarns de Pb-Zn-Cu-Ag y depósitos polimetálicos relacionados con intrusivos del Mioceno (Minas Antamina, Contonga, Casapalca, Iscaycruz, Yauliyacu, Uchuchacua, Pachapacqui, etc.);
21. Epitermales de Au-Ag del Mioceno:
 - 21-A: Epitermales de Au-Ag hospedados en rocas volcánicas (Minas Antapite, Catalina Huanca, Selene, Pallancata, Arcata, Ares, Orcopampa, etc.)
 - 21-B: Epitermales de Au-Ag hospedados en rocas sedimentarias (Minas La Arena, La Virgen, Corimarca, etc.);
 - 21-C: Depósitos polimetálicos Pb-Zn-Cu con superposición epitermal de Au-Ag (Mina Colquijirca, San Antonio de Esquilache, Proyecto Santa Ana, etc.);
22. Depósitos de W-Mo-Cu relacionados con intrusivos del Mioceno superior (Mina Pasto bueno, Nueva California, etc.);
23. Epitermales de Au-Ag del Mio-Plioceno (Minas San Genaro, Dorita, Corihuarmi, etc.).

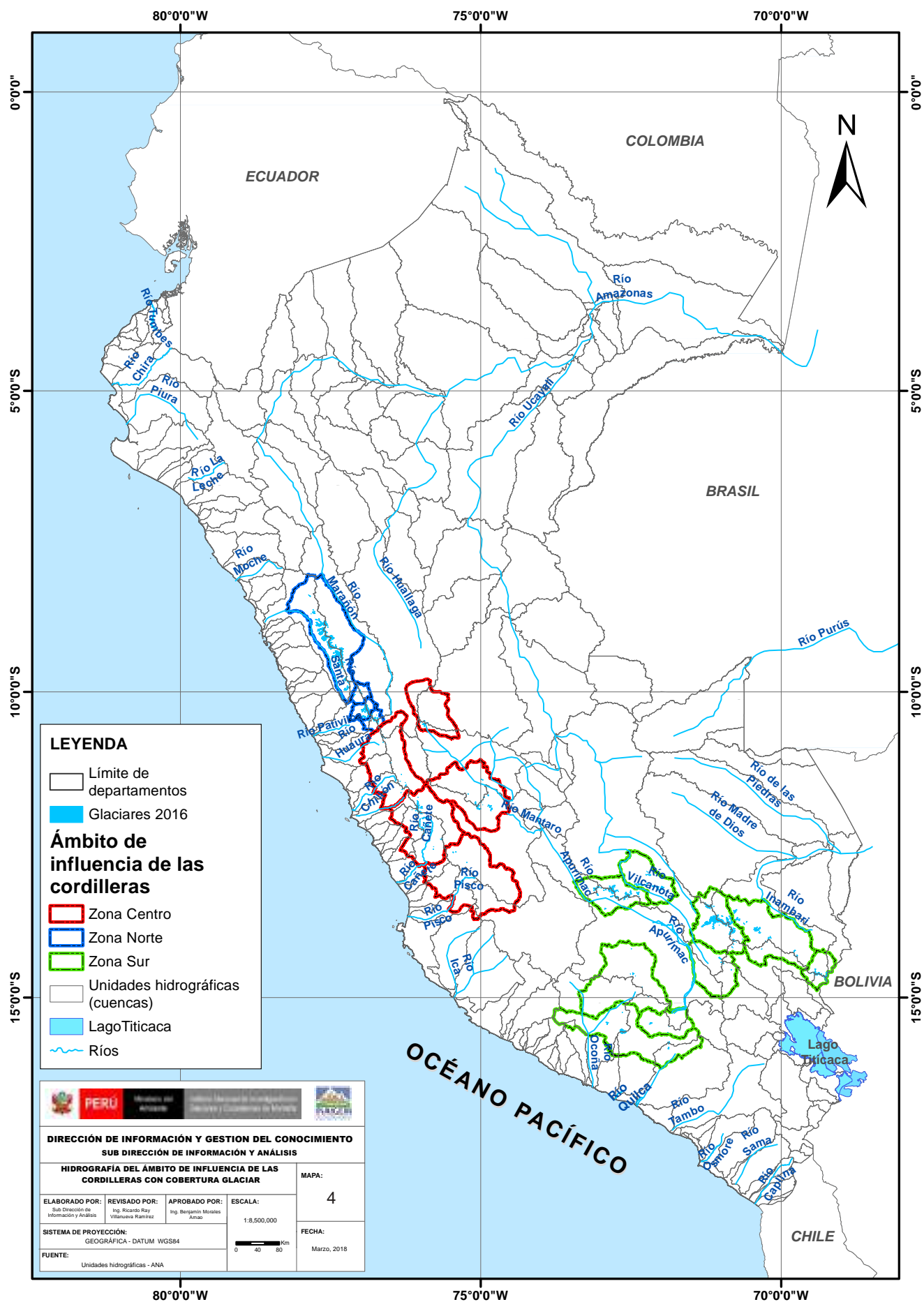
Por lo anterior se considera al Perú como un país minero que ocupa los primeros lugares mundiales en producción de minerales, en especial de cobre (2do lugar), oro (6to lugar), zinc (3er lugar), plata (2do lugar), plomo (4to lugar), molibdeno (4to lugar) y estaño (3er lugar) (SNMPE, 2018). Dentro del ámbito de las dieciocho cordilleras glaciares, también encontramos yacimientos no metálicos que son de gran utilidad para la industria que se desarrolla hoy en día en el país.

2.7. ENERGÍA

La agreste conformación geomorfológica de nuestras cordilleras, sumada a los resultados de la fusión de los glaciares, permite que los cursos de agua sean aprovechados con gran éxito en la instalación de importantes centrales hidroeléctricas que contribuyen a sostener el desarrollo del país. Como ejemplos importantes tenemos a las cuencas hidrográficas de los ríos Vilcanota, Chili, Rímac, Mantaro, Paucartambo, Pativilca, Cañete, Huaura y Santa, para construir centrales hidroeléctricas que son la base del desarrollo nacional. Además, se proyecta construir fuentes geotérmicas en diferentes cordilleras —de acuerdo a los resultados de las investigaciones— con el fin de crear núcleos potenciales de producción de energía.

Según el Ministerio de Energía y Minas, al año 2016, el Perú poseía una potencia instalada de 14,518 MW, donde el 58.5% de esta potencia es generada por centrales térmicas, el 38.9% por centrales hidráulicas y el 2.6% por centrales de energía solar y eólica. Resulta evidente la importancia estratégica del agua para abastecer de energía eléctrica a la población y a las actividades económicas en el país.

Actualmente, según el registro de concesiones definitivas de generación de energía eléctrica del Ministerio de Energía y Minas, se tiene un número de 63 concesiones otorgadas a nivel nacional. De estas, 38 corresponden a concesiones hidroeléctricas que emplean aguas de origen glaciar, totalizando 4,548.88 MW de capacidad instalada, es decir, el 28% de la capacidad de generación eléctrica nacional. Tabla 1.



Mapa 4. Hidrografía del ámbito de influencia de las cordilleras con cobertura glaciar.



Mapa 5. Zonas sísmicas del ámbito de influencia de las cordilleras con cobertura glaciar.

Tabla 1: Concesiones hidroeléctricas en cuencas con influencia glaciar

Nº	Central hidroeléctrica	Titular de la Concesión	Potencia Instalada (MW)	Ubicación
1	MANTARO (SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO)	ELECTROPERU S.A.	798.00	HUANCAMELICA
2	CERRO DEL ÁGUILA	KALLPA GENERACIÓN S.A.	535.00	HUANCAMELICA
3	CHAGLLA	EMPRESA DE GENERACIÓN HUALLAGA S.A.	456.00	HUÁNUCO
4	HUINCO	ENEL GENERACIÓN PERÚ S.A.A.	258.40	LIMA
5	CAÑON DEL PATO	ORAZUL ENERGY PERÚ S.A.	256.55	ANCASH
6	G1 EL PLATANAL	COMPAÑÍA ELÉCTRICA EL PLATANAL S.A.	220.00	LIMA
7	RESTITUCION	ELECTROPERU S.A.	210.40	HUANCAMELICA
8	CHEVES	STATKRAFT PERÚ S.A.	168.20	LIMA
9	CHIMAY	CHINANGO S.A.C.	149.00	JUNÍN
10	CHARCANI V	EGASA	135.00	AREQUIPA
11	YUNCAN	ENGIE ENERGÍA PERÚ S.A.	130.00	PASCO
12	MATUCANA	ENEL GENERACIÓN PERÚ S.A.A.	120.00	LIMA
13	QUITARACSA I	ENGIE ENERGÍA PERÚ S.A.	112.00	ANCASH
14	SAN GABÁN II	EMPRESA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA SAN GABÁN S.A.	110.00	PUNO
15	YAUPI	STATKRAFT PERÚ S.A.	108.00	JUNIN y PASCO
16	SANTA TERESA	LUZ DEL SUR S.A.A.	98.10	CUSCO
17	MACHUPICCHU	EGEM S.A.	91.40	CUSCO
18	HUANZA	EMPRESA DE GENERACIÓN HUANZA S.A. - EMGHUANZA	90.60	LIMA
19	CALLAHUANCA	ENEL GENERACIÓN PERÚ S.A.A.	80.65	LIMA
20	MOYOPAMPA	ENEL GENERACIÓN PERÚ S.A.A.	63.00	LIMA
21	MALPASO	STATKRAFT PERÚ S.A.	54.40	JUNIN y PASCO
22	YANANGO	CHINANGO S.A.C.	40.50	JUNÍN
23	CAHUA	STATKRAFT PERÚ S.A.	39.60	LIMA y ANCASH
24	HUAMPANI	ENEL GENERACIÓN PERÚ S.A.A.	31.36	LIMA
25	RUCUY	EMPRESA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA RÍO BAÑOS S.A.C.	20.00	LIMA
26	RUNATULLO III	EMPRESA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DE JUNÍN S.A.C.	20.00	JUNÍN
27	CHANCAY	SINDICATO ENERGÉTICO	19.20	LIMA
28	RUNATULLO II	EMPRESA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DE JUNÍN S.A.C.	19.10	JUNÍN
29	MARAÑÓN	CELEPSA RENOVABLES SOCIEDAD COMERCIAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADA	18.40	HUÁNUCO
30	HUANCHOR	HIDROELÉCTRICA HUANCHOR S.A.C	16.20	LIMA
31	YARUCAYA	HUAURA POWER GROUP S.A.	15.00	LIMA
32	CHARCANI IV	EGASA	14.40	AREQUIPA
33	CARPAPATA III	GENERACIÓN ELÉCTRICA ATOCONGO S.A.	12.80	JUNÍN
34	PACHACHACA	STATKRAFT PERÚ S.A.	12.00	JUNIN
35	LA JOYA	GENERADORA DE ENERGÍA DEL PERÚ S.A.	9.60	AREQUIPA
36	SANTA CRUZ II	HIDROELÉCTRICA SANTA CRUZ S.A.C.	6.00	ANCASH
37	SANTA CRUZ I	HIDROELÉCTRICA SANTA CRUZ S.A.C.	5.90	ANCASH
38	YANAPAMPA	ELECTRICA YANAPAMPA S.A.C.	4.12	ANCASH
TOTAL			4548.88	

2.8. ECOSISTEMAS DE MONTAÑA

El territorio de los Andes peruanos presenta en forma general seis tipos de ecosistemas que cumplen funciones ecosistémicas de gran trascendencia dentro de sus áreas de influencia. Estos ecosistemas son: bofedales, bosque relicto altoandino, bosque xérico interandino, cardonal, matorral arbustivo y pajonal andino. El pajonal andino es el ecosistema que predomina notoriamente ya que ocupa casi el 38% del territorio, mientras que el porcentaje restante queda repartido entre los otros ecosistemas. También existe un porcentaje importante de matorral arbustivo que abarca el 27%.

La composición vegetal y las características edafológicas de los ecosistemas permiten que tengan especiales condiciones para la captación y almacenamiento de agua, siendo este uno de los principales servicios ecosistémicos que brinda en las zonas de influencia de las cordilleras glaciares. En términos de captación o absorción, buena parte de este recurso proviene de la fusión glaciar y otro tanto llega a través de las lluvias y la niebla, que es atrapada por la vegetación, principalmente por el *Polylepis* sp. que es una especie representativa de las cordilleras andinas.

2.9. POBLACIÓN Y CULTURA

La población peruana, según cifras oficiales del INEI, va de 25'983,588 habitantes en el año 2000 a 31'151,643

habitantes en el año 2015. En dieciséis años se ha incrementado en 5'168,055 habitantes. Gráfico 2.

Tomando como referencia el año 2015 (INEI), se ha estimado que en las áreas de influencia de las cordilleras habitan 2'971,974 personas, lo que representa el 10% de la población nacional, con un promedio de dieciocho habitantes por kilómetro cuadrado, esto evidencia que las cordilleras, en general, tienen baja densidad poblacional. A todo esto, se estima que 1.4 millones de personas viven de la agricultura en los Andes peruanos, y constituyen el 63.9% del total de productores agrícolas del país (MINAM, 2015). Sin embargo, hay que tener en cuenta que, en las cordilleras del Perú, como país históricamente multiétnico, conviven poblaciones de origen indígena, mestiza y criolla, a las que se han sumado las europeas, africanas y asiáticas.

De otro lado, las montañas del Perú han dado origen a uno de los centros culturales de desarrollo más importantes del mundo consolidando así la cultura Inca, constituyéndose en una de las reservas de sabiduría del planeta. Sin embargo, los antecedentes de la civilización andina, provienen desde la presencia del hombre de Guitarrero, pasando por Caral, Chavín, Mochica-Chimú, Wari, Paracas, Tiahuanacos, entre otros, hasta la presencia de los incas. Todo este devenir constituyó un desarrollo cultural, que además de contribuir con conocimientos propios, han desarrollado tecnologías y productos agrícolas salvando millones de vidas.

Año	Población
2000	25,983,588
2001	26,366,533
2002	26,739,379
2003	27,103,457
2004	27,460,073
2005	27,810,540
2006	28,151,443
2007	28,481,901
2008	28,807,034
2009	29,132,013
2010	29,461,933
2011	29,797,694
2012	30,135,875
2013	30,475,144
2014	30,814,175
2015	31,151,643

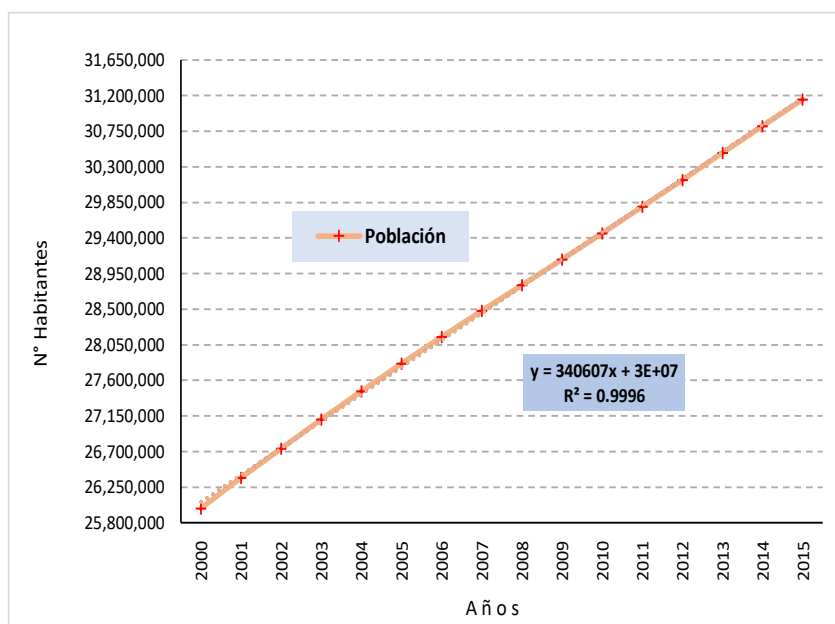


Gráfico 2. Población Nacional del 2000 al 2015

CAPITULO III

RESULTADOS GLOBALES DEL INVENTARIO NACIONAL DE LAS CORDILLERAS GLACIARES

La comunidad internacional científica, durante el desarrollo del Decenio Hidrológico Internacional (1965–1974), recomendó la realización de un inventario mundial de glaciares, dándose así inicio a la realización de los mismos. La Comisión Internacional de Nieves y Hielos (ICSI, por sus siglas en inglés) de la Asociación Internacional de Ciencias Hidrológicas, con auspicio de la UNESCO, realizó el Inventario Mundial de Glaciares. La Escuela Politécnica Federal de Zúrich, fue la entidad encargada de coordinar y normar este esfuerzo científico, con los objetivos de recolectar información de todos los países que cuentan con áreas glaciares y conocer la reserva de agua dulce de la Tierra, cuya propuesta se mantiene vigente.

En el Perú, el primer inventario de glaciares se inició en la División de Glaciología y Seguridad de Lagunas de la Corporación Peruana del Santa (CPS), en la ciudad de Huaraz, en convenio con el Secretariado Técnico Temporal para el Inventario Mundial de Glaciares, con el propósito de dar a conocer la extensión y variación de la cobertura glaciar. El Inventario de las Cordilleras Glaciares del Perú, ha sido confeccionado de acuerdo a la metodología que se describe a continuación.

3.1. METODOLOGÍA

Se han seguido las pautas establecidas en el *Manual Metodológico de Inventario Nacional de Glaciares* (INAIGEM, 2017). Se mapearon y caracterizaron los parámetros básicos de la superficie glaciar al 2016 a partir de seis etapas: (I) recopilación de información geoespacial, (II) procesamiento, (III) mapeo de glaciares, (IV) caracterización de glaciares, (V) elaboración del documento técnico y (VI) publicación, todo ello, basados en técnicas de teledetección y Sistemas de Información Geográfica (SIG). A continuación, se muestra el diagrama de procesos para la elaboración del presente documento (Figura 1).

Etapas I: recopilación de información geoespacial

Los datos adquiridos en formato vectorial fueron: ríos, cotas, señales geodésicas, centros poblados (IGN), vías de comunicación terrestre (MTC), lagunas (MINAGRI-ANA) y límites de las áreas naturales protegidas (MINAM-SERNANP). Se trabajó con Modelos Digitales de Elevación (MDE) de resolución espacial 12.5 m obtenidos de las imágenes ALOS-PALSAR; a partir de este modelo se obtuvieron los siguientes derivados: curvas de nivel, modelo de sombras, orientación y pendiente. Se emplearon también imágenes satelitales Sentinel 2 a nivel 1C (L1C) con corrección geométrica y valores de reflectancia al tope de la atmósfera (TOA), teniendo en cuenta en la selección los siguientes elementos: la mínima presencia de nubes, escasa o nula cobertura de eventos nivales temporales y teniendo como año base el

2016; asimismo, se utilizaron las imágenes satelitales de alta resolución del proyecto Google Earth para los hielos cubiertos por detritos o escombros. Tabla 2.

Etapas II: procesamiento

A las imágenes de satélite Sentinel 2, en algunos casos se les aplicó un procedimiento correctivo, es decir, una optimización de los valores de reflectancia y de visualización en caso de neblinas, a lo que se denomina reflectancia debajo de la atmósfera (BOA), obteniendo un nivel 2A (L2A); pero en general, se trabajó con el nivel 1C. Figura 2.

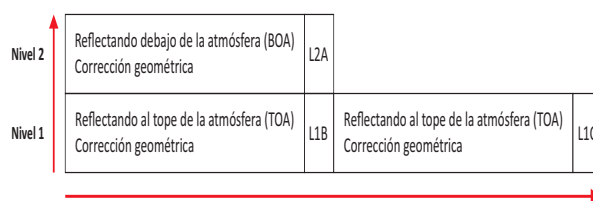


Figura 2. Niveles de procesamiento de Sentinel 2

Otra operación fue la disminución de la resolución espacial de la banda 11 (onda corta infrarroja) desde 20 m a 10 m según las bandas 2, 3, 4 y 8 (Tabla 3) y así aplicar el NDSI con las bandas homogéneas.

Bandas Sentinel-2												
Número de banda	1	2	3	4	5	6	7	8	8a	9	10	11
Longitud de onda central	443	490	560	665	705	740	783	842	865	940	1375	1610
Resolución espacial	60	10	10	10	20	20	20	10	20	60	60	20

Tabla 3. Bandas espectrales de Sentinel 2

Tabla 2. Listado de imágenes de satélite.

Grupo o Cordillera	Fecha	Código de imagen / fuente	Resolución espacial (m)	Nivel	Área utilizada (%)
Blanca	28/07/2016	S2A_OPER_MSI_L1C_TL_MTI__20160728T215553_A005742_T17	10 y 20	L1C	2.52
	15/11/2016	S2A_OPER_MSI_L1C_TL_SGS__20161115T202633_A007315_T17	10 y 20	L1C	2.41
	28/07/2016	S2A_OPER_MSI_L1C_TL_MTI__20160728T215553_A005742_T18	10 y 20	L1C	28.86
	15/11/2016	S2A_OPER_MSI_L1C_TL_MTI__20161115T215249_A007315_T18	10 y 20	L1C	60.61
		Google Earth y Bing Maps	-	-	5.59
Huallanca	18/06/2016	S2A_OPER_MSI_L1C_TL_MTI__20160618T215428_A005170_T18	10 y 20	L1C	0.22
	15/11/2016	S2A_OPER_MSI_L1C_TL_MTI__20161115T215249_A007315_T18	10 y 20	L1C	99.41
		Google Earth	-	-	0.37
Huayhuash	17/08/2016	S2A_OPER_MSI_L1C_TL_MTI__20160728T215553_A005742_T18	10 y 20	L1C	33.72
	15/11/2016	S2A_OPER_MSI_L1C_TL_MTI__20161115T215249_A007315_T18	10 y 20	L1C	56.15
	28/07/2016	S2A_OPER_MSI_L1C_TL_MTI__20160817T215454_A006028_T18	10 y 20	L1C	6.26
		Google Earth	-	-	3.87
Raura	13/09/2016	S2A_OPER_MSI_L1C_TL_MTI__20160913T214558_A006414_T18	10 y 20	L1C	2.12
	12/11/2016	S2A_OPER_MSI_L1C_TL_MTI__20161112T214417_A007272_T18	10 y 20	L1C	38.98
	15/11/2016	S2A_OPER_MSI_L1C_TL_MTI__20161115T215249_A007315_T18	10 y 20	L1C	57.11
		Google Earth	-	-	1.79
Huagoruncho	13/09/2016	S2A_OPER_MSI_L1C_TL_MTI__20160913T214558_A006414_T18	10 y 20	L1C	60.03
	12/11/2016	S2A_OPER_MSI_L1C_TL_MTI__20161112T214417_A007272_T18	10 y 20	L1C	39.71
		Google Earth	-	-	0.26
La Viuda	13/09/2016	S2A_OPER_MSI_L1C_TL_MTI__20160913T214558_A006414_T18	10 y 20	L1C	35.44
	12/11/2016	S2A_OPER_MSI_L1C_TL_MTI__20161112T214417_A007272_T18	10 y 20	L1C	56.40
		Google Earth	-	-	8.16
Huaytapallana	13/09/2016	S2A_OPER_MSI_L1C_TL_MTI__20160913T214558_A006414_T18	10 y 20	L1C	88.13
	12/11/2016	S2A_OPER_MSI_L1C_TL_MTI__20161112T214417_A007272_T18	10 y 20	L1C	11.61
		Google Earth	-	-	0.26
Central	13/09/2016	S2A_OPER_MSI_L1C_TL_MTI__20160913T214558_A006414_T18	10 y 20	L1C	0.86
	12/11/2016	S2A_OPER_MSI_L1C_TL_MTI__20161112T214417_A007272_T18	10 y 20	L1C	94.20
		Google Earth y Bing Maps	-	-	4.94
Chonta	13/09/2016	S2A_OPER_MSI_L1C_TL_MTI__20160913T214558_A006414_T18	10 y 20	L1C	100.00
Vilcabamba	14/01/2016	S2A_OPER_MSI_L1C_TL_MTI__20160114T195530_A002939_T18	10 y 20	L1C	25.07
	12/06/2016	S2A_OPER_MSI_L1C_TL_MTI__20160612T213332_A005084_T18	10 y 20	L1C	18.62
	2/07/2016	S2A_OPER_MSI_L1C_TL_MTI__20160702T213420_A005370_T18	10 y 20	L1C	22.92
	31/08/2016	S2A_OPER_MSI_L1C_TL_MTI__20160831T213213_A006228_T18	10 y 20	L1C	23.65
	29/07/2016	S2A_OPER_MSI_L1C_TL_SGS__20160729T200057_A005756_T18	10 y 20	L1C	4.38
		Google Earth y Bing Maps	-	-	5.36
Urubamba	3/05/2016	S2A_OPER_PVI_L1C_TL_SGS__20160503T214932_A004512_T18	10 y 20	L1C	18.28
	10/05/2016	S2A_OPER_PVI_L1C_TL_SGS__20160510T200611_A004612_T18	10 y 20	L1C	14.77
	30/05/2016	S2A_OPER_PVI_L1C_TL_SGS__20160530T195530_A004898_T18	10 y 20	L1C	48.31
	29/07/2016	S2A_OPER_PVI_L1C_TL_SGS__20160729T200057_A005756_T18	10 y 20	L1C	5.37
	17/09/2016	S2A_OPER_PVI_L1C_TL_SGS__20160917T195316_A006471_T18	10 y 20	L1C	10.35
		Google Earth	-	-	2.91

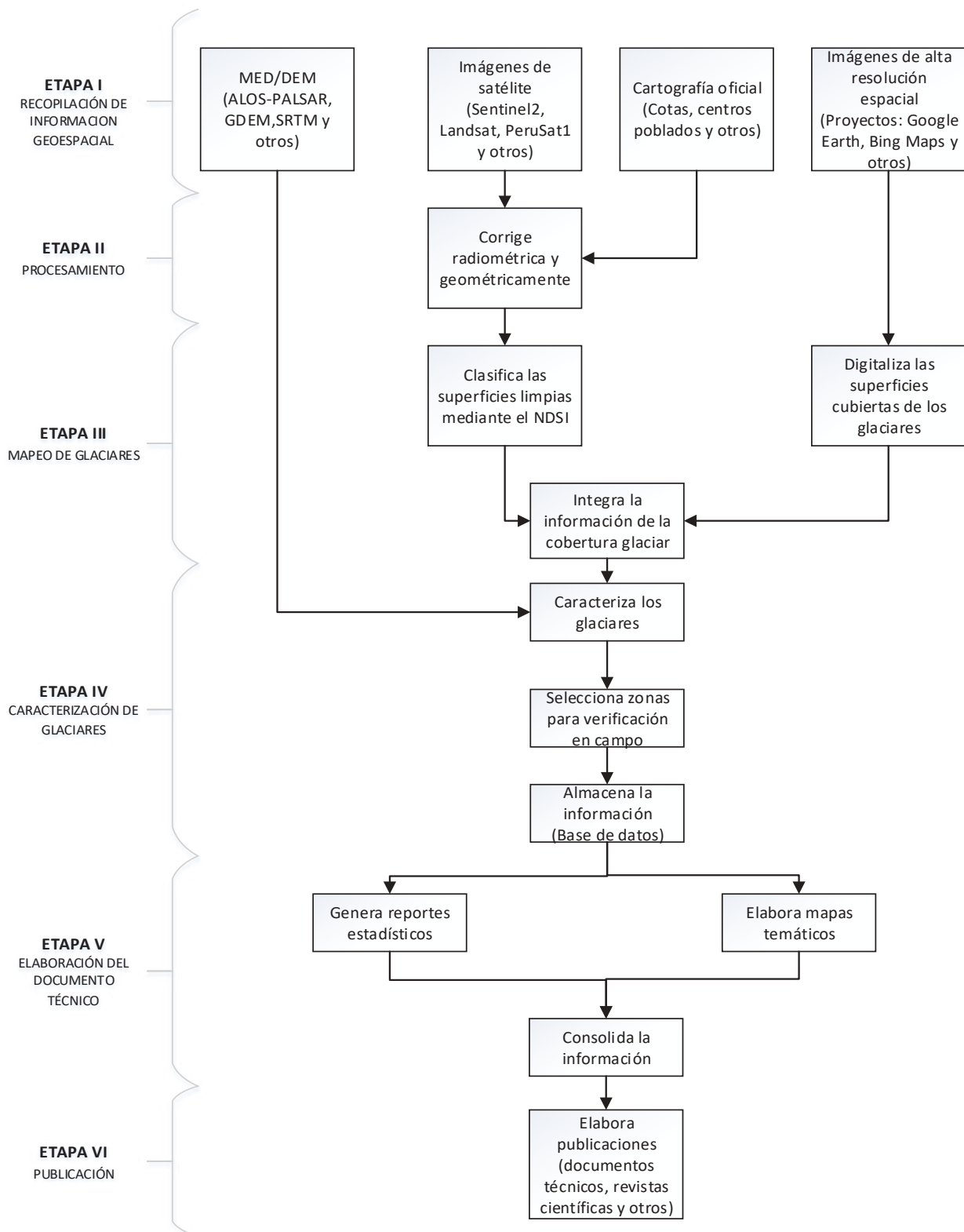


Figura 1. Procesos para la generación de información de superficie glaciar.

Etapa III: mapeo de glaciares

El índice normalizado de diferenciación de nieve (Normalized Difference Snow Index – NDSI) desarrollado por (Dozier, 1989), permitió la detección automática de la cobertura glaciar libre de detritos y escombros, en base a un umbral promedio mayor a 0.4, no obstante, en algunos casos el umbral se tuvo que variar para poder mejorar la clasificación automática. Para el caso de las superficies glaciares cubiertas por material de detritos o escombros, se digitalizó de manera directa usando las imágenes satelitales de alta resolución del proyecto Google Earth. El área mínima cartografiable es de 0.005 km².

La depuración de aquellas superficies que abarcaban algunas lagunas en contacto con masas glaciares se analizó tanto de manera automática, mediante el índice normalizado de agua (Normalized Difference Water Index - NDWI), como de manera manual, mediante depuración directa. Respecto a las superficies con eventos nivales temporales, se interpretaron a través del análisis multitemporal desde imágenes Sentinel 2 y Landsat en sus diferentes períodos.

Etapa IV: caracterización de glaciares

Se generó una base de datos que contempla información gráfica y alfanumérica relacionada al inventario de glaciares (tipo de glaciar, código de imagen, área, altitud, orientación y pendiente a nivel de cordillera).

Etapa V: elaboración del documento técnico

Validada la cobertura glaciar, se elaboraron los mapas temáticos a escala variable de impresión, en formatos A3 y A4 haciendo uso de la información recopilada en la Etapa I.

Etapa VI: publicación

La publicación del inventario pone a disposición la información obtenida a los organismos técnicos y políticos del gobierno Central, Regional y Local; a la academia y a la comunidad científica; y puede ser motivo de publicación en revistas indexadas nacionales o internacionales.

3.2. RESULTADO NACIONAL DEL INVENTARIO

La cadena montañosa de los Andes atraviesa el territorio peruano de Sur a Norte, dicha cadena ha sido dividida en tres grandes áreas territoriales de acuerdo con los criterios geológico-morfológicos. Son las siguientes:

Zona Norte

Conformada por las cordilleras Blanca, Huallanca, Huayhuash y Raura. La pérdida de glaciares en esta área es bastante menor que en la del centro y la del sur debido a la presencia de la Cordillera Blanca (cuenta con la mayor superficie glaciar del Perú), convirtiéndose así en la zona donde los Andes peruanos tienen la menor reducción glaciar del orden del 40.11%. (Gráfico 3). Es importante mencionar que las implicancias en la afectación y disminución de la reserva de agua se reflejan en ciudades como Trujillo (La Libertad) y Chimbote (Ancash). Además, el recurso hídrico de la Cordillera Blanca se utiliza para cultivos y en proyectos agro-industriales de importancia nacional como Chavimochic y Chincas, así como en las hidroeléctricas del Cañón del Pato, Santa Cruz y Quitaracsa, entre otras. La reducción glaciar en la zona norte afecta directamente a los departamentos de Ancash, Lima, Huánuco, Pasco e indirectamente a La Libertad.

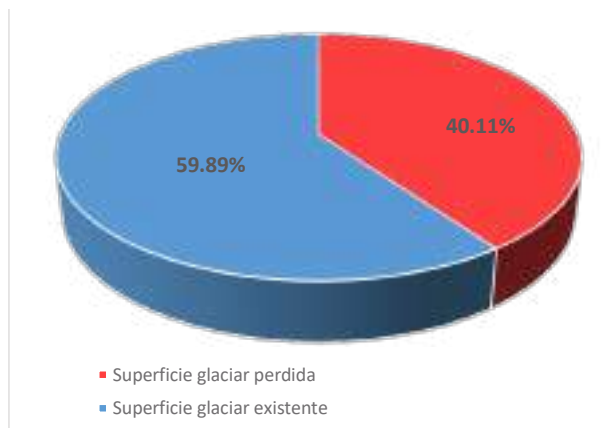


Gráfico 3. Reducción glaciar en los Andes de la zona norte.

Zona Centro

Conformada por las cordilleras La Viuda, Central, Chonta, Huagoruncho y Huaytapallana. La pérdida de glaciares en esta zona es mucho mayor que en la zona sur, convirtiéndose en el área de los Andes peruanos con mayor reducción de superficie glaciar, registrando así una pérdida promedio de 70.37%. Estas pérdidas se reflejan en la escasez de agua ocasionada en la ciudad más grande del Perú, la ciudad de Lima, que alberga un tercio de la población total; además de las ciudades de Huancayo y La Oroya (Junín), Huánuco (Huánuco) y Cerro de Pasco (Pasco).

Las implicancias de la reducción glaciar en el desarrollo de estos departamentos, se está reflejando negativamente en rasgos como: menor productividad, escasez de oportunidades y la migración poblacional hacia las grandes ciudades como Lima, Ica y Huancayo. Gráfico 4.



Gráfico 4. Reducción glaciaria en los Andes de la zona centro.

Zona Sur

Conformada por las cordilleras Ampato, Huanzo, Chila, Vilcabamba, La Raya, Urubamba, Vilcanota, Carabaya y Apolobamba. La pérdida de glaciares en esta zona es elevada, convirtiéndose en la segunda zona de los Andes peruanos con mayor reducción de superficie glaciar. Así, se registra en promedio una pérdida de 59.68%; esta reducción afecta directamente a ciudades de los departamentos de Arequipa, Puno, Apurímac y Cusco, y de forma indirecta a ciudades como Moquegua,

Nazca, Tacna e Ilo, donde claramente se evidencia una disminución del recurso hídrico. Gráfico 5.



Gráfico 5. Reducción glaciaria en los Andes de la zona sur.

En nuestro país, se han identificado dieciocho cordilleras con cobertura glaciar, las mismas que se indican en la Tabla 4 y Figura 3, mientras que en la Tabla 5, se muestran los resultados de los inventarios por cordillera glaciar al 2016.

En cada cordillera, se representan superficies glaciares libres de detritos o escombros, y glaciares cubiertos. Figura 4.

Tabla 4. Cordilleras glaciares por zonas, ramal y departamentos

N°	Cordillera	Zona	Ramal	Departamentos
1	Blanca	Cordilleras del norte	Occidental	Ancash
2	Huallanca		Occidental	Ancash
3	Huayhuash		Occidental	Ancash, Huanuco y Lima
4	Raura		Occidental	Huanuco, Lima y Pasco
5	Huagoruncho	Cordilleras del centro	Oriental	Huanuco y Pasco
6	La Viuda		Occidental	Junín, Lima y Pasco
7	Central		Occidental	Junín y Lima
8	Huaytapallana		Central	Junín
9	Chonta		Occidental	Huancavelica y Junín
10	Ampato	Cordilleras del sur	Occidental	Arequipa
11	Vilcabamba		Oriental	Cusco
12	Urubamba		Central	Cusco y Apurímac
13	Huanzo		Occidental	Arequipa, Apurímac y Cusco
14	Chila		Occidental	Arequipa
15	La Raya		Oriental	Cusco y Puno
16	Vilcanota		Oriental	Cusco y Puno
17	Carabaya		Oriental	Cusco y Puno
18	Apolobamba		Oriental	Puno



Figura 3. Las 18 cordilleras glaciares del Perú.

Tabla 5. Resultados del inventario por cordillera glaciar al 2016

CORDILLERA	HIDRANDINA S.A., 1989			CONAM, 2001		MINAGRI - ANA, 2014		INAIGEM, 2018		HIDRANDINA S.A., REALIZADO POR INAIGEM, 2016 & INAIGEM, 20183	
	CORPORACIÓN PERUANA DEL SANTA & ELECTROPERU			INSTITUTO NACIONAL DE GLACIARES Y GEOAMBIENTE		UNIDAD DE GLACIOLOGÍA Y RECURSOS HIDRICOS		DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN EN GLACIARES			
	(1)			(2)		(3)		(4)		(5)	
Nº	NOMBRE	Año de la fotografía aérea	Área glaciar (km²)	Año de imagen satelital	Área glaciar (km²)	Año de imagen satelital	Área glaciar (km²)	Año de imagen satelital	Área glaciar (km²)	Pérdida de superficie (km²)	Reducción del área glaciar (%)
1	Blanca	1962	723.37	1962/1975	726.26	1997	611.48	2003	527.62	277.45	38.20
2	Huallanca	1962	20.91	1962/1975	21.05	1997	17.64	2007	7.01	15.81	75.11
3	Huayhuash	1962	84.97	1962/1975	86.89	1997	71.68	2007	55.27	33.83	38.93
4	Raura	1962	55.20	1962/1975	55.31	1997	28.92	2007	28.34	29.69	53.68
5	Huagoruncho	1962	23.40	1962/1976	23.70	1997	13.38	2009	9.71	16.12	68.02
6	La Viuda	1962	28.60	1962	28.60	1997	14.99	2007	6.03	24.76	86.57
7	Central	1962	116.65	1962/1975-1978	117.20	1997	79.32	2007	51.91	74.76	63.79
8	Huaytapallana	1962	59.08	1962/1984	68.05	1997	37.57	2009	26.40	46.63	68.52
9	Chonta	1962	17.85	1962	17.85	1997	9.35	2009	1.40	17.46	97.82
10	Ampato	1955	146.73	1955	146.73	1997	99.78	2010	60.96	96.68	65.89
11	Vilcabamba	1962	37.74	1962/1975	261.45	1997	25.66	2009	129.15	160.45	61.37
12	Unubamba	1962	41.48	1962/1975	76.16	1997	28.21	2009	26.39	52.62	69.09
13	Huanzo	1955	36.93	1955/1975	39.31	1997	25.11	2010	4.51	36.40	92.60
14	Chila	1955	33.89	1955	33.89	1997	23.05	2010	0.93	33.70	99.44
15	La Raya	1962	11.27	1962	11.27	1997	7.66	2010	3.06	9.37	83.14
16	Vilcanota	1962	418.43	1962/1975	495.05	1997	375.75	2009	279.40	239.61	48.40
17	Carabaya	1962	104.23	1962/1975	107.17	1997	70.88	2009	34.53	76.12	71.03
18	Apolobamba	1962	81.12	1962/1975	83.12	1997	55.16	2010	45.25	39.63	52.32
19	Volcánica *	-						2009	0.72		
20	Barroso *	-									
TOTAL			2,041.85		2,399.06		1,595.59		1,298.59	1,284.95	53.56

(1) Información trabajada por la Corporación Peruana del Santa y Electroperú, publicada por Hidrandina S.A. en 1989, no se logró cubrir en su totalidad las 20 cordilleras nevadas del Perú.

(2) Información reanalizada por INAIGEM con imágenes satelitales Landsat 2 MSS del año 1975, superficies no cubiertas en el primer inventario.

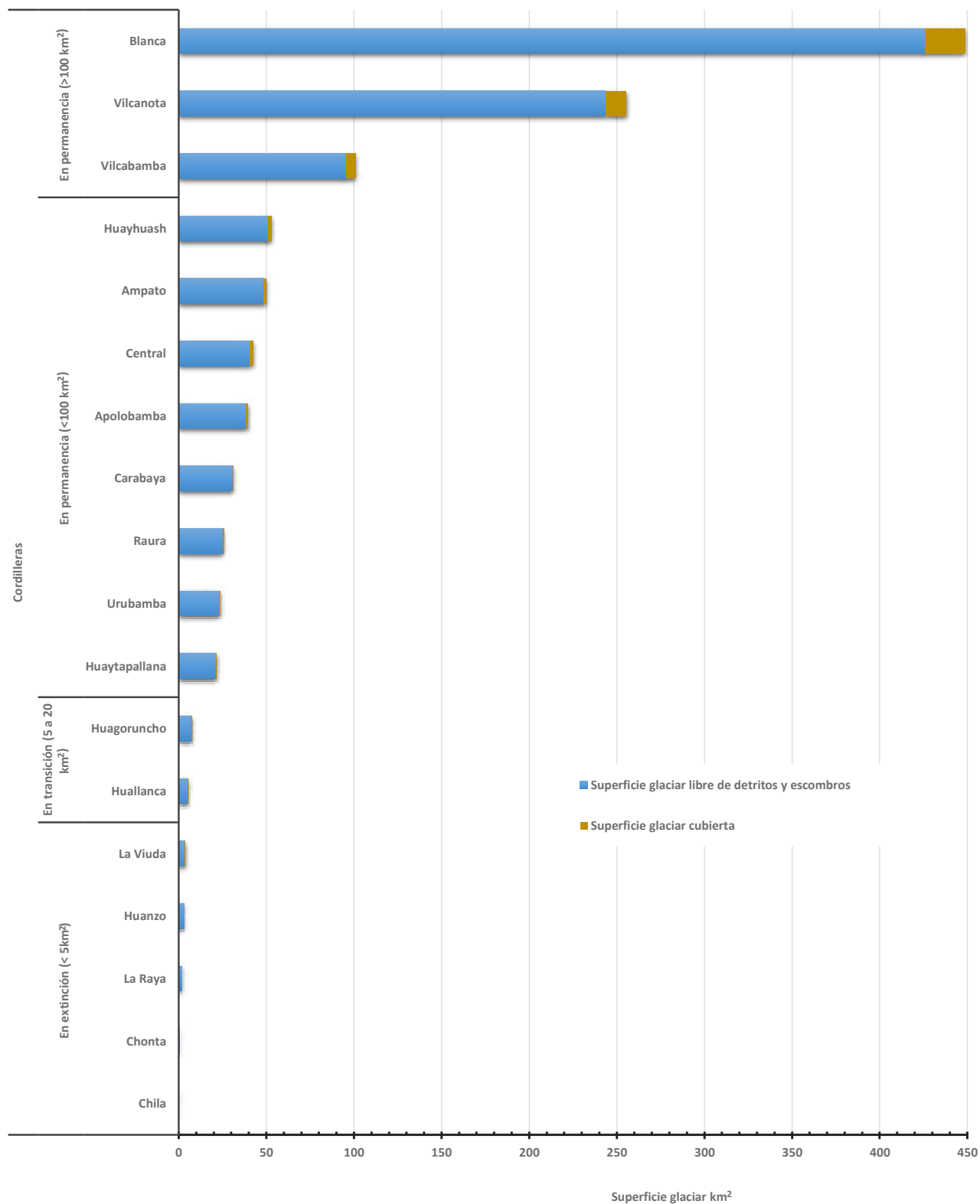
(3) Información trabajada por INAGGA desde 1997 con imágenes Landsat y publicada por CONAM en el 2001.

(4) Información trabajada por Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos de la ANA, desde 2003 y publicada en el 2014, en éste inventario se cubrió Cordillera Volcánica con imágenes Aster del 2009 en su totalidad, y en las demás cordilleras se utilizó Spot, Aster, Landsat y LISS III.

(5) Información trabajada por la Dirección de Investigación en Glaciares del INAIGEM, con imágenes Sentinel - 2 del 2016, las Cordilleras Volcánica y Barroso, consideradas extintas en el análisis multiespectral.

* Cordilleras Extintas

Figura 4. Distribución de cordilleras por la cantidad de superficie glaciar existente al 2016.



La reducción glaciar por cordilleras evidencia que tres cordilleras: Chonta, Huanzo y Chila, tienen una pérdida mayor al 90%. Dos de ellas: La Raya y La Viuda, mayor a 80%. Dos de ellas: Carabaya y Huallanca, superior al 70%. Seis de ellas: Ampato, Urubamba, Vilcabamba,

Central, Huaytapallana y Huagoruncho, superior al 60%. Dos de ellas: Apolobamba y Raura, superior al 50%. Tres de ellas: Vilcanota, Blanca y Huayhuash superior al 38%. (Gráfico 6). En general, se tiene una tasa de reducción del 53.56% en el ámbito nacional. Gráfico 6.

Gráfico 6. Reducción glaciar porcentual por cada cordillera.

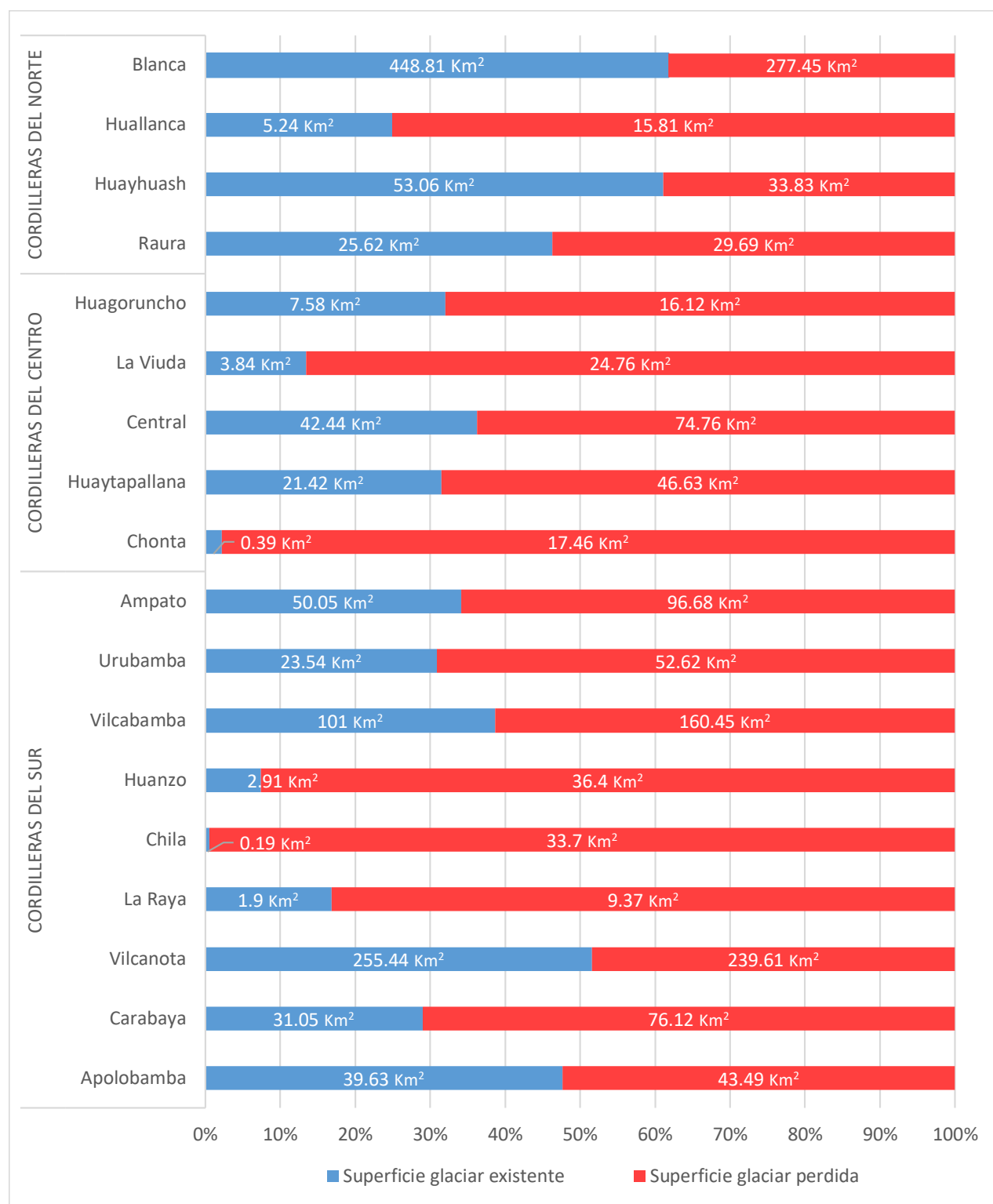


Tabla 6. Años estimados de extinción por Cordilleras

Cordilleras glaciares	Año estimado de desaparición de los glaciares
Chila	2021
Chonta	2023
La Viuda	2024
Huanzo	2024
La Raya	2031
Urubamba	2034
Carabaya	2038
Huallanca	2039
Huaytapallana	2040
Huagoruncho	2042
Vilcabamba	2042
Central	2048
Ampato	2052
Raura	2056
Apolobamba	2066
Vilcanota	2075
Huayhuash	2099
Blanca	2111

3.3. TENDENCIAS ESTIMADAS DE LA REDUCCIÓN DE LAS SUPERFICIES GLACIARES DEL PERÚ

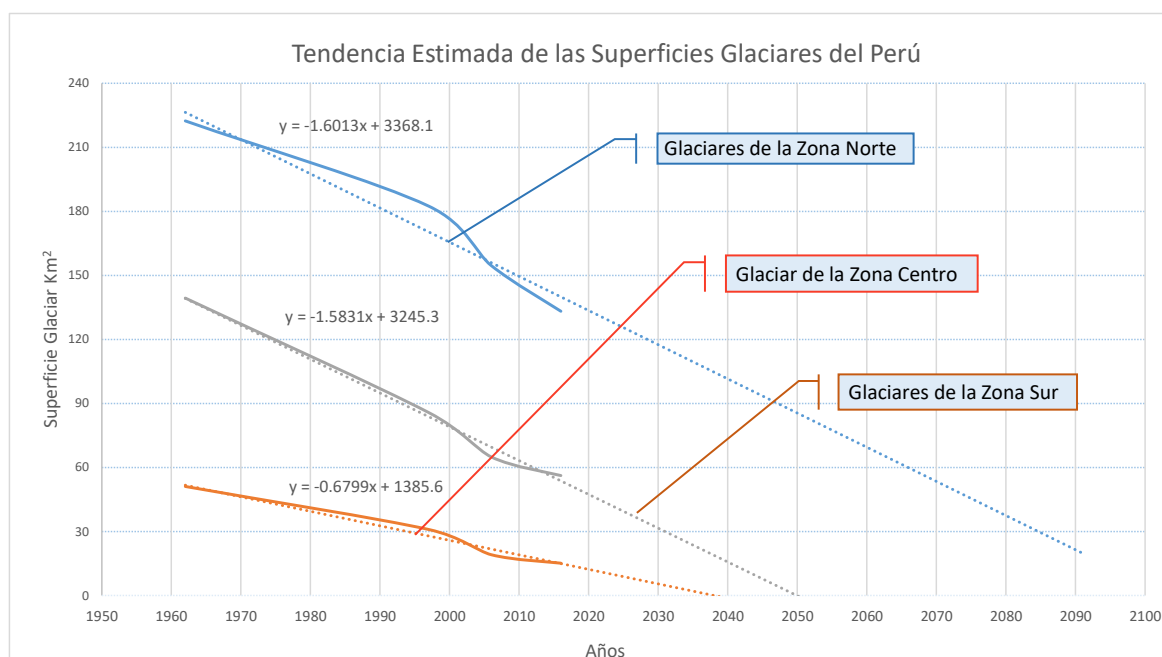
Para la estimación de la evolución de la superficie glaciar de las cordilleras del Perú, se ha utilizado información

de los diferentes inventarios; tales como el publicado por Hidrandina en 1989 (que luego sería reanalizado por el INAIGEM con imágenes satelitales del año 1975), por el CONAM (2001) y la ANA (2014), datos que nos han permitido estimar las tendencias de pérdida de las superficies glaciares por cada cordillera hasta su extinción. Los resultados nos muestran un escenario crítico en cuanto a la reducción de las masas glaciares, evidenciando el impacto negativo para el desarrollo de la nación.

Se ha realizado un análisis por zonas (norte, centro y sur) y por cordilleras, cuyos resultados han determinado un coeficiente de reducción de $-1.6013 \text{ km}^2/\text{año}$ para las cordilleras de la zona norte (Cordilleras Blanca, Huallanca, Huayhuash y Raura); un coeficiente de reducción de $-1.5831 \text{ km}^2/\text{año}$ para las cordilleras de la zona sur (Cordilleras Apolobamba, Carabaya, Vilcanota, Vilcabamba, Ampato, Urubamba, Chila, Huanzo y La Raya); y un coeficiente de reducción de $-0.6799 \text{ km}^2/\text{año}$ para las cordilleras de la zona centro (La Viuda, Chonta, Central, Huagoruncho y Huaytapallana). Gráfico 7.

De estos datos obtenidos por el análisis de la tasa de reducción en los períodos mencionados, se estima que los glaciares de las cordilleras del Perú se extinguirían alrededor del año 2100; teniendo en cuenta que el comportamiento de cada cordillera es distinto, dependiendo de las condiciones climáticas y características de los glaciares como cantidad de hielo y nieve, espesor y superficie, entre otros factores. Tabla 6.

Gráfico 7. Tendencia estimada de la reducción de las superficies glaciares del Perú



3.4. MEDIDAS DE ADAPTACIÓN BASADA EN ECOSISTEMAS DE MONTAÑA

Los ecosistemas de montaña en el Perú, desde la perspectiva de las ciencias naturales, han recibido diferentes nombres, pero siempre para referirse a una sola realidad: la cordillera de los Andes. En esta perspectiva, se consideran los territorios sobre los 1,500 m s.n.m. y se les denomina, de manera genérica, “región de la sierra”. Esta denominación abarca más de 30 millones de ha y representa el 20% de la superficie del Perú. Es el ecosistema que recorre de Norte a Sur el territorio nacional con una longitud de más de 2,000 km y cuyos habitantes (por encima de los 8 millones) constituyen poco menos del 30% de la población peruana.

Uno de los indicadores del cambio climático evidente es el incremento de la temperatura. Este hecho está afectando directamente a los glaciares provocando su retroceso, generando escasez de agua apta para su uso e incrementando aguas ácidas; todo ello, sumado a las acciones antrópicas, contribuye al deterioro de los ecosistemas de montaña, afectando los servicios ecosistémicos que estos brindan; así como también a los medios de vida de las poblaciones que se sostienen y benefician de dichos ecosistemas.

Las poblaciones afirman con claridad que: “Ya no llueve como antes, las heladas son más intensas, hay más plagas y enfermedades en los cultivos, ahora cosechamos menos, nuestros animales están flacos y enfermos, nuestros niños se enferman más seguido con la gripe y del estómago”.

Frente a estos problemas que derivan del cambio climático y que están presentándose ya de manera permanente, es necesario buscar alternativas de solución para que la población —moradora y beneficiaria de los ecosistemas de montaña— se pueda adaptar a nuevos escenarios. En este sentido, el INAIGEM tiene como estrategia intervenir los espacios geográficos de las subcuencas de origen glaciar, y dentro de ellas, priorizar trabajos sobre los 3,500 m s.n.m., así como en los siguientes ecosistemas de montaña: bosque andino, humedales (cochas y bofedales), pajonales, pradera nativa y plantaciones. Las investigaciones están generando conocimientos concretos y prácticos tanto a nivel científico como tecnológico, basados en el saber tradicional andino de sencilla aplicación, los cuales a su vez permiten la recuperación y conservación de los servicios ecosistémicos.

Se han considerado las siguientes medidas de adaptación:

a. **Gestión del agua:** Las investigaciones están orientadas a incrementar el volumen disponible y

mejorar la calidad del recurso hídrico en el marco del contexto social, económico y ambiental. Se han instalado puntos de monitoreo permanente del agua: 65 en la cuenca del río Santa (subcuencas de los ríos Blanco, Casca, Quillcay y Pachacoto) en Ancash; 7 en la cuenca del río Huarmey (subcuenca río Santiago) también en Ancash; y 23 en la cuenca del río Urubamba (subcuenca río Vilcanota) en el Cusco.

Las acciones más importantes son las siguientes:

- **Mecanismos de Retribución de los Servicios Ecosistémicos (MRSE):** Se ha firmado convenio con la Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento del Cusco – SEDACUSCO para ser parte del proyecto: *Plan de afianzamiento hídrico de la microcuenca Piuray, mediante la recuperación de los servicios ecosistémicos para la regulación hídrica en un contexto de cambio climático*. Se trata de una experiencia piloto en la que se está generando conocimiento científico con información dura sobre el incremento del líquido elemento disponible y la calidad del mismo. Relacionar estas acciones a través de una infraestructura verde implementada, permitirá medir y transparentar los compromisos y beneficios, tanto de los contribuyentes como de los retribuyentes. Es responsabilidad del INAIGEM la colecta de información, procesamiento, análisis y socialización de la información científica en la plataforma de los MRSE, conformada por contribuyentes y retribuyentes.
- **Siembra y cosecha de agua:** Así como existen varias prácticas de siembra de agua en funcionamiento, también existen recomendaciones sobre la necesidad de cuantificar la eficiencia y eficacia de cada una de ellas. El INAIGEM se encuentra desarrollando dichos trabajos por medio del aprovechamiento de parcelas ya implementadas y nuevas parcelas instaladas por la propia institución. Entre las prácticas se tiene: zanjías de infiltración, clausura de ecosistemas (bosques andinos, pajonales, praderas, bofedales, cochas, plantaciones), reforestación y terrazas de formación lenta. En cada una de las parcelas se tienen instalados diversos instrumentos como: pluviómetro, sensores de humedad volumétrica del suelo, temperatura y niveles de la napa freática. El INAIGEM busca generar evidencias científicas sobre la efectividad de estas prácticas, con base en los conocimientos locales y el uso de instrumentos para generar data histórica. Estas investigaciones se producen de manera compartida con las organizaciones de base y los propietarios de las parcelas. Todas las actividades de la investigación se desarrollan conjuntamente con la comunidad.

b. Conservación de la biodiversidad: Los Andes, la cadena montañosa tropical más larga del mundo, cruza longitudinalmente el territorio peruano y se eleva rápidamente a más de 6,000 m s.n.m., lo que proporciona una compleja combinación de climas, suelos y microambientes que sustentan una variada diversidad biológica y multiplicidad de ecosistemas. El Perú presenta una gran variedad genética de sus especies, dicha riqueza genética está asociado con un tesoro cultural que hace que el país se destaque por la diversidad de sus productos: posee la mayor diversidad de papas del mundo —con cerca de 3,000 variedades— 55 razas de maíz y 36 granos andinos. Por otra parte, tiene cinco tipos de animales domésticos: la alpaca, forma doméstica de la vicuña (*Lama vicugna*), cruzada con llama; la llama, forma doméstica del guanaco (*Lama guanicoe*); el cuy (*Cavia porcellus*) —forma doméstica del poronccoy (*Cavia tschudii*)— y la cochinilla (*Dactylopius coccus*). Como se puede apreciar, la biodiversidad tiene aportes decisivos en la alimentación de las poblaciones, sean estas rurales o urbanas (MINAM, 2014).

El INAIGEM continúa trabajando en la conservación de la biodiversidad de especies arbóreas del bosque andino como la queñua, quenua o quinal (*Polylepis* sp.), el hapru (*Gynoxis* sp.), el quishuar (*Buddleja incana*), el colle (*Buddleja coriacea*) y el aliso (*Alnus acuminata*). No son la excepción las especies forrajeras de los ecosistemas bofedal y pajonal. Dentro del ecosistema humedal (*bofedal y cochas*), se está investigando la producción y manejo del cushuro (*Nostoc* sp.), alga de alto valor nutritivo debido a que en su composición cuenta con 29% de proteínas (mientras que el cuy solo contiene 19%). Asimismo, como asunto asociado a los ecosistemas de montaña, se posee material genético de papas nativas que están siendo probadas —como parte de las medidas de adaptación al cambio climático— en su resistencia a plagas, heladas y sequías.

La conservación de la biodiversidad se está tratando en el marco de los ecosistemas priorizados (bosque andino, humedales —cochas y bofedales—, pajonales, pradera nativa y plantaciones). Esta conservación contempla el manejo y relación entre dichos elementos y un tratamiento estratégico que implica la interrelación del paisaje, el aspecto individual del ser humano, la familia, la población y la institucionalidad. De no trabajarse la investigación bajo esta visión integral, participativa e inclusiva, los resultados no serán aplicados ni apropiados para la población que vive y/o se beneficia de dichos ecosistemas.

c. Cambio de uso del suelo: En las últimas décadas, las zonas ocupadas por ecosistemas de pajonal han

sido reemplazadas fundamentalmente por cultivos, pasturas implantadas y forestaciones. Se estima que por año fueron 4 millones de ha de vegetación natural las que se destinaron a la agricultura. El Perú tiene el compromiso de país, frente al cambio climático, de restaurar 3'200,000 ha de áreas degradadas. *El Plan Nacional de Desarrollo Ganadero al 2027*, contempla implantar para el 2017 una cantidad de 25,000 ha, esto significa, en líneas generales, cambiar el uso de suelos por pajonales.

La comunidad campesina de Cátac, ubicada en el distrito de Cátac y la provincia de Recuay, en la región Ancash, ha cedido al INAIGEM 90 ha del ecosistema de pajonales para que conjuntamente con la comunidad, se desarrolle una investigación aplicada. Son 900 familias (900 socios activos) las que se están beneficiando directamente dentro de la organización comunal y a nivel familiar. Asimismo, se están investigando prácticas que puedan reducir los impactos del cambio de uso del suelo sobre los servicios ecosistémicos, entre ellas, la rotación de cultivos, el mantenimiento de material genético de papa nativa y chocho, la rotación de pasturas, la clausura de áreas naturales, la eficiencia del riego tecnificado, el manejo forestal, etcétera. Hablamos de un centro piloto cuyos resultados contribuyen como referencia a nivel local, regional y nacional.

d. Protección y conservación de bosques andinos: Actualmente, a altitudes por encima de los 3,000 y 3,500 m s.n.m., la vegetación de los Andes centrales está compuesta por zonas agrícolas, pastizales y zonas arbustivas. Los árboles son escasos y están principalmente representados por especies introducidas de los géneros *Eucalyptus* y *Pinus*. Los bosques naturales son escasos y están restringidos a localidades especiales como laderas rocosas o quebradas. En estos relictos de bosques predominan especies del género *Polylepis* (quenua o quinal), *Gynoxis* (hapru), *Buddleja* (quishuar y colle), *Alnus* (aliso), *Podocarpus* (intimpa), *Eriotheca* (paty), *Puya* (puya) y *Escallonia* (chachacomo). Los bosques se encuentran soportando una gran presión por parte de los habitantes, quienes encuentran en ellos su principal fuente energética, utilizando el suelo para actividades agrícolas y el sobrepastoreo. Estas actividades desestabilizan el sistema natural y generan un peligroso desequilibrio ecológico que expone a los bosques a su posible exterminación. Asimismo, es importante el papel que cumplen los bosques en la protección de las cabeceras de cuenca contra el proceso erosivo y la regulación hídrica. Se viene investigando sobre la recuperación y conservación de este ecosistema mediante clausura, propagación, reforestación, manejo, rodales y semilleros.

e. **Gestión de riesgos hidrometeorológicos:** Los efectos del cambio climático están repercutiendo sobre los medios de vida de las poblaciones. Como se ha manifestado, actualmente la frecuencia e intensidad de las heladas, sequías, huaycos, plagas y enfermedades van en aumento. El INAIGEM se encuentra trabajando la información histórica por subcuenca con parámetros como precipitación, temperatura y humedad, con la intención de elaborar umbrales y poder contar a futuro con sistemas de alerta temprana para los agricultores; toda una estructura que les permitan adaptarse a nuevos escenarios del cambio climático. Dicho desarrollo del conocimiento científico se edifica en paralelo con el conocimiento local sobre indicadores y efectos del cambio climático.

f. **Restauración de ecosistemas con enfoque de paisaje:** Son aproximadamente mil millones de personas —es decir, el 15% de la población del planeta— las que viven en áreas degradadas y se estima que un tercio de la población mundial padece los efectos de la degradación de las tierras. La degradación de las tierras se define generalmente como el proceso de *declive persistente* en la provisión de bienes y servicios del ecosistema, incluidos los bienes y servicios biológicos e hídricos, además de los relacionados con la esfera de lo social y lo económico (Berrahmouni, Parfondry, Regato, & Sarre, 2015).

Es a través de la investigación que el INAIGEM está generando conocimiento científico y tecnológico sobre restauración de paisajes que permitan recuperar y conservar los servicios ecosistémicos, teniendo como base de planificación las subcuencas. Actualmente se está trabajando en nueve subcuencas de las cuales cuatro pertenecen a la cuenca del río Santa (ríos Blanco, Casca, Quillcay y Pachacoto); una a la cuenca Casma (Vado); dos a la cuenca Culebras (Huanchay y Acray); una a la cuenca Pativilca (Huaman Hueque) —todas estas ubicadas en el departamento de Ancash—; y una a la cuenca Urubamba (Vilcanota) en Cusco. En estas subcuencas se ha priorizado la intervención en cabeceras de cuenca, donde los ecosistemas predominantes que se encuentran como mosaicos son: bosque andino, humedales (cochas y bofedales), pajonales, pradera nativa y plantaciones. Las investigaciones contemplan la recuperación de estos ecosistemas, priorizando los servicios que estos brindan de una manera integral e interrelacionada entre sí. Se tienen 34 parcelas de investigación en 730 ha trabajando de la mano con los propietarios, organizaciones de base, instituciones locales, regionales y nacionales.

El INAIGEM tiene dos estrategias para la difusión de las medidas de adaptación que se están logrando con las investigaciones:

1° Centros de investigación científica y tecnológica en ecosistemas de montaña

Estos centros tienen como objetivo general la investigación aplicada in situ sobre la promoción, recuperación y conservación de los ecosistemas de alta montaña en el territorio nacional.

Entre sus objetivos específicos se resalta:

- Fomentar y expandir la investigación científica y tecnológica aplicada a los ecosistemas de montaña.
- Estimular el intercambio de saberes tradicionales con lo más avanzado de la ciencia nacional e internacional.
- Promover redes científicas públicas y privadas, de carácter local, regional, nacional e internacional en ecosistemas de montaña.
- Fortalecer los mecanismos de apoyo a la generación del conocimiento y la capacitación, al servicio de la ciencia y la tecnología aplicada en el ámbito de las montañas andinas.
- Proporcionar a la comunidad científica facilidades para el desarrollo de investigaciones en las mejores condiciones posibles.

Actualmente se cuenta con un centro de investigación en la comunidad de Cátac mencionado anteriormente; y otro, en la Granja Kayra de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, en el distrito de San Gerónimo, provincia de Cusco, departamento de Cusco.

2° Corredores ecosistémicos

Son espacios naturales representativos de los ecosistemas de montaña, donde el INAIGEM ha instalado parcelas de investigación articuladas a actividades productivas, turísticas y culturales. Estas parcelas se convierten en espacios de difusión, capacitación y educación de los resultados de la investigación sobre la recuperación y conservación de los ecosistemas. Actualmente, el INAIGEM cuenta con cuatro corredores ecosistémicos:

1. Vallunaraju–Culebras;
2. Wariraga, ambos en Ancash;
3. Lare–Yanahuara;
4. Pomacanchi–Acopia–Mosoqllacta–Miskicocha, estos dos últimos en Cusco.

CAPITULO IV

INVENTARIO NACIONAL DE LAS 18 CORDILLERAS GLACIARES DEL PERÚ

El Inventario Nacional de las dieciocho cordilleras glaciares del Perú es un estudio realizado empleando técnicas de teledetección satelital que hacen posible la medición de la superficie glaciar y evaluar su evolución entre los años 1962 y 2016; además se estiman las tasas de retroceso y sus posibles periodos de extinción. Así mismo, el estudio se complementa, con información sobre el clima, la hidrografía, los ecosistemas, aspectos socio-económicos y culturales, con el fin de proporcionar un panorama amplio del ámbito de cada una de las cordilleras.

4.1. CORDILLERAS GLACIARES DEL NORTE DEL PERÚ

4.1.1. CORDILLERA BLANCA

4.1.1.1. Ubicación

La Cordillera Blanca forma parte de las cordilleras ubicadas en la zona norte del país, el ámbito de influencia tiene un área de 13,602 km² y una longitud aproximada de 247 km, geográficamente sus límites están comprendidos entre las coordenadas de 10°12'22.09" y 7°55'55.71" de latitud sur y 78°24'7.65" a 76°30'47.90" de longitud oeste.

Políticamente el ámbito se extiende sobre el territorio del departamento de Ancash, en las provincias de Antonio Raimondi, Asunción, Bolognesi, Carhuaz, Carlos Fermín Fitzcarrald, Corongo, Huaraz, Huari, Huaylas, Mariscal Luzuriaga, Pallasca, Pomabamba, Recuay, Sihuas y Yungay. Mapa 6.

4.1.1.2. Acceso

La Cordillera Blanca es una de las cordilleras glaciares de más fácil acceso en el mundo. Esto se debe a que en un solo día se puede llegar desde la costa del océano Pacífico hasta el contrafuerte de este macizo andino. Por vía aérea, el tiempo es de 45 minutos del aeropuerto Jorge Chávez en el Callao al aeropuerto de Anta en la provincia de Carhuaz. Por vía terrestre se cuentan con algunas carreteras: se llega desde Lima al sur a Huaraz en siete horas; desde el oeste, se llega de Casma a Huaraz en tres horas; y por el norte, se accede desde Chimbote a Caraz en cuatro horas. Internamente se tiene el circuito vial de la Cordillera Blanca con carreteras que recorren todo el Callejón de Huaylas y la zona de Conchucos, incluyendo abras que atraviesan la cordillera.

4.1.1.3. Aspectos físicos

4.1.1.3.1. Hidrografía y climatología

La Cordillera Blanca es uno de los activos naturales más importante del país por contener la mayor reserva de agua dulce sólida como líquida del Perú, además de cientos de lagunas de origen glaciar que se han formado a lo largo del tiempo.

Los glaciares del flanco occidental de la Cordillera Blanca vierten sus aguas a la cuenca del río Santa. Este aporte hídrico contribuye significativamente al desarrollo de ciudades importantes como Huaraz, Chimbote, Trujillo e innumerables pueblos a lo largo de su recorrido, sosteniendo el desarrollo agrario de la cuenca y a la gran zona agroindustrial de La Libertad. También, estas aguas contribuyen al desarrollo energético del país a través de varias centrales hidroeléctricas. De igual modo ocurre en la vertiente oriental de la Cordillera Blanca, donde la gran cantidad de riachuelos van hacia las partes bajas, confluyendo en tres ríos principales que desembocan en el río Marañón: el Rupac, en el Sur; el Yanamayo en el Centro; y Sihuas en el Norte.

La Cordillera Blanca en su extremo sureste da nacimiento al importante río Pativilca que desemboca en el océano Pacífico. En su recorrido contribuye al desarrollo de la provincia de Bolognesi (distritos de Chiquián, Aquia y Huasta) y ciudades de la costa como Barranca, Pativilca y Paramonga, lugares con grandes áreas agroindustriales.

En la vertiente oriental de la cordillera se concentran los máximos valores de precipitación, obteniéndose una media anual mayor a los 900 mm. Esto ocurre principalmente en la estación de verano y son del tipo orográficas. En las zonas ubicadas por encima de los 4,500 m s.n.m. de la vertiente occidental se tiene una

media anual de 600 mm, valor inferior a la vertiente oriental debido a los flujos de viento que son de este a oeste, ocasionando que las descargas ocurran primero y en mayor proporción en dicho lugar.

De acuerdo a la clasificación climática de Thornthwaite (SENAMHI, 1988) sobre la Cordillera Blanca predomina un clima frío, semiseco con deficiencia de lluvias en invierno. Según los datos grillados del proyecto de SENAMHI denominado PISCO (Peruvian Interpolation data of the SENAMHI's Climatological and Hydrological Observations), la temperatura media anual es entre los 14 °C y 16 °C para zonas ubicadas alrededor de los 3,000 m s.n.m., que es donde se encuentran las ciudades principales del Callejón de Huaylas y la zona de Conchucos, luego los valores van disminuyendo mientras se incrementa la altitud llegándose a tener por sobre los 4,500 m s.n.m. una temperatura media anual de alrededor de 4 °C. (Lavado, et al., 2016). Mapa 7.

4.1.1.3.2. Geología y geomorfología

La Cordillera Blanca tiene un basamento rocoso conformado principalmente por rocas intrusivas del Batolito de la Cordillera Blanca, que intruye y metamorfoza a las secuencias sedimentarias jurásicas y cretácicas. Ambas, ocupan gran parte de la superficie en el ámbito, limitada entre las cuencas hidrográficas del Santa y el Marañón, respectivamente (INGEMMET, 1995a).

Dentro del ámbito de la Cordillera Blanca, en su parte occidental, se tienen afloramientos rocosos sedimentarios

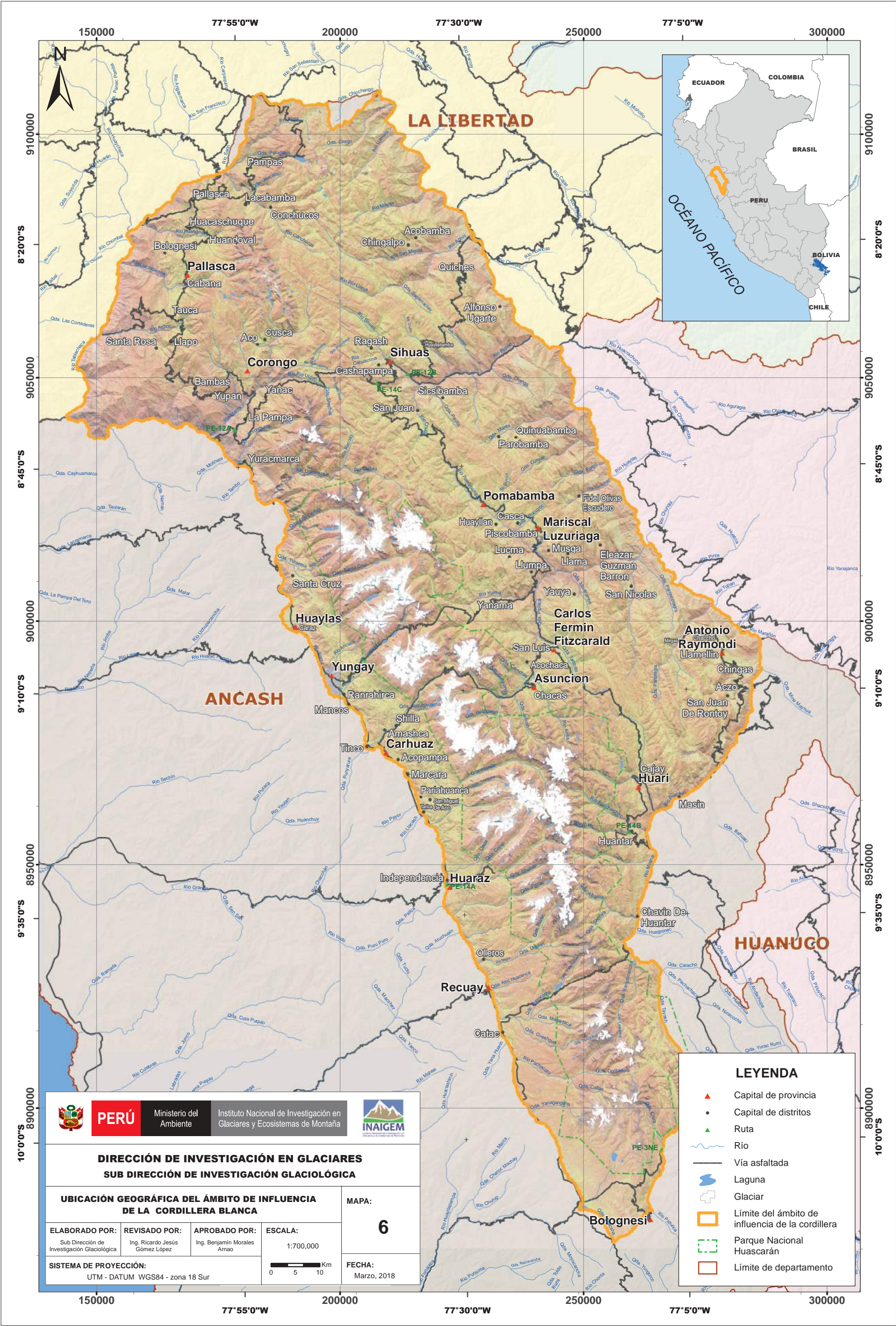
conformados por arcilitas, limolitas, areniscas, calizas y lutitas. Se observan también rocas volcánicas-sedimentarias como lavas y tobas intruídas por rocas ígneas del Batolito de la Cordillera. Además, la superficie cordillerana es tapizada por los depósitos cuaternarios de origen glaciar erosionados por aguas superficiales. Estructuralmente, las rocas sedimentarias tienen una clara orientación andina de algunas estructuras existentes (anticlinales y sinclinales), visualizándose plegamientos y sobreescurrecimientos como resultado de la interacción de las placas tectónicas de Nazca y Sudamericana.

Dentro del ámbito de la Cordillera Blanca en su parte oriental, se tiene rocas metamórficas precámbricas conformadas por gneis, esquistos, filitas y pizarras, localizados en las inmediaciones del río Marañón; suprayaciendo se tienen también rocas sedimentarias conformadas por areniscas cuarzosas, calizas, lutitas, margas negras, arcilitas amarillentas con facies calcáreas y conglomerados. Así mismo, se tiene varias intrusiones y plutones de naturaleza andesita, granodiorita y riódacitas.

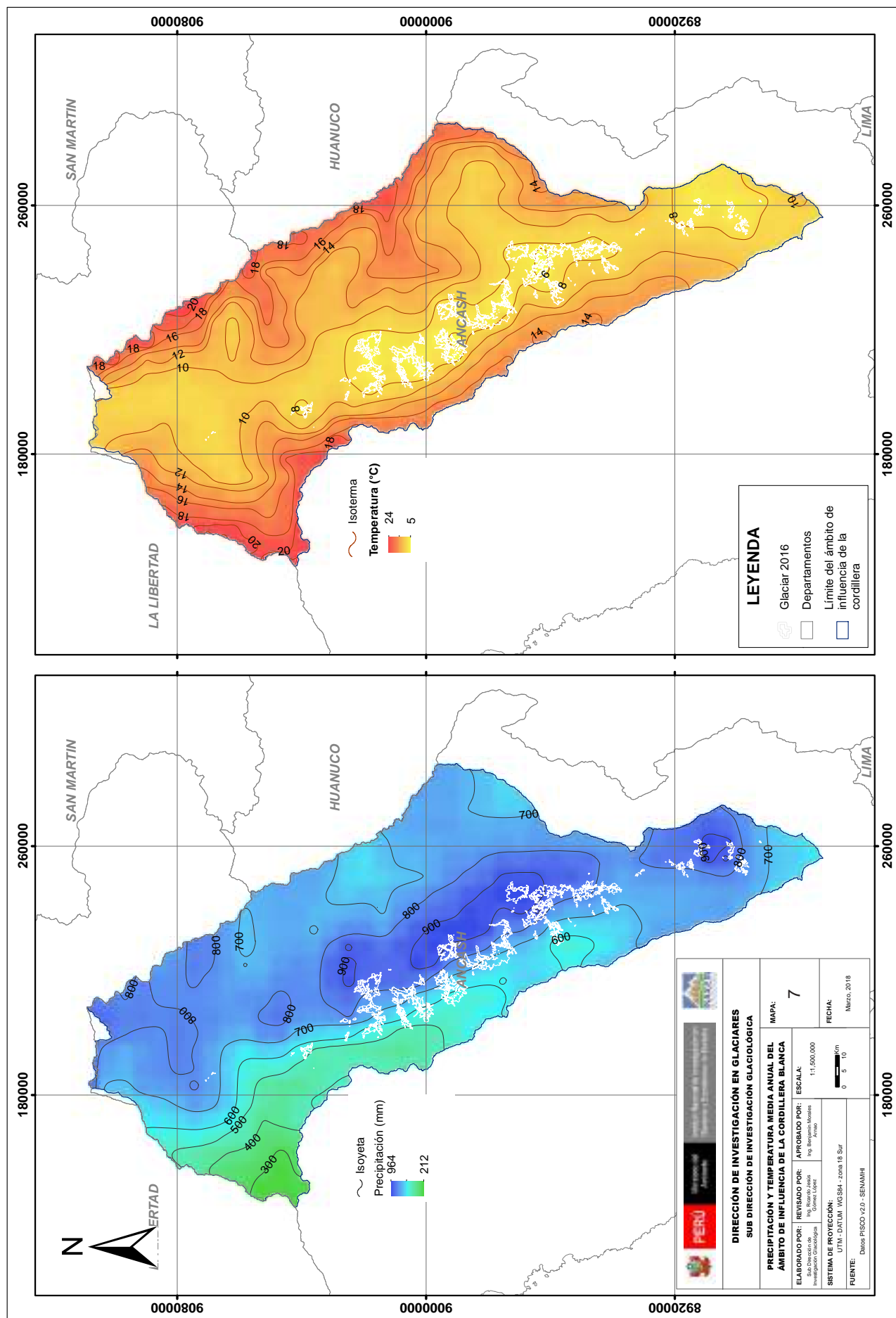
La Cordillera Blanca se ubica morfoestructuralmente en la Cordillera Occidental, siendo ésta una de las unidades más importantes de la Cordillera de los Andes localizada dentro del territorio peruano, donde sobresalen montañas empinadas y cimas que llegan hasta los 6,757 m s.n.m., la máxima altura del nevado Huascarán. Se observa en todo el ámbito de la cordillera valles típicos en forma de “U” originados por procesos de dinámica glaciar durante el Cuaternario. Fotografía 1.



Fotografía 1. Valle glaciar, geomorfología típica, morrenas, laguna, bosques nativos y bofedales en la quebrada Shallap.



Mapa 6. Ubicación geográfica del ámbito de influencia de la Cordillera Blanca



4.1.1.3.3. Ecosistemas de montaña

En la Cordillera Blanca se presentan seis ecosistemas que cumplen funciones ecosistémicas importantes dentro de sus áreas de influencia. Estos son: bofedales, bosque relicto altoandino, bosque xérico interandino, cardonal, matorral arbustivo y pajonal andino (MINAM, 2017). El pajonal andino es el ecosistema que predomina notoriamente ya que ocupa el 38% del territorio, luego existe un porcentaje importante de matorral arbustivo con el 27% y el porcentaje restante se distribuye en los otros ecosistemas.

La mayor parte de la Cordillera Blanca se encuentra dentro del ámbito del Parque Nacional Huascarán, que es un área natural protegida de gran biodiversidad. En este sentido, la composición vegetal y las características edafológicas de los ecosistemas de esta cordillera permiten que tengan condiciones especiales para la captación y el almacenamiento de agua, siendo este uno de los principales servicios ecosistémicos que brinda. En términos de captación o absorción, buena parte de este recurso proviene de la fusión glaciaria y otro tanto llega a través de las lluvias y la niebla que es atrapada por la vegetación, principalmente por los árboles de *Polylepis* sp que es una especie representativa de esta cordillera.

Los humedales también cumplen una función importante, cuya superficie se encuentra temporal o permanentemente inundada de agua, regulada por factores climáticos y en constante interrelación con las asociaciones vegetales que la habitan. Las especies vegetales son principalmente gramíneas: ciperáceas (*Carex* sp.), totora (*Juncos arcticus*), champa estrella (*Plantago rigida*), cóndor cebolla (*Werneria nubigena*), champa (*Distichia muscoides*), Senecio sp. y diversas poáceas. Los humedales constituyen alberges de diversas especies de avifauna altoandina que incluye aves migratorias como los yanavicos (*Plegadis ridgwayi*) y algunas especies de patos.

Por otro lado, están los matorrales que constan de vegetación arbustiva nativa cuya composición florística varía en función a la altitud. En sectores altoandinos, principalmente en las laderas y los taludes rocosos de las quebradas de la Cordillera Blanca, existen especies como quenuales achaparrados y ralos (*Polylepis* sp.), chocho silvestre (*Lupinus* sp.), tiellash (*Gynoxys caracensis*), chilca (*Baccharis latifolia*), retama (*Spartium junceum*), uño (*Flourensia macrophylla*), matico (*Jungia paniculata*), tuna (*Opuntia ficus-indica*), wishllaj (*Senna birostris*), penca (*Agave americana*), cabuya (*Furcraea andina*), chamaná (*Dodonea viscosa*), etc.

En las comunidades vegetales de césped de puna y pajonales, destacan especies y géneros como el ichu (*Stipa ichu*), *Calamagrostis*, *Festuca*, *Dissanthelium*, *Agrostis*, *Aciachne* y *Muhlenbergia*. En algunos casos

se observan también algunas especies arbustivas como el chocho (*Lupinus* sp.) y plantas almohadilladas como la champa (*Distichia muscoides*), arrosetadas como el cóndor cebolla (*Werneria nubigena*) o cactáceas como la curicasha (*Matucana haynei*) o la *Opuntia lagopus*.

Este tipo de cobertura vegetal se usa principalmente en la ganadería extensiva de ganado vacuno, ovino, equino y también de algunos auquénidos. A nivel del Parque Nacional Huascarán, quienes hacen uso pecuario de los pastos pertenecen a las comunidades campesinas y se organizan en comités de usuarios de pastos: Llanganuco, Hircapampa, Yauyo, Huizcongá, Ulta, Torre Pachán, Llaca, Shallap, Rajucolta, Cáta, Chopihirca, Shonquill, Pogyacg, Pacocanchas, Yanacancha, Quillcayhuanca, Tururucocha y Pucarapunta. Mapa 8.

4.1.1.3.4. Aspectos socio económicos culturales

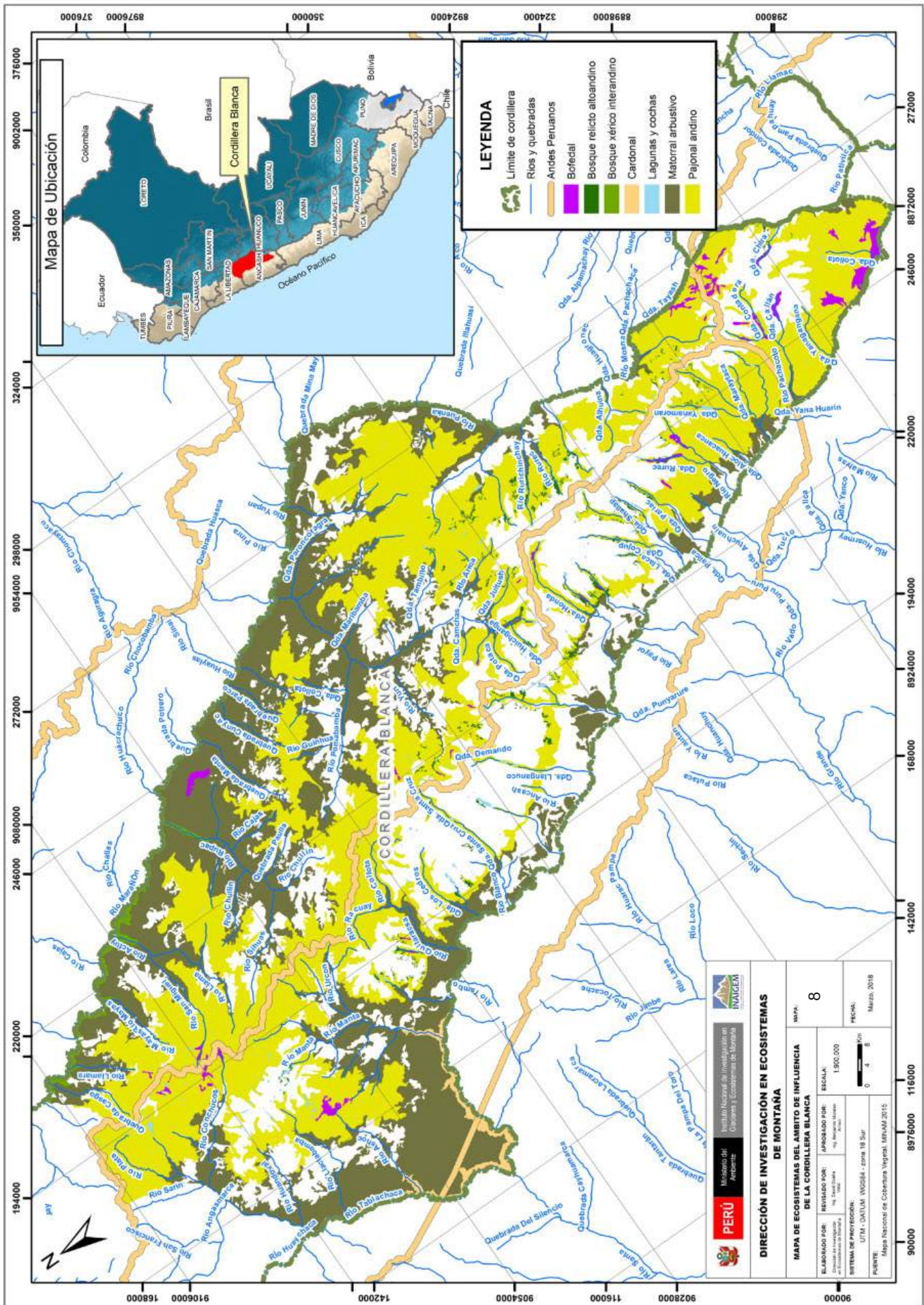
4.1.1.3.4.1. Población

La población estimada para el ámbito de influencia de la cordillera es de 352,321 al año 2015, con un crecimiento de 7,731 habitantes respecto al año 2000 (344,590 habitantes) (INEI, 2018). Sin embargo, la población ha disminuido en algunas provincias (Antonio Raimondi, Asunción, Carlos Fermín Fitzcarrald, Corongo, Huari, Mariscal Luzuriaga, Recuay). La situación anterior evidenciaría una constante corriente migratoria de la población joven hacia ciudades de la sierra como Huaraz y hacia ciudades de la costa como Chimbote, Lima y Trujillo en busca de oportunidades económicas y por estudios (Tabla 7). La densidad poblacional en el ámbito de influencia de la cordillera se ha estimado en 26 habitantes por km² y se ha calculado una tasa de crecimiento anual promedio de 0.15%.

4.1.1.3.4.2. Energía y minería

La generación de energía eléctrica es una de las más relevantes actividades vinculadas a la Cordillera Blanca, tanto en la zona de influencia del Callejón de Huaylas en la vertiente occidental, como en la zona de los Conchucos en la vertiente oriental o de la cuenca del Marañón.

En el Callejón de Huaylas los procesos de desarrollo hidroenergéticos se remontan a varias décadas atrás. Sus orígenes están marcados por las propuestas del sabio Santiago Antúnez de Mayolo a inicios del siglo pasado, para el diseño de la hidroeléctrica del Cañón del Pato en la provincia de Huaylas-Caraz, utilizando las aguas del río Santa y comprometiendo los caudales de todos los ríos tributarios que descienden de los glaciares de la Cordillera Blanca. La potencia instalada de esta hidroeléctrica es de 264.4 MW y forma parte del sistema interconectado nacional. La otra gran hidroeléctrica es la de Quitaraca, utilizando las aguas del río del mismo nombre con una capacidad instalada de 225 MW y ubicada muy cerca



Mapa 8. Ecosistemas en el ámbito de influencia de la Cordillera Blanca.

Tabla 7. Población del ámbito de influencia de la Cordillera Blanca.

Años	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Ancash																
A. RAYMONDI(1*)	18,768	18,618	18,465	18,313	18,158	18,001	17,842	17,681	17,519	17,357	17,195	17,037	16,879	16,722	16,563	16,401
ASUNCION(1*)	9,861	9,795	9,729	9,661	9,592	9,522	9,450	9,378	9,304	9,231	9,157	9,085	9,013	8,942	8,869	8,795
BOLOGNESI(0.12*)	3,671	3,691	3,712	3,732	3,751	3,771	3,789	3,807	3,824	3,842	3,859	3,876	3,894	3,912	3,929	3,945
CARHUAZ(0.67*)	29,152	29,334	29,512	29,687	29,858	30,025	30,187	30,344	30,497	30,649	30,802	30,957	31,111	31,265	31,414	31,555
C F FITZCARRALD(1*)	22,086	22,093	22,090	22,088	22,082	22,075	22,056	22,037	22,014	21,991	21,966	21,943	21,920	21,894	21,866	21,831
CORONGO(1*)	9,002	8,952	8,901	8,849	8,796	8,741	8,685	8,629	8,570	8,512	8,454	8,397	8,340	8,283	8,225	8,165
HUARAZ(0.34*)	47,286	47,907	48,527	49,148	49,768	50,388	51,004	51,618	52,232	52,849	53,471	54,093	54,714	55,332	55,951	56,569
HUARI(0.44*)	29,034	28,970	28,903	28,831	28,756	28,677	28,592	28,503	28,410	28,317	28,222	28,131	28,039	27,946	27,849	27,745
HUAYLAS(0.5*)	27,175	27,269	27,358	27,444	27,526	27,603	27,675	27,742	27,805	27,866	27,927	27,989	28,051	28,111	28,166	28,214
M LUZURIAGA(1*)	24,225	24,216	24,204	24,187	24,167	24,142	24,115	24,084	24,043	24,003	23,965	23,927	23,888	23,848	23,804	23,754
PALLASCA(0.97*)	29,252	29,305	29,352	29,397	29,437	29,472	29,501	29,525	29,545	29,563	29,581	29,601	29,620	29,636	29,648	29,653
POMABAMBA(1*)	28,251	28,352	28,447	28,540	28,627	28,710	28,788	28,860	28,928	28,995	29,061	29,129	29,196	29,262	29,322	29,375
RECUAY(0.42*)	8,399	8,388	8,376	8,363	8,348	8,333	8,315	8,296	8,276	8,255	8,234	8,214	8,194	8,173	8,151	8,126
SIHUAS(1*)	32,702	32,584	32,461	32,333	32,201	32,064	31,921	31,771	31,619	31,465	31,310	31,157	31,006	30,852	30,694	30,529
YUNGAY(0.47*)	25,726	25,870	26,010	26,148	26,281	26,411	26,537	26,658	26,776	26,892	27,009	27,127	27,245	27,362	27,475	27,581
TOTAL	344,590	345,343	346,048	346,721	347,349	347,933	348,457	348,932	349,362	349,786	350,213	350,671	351,138	351,590	351,995	352,321

Fuente: INEI. (*) Factor de incidencia territorial.

de la hidroeléctrica del Cañón de Pato, también en la provincia de Huaylas-Caraz (OSINERGMIN, 2018). Otras centrales hidroeléctricas más pequeñas en el Callejón de Huaylas son las centrales de Santa Cruz I y II en la localidad de Colcas, distrito de Santa Cruz, provincia de Huaylas, con una potencia efectiva de 6 y 6.5 MW, respectivamente. La central hidroeléctrica de Pariac, ubicada en la cuenca del río del mismo nombre, cuenta con tres centrales con una capacidad de 4.9 MW.

En la zona de Conchucos, las principales hidroeléctricas son: el sistema Chacas-San Luis I y II, que involucra a los distritos de Chacas, Acochaca, San Luis y Yauya, en las provincias de Asunción. Además, están las mini centrales hidroeléctricas de Pomabamba —ubicada en el distrito del mismo nombre—, con una potencia instalada de 1,000 kW; y la de María Jiray en Huari, con una capacidad de 1,520 kW, ambas administradas por ADINELSA. También se cuenta con la central de Pacarenca en Aquia en la cuenca del río Pativilca (OSINERGMIN, 2018).

La actividad minera en la zona de influencia de la Cordillera Blanca es de tres tipos: gran minería, mediana minería y pequeña minería (formal e informal), de tipo metálica y no metálica.

Las mineras representativas que actúan en el ámbito de la Cordillera Blanca son: Antamina, que explota minerales polimetálicos con gran contenido de cobre, tiene su centro de explotación en el distrito de San Marcos y su puerto de embarque en la provincia de Huarmey, hasta donde son transportados los minerales por un gran mineroducto de más de 300 km de longitud. El proyecto minero Magistral, ubicado en el distrito de Conchucos de la provincia de Pallasca, se encuentra en la última etapa para iniciar la explotación a gran escala de cobre y polimetálicos. Colquipocho es una antigua mina polimetálica que explota en forma discontinua minerales de cobre y polimetálicos, y se encuentra en la provincia de Huaylas.

También está presente la pequeña minería con una gran cantidad de minería formal e informal, metálica y no metálica, que explotan yacimientos en diferentes lugares, siendo seguramente los de mayor concentración los de la quebrada Honda, Conococha, Chacas y la zona de Yanama; incluyendo el carbón en las provincias de Carhuaz, Yungay, Mancos y Huaylas. Los minerales metálicos provenientes de la pequeña minería se tratan en plantas concentradoras ubicadas en la zona de Conococha, Cátac, Jangas y Caraz. Se presenta también la explotación de materiales de construcción en diversos lugares del cauce del río Santa.

4.1.1.3.4.3. Agricultura y ganadería

Debido al aporte hídrico de los glaciares de la Cordillera Blanca se tiene agua de manera permanente. En ambos flancos de la cordillera se desarrolla una importante actividad agrícola y ganadera, con diversos niveles de desarrollo, desde extensiva y de autoconsumo hasta ciertos niveles de industrialización (tubérculos, maíces, hortalizas, flores, etc.). En las partes bajas y en los valles interandinos, prevalecen los cultivos permanentes tales como frutales (paltos, cítricos, duraznos, mangos, lúcuma, etc.) y berries (arándanos, fresas, etc.). Además, es necesario mencionar que las aguas del río Santa dan lugar a dos importantes complejos agroindustriales de exportación en la costa de los departamentos de Ancash (CHINECAS) y La Libertad (CHAVIMOCHIC).

Respecto al uso de la tierra tenemos que aproximadamente el 44.1% de la superficie de esta cordillera se encuentra en uso directo como nos muestran los datos siguientes:

- Superficie con cultivos : 15.03%
- Superficie agrícola sin cultivo y va a ser sembrada : 8.56%
- Superficie agrícola sin cultivo y no va a ser sembrada : 2.46%
- Superficie agrícola en descanso : 5.80%

- Pastos naturales manejados : 6.33%
- Pastos naturales no manejados : 52.53%
- Montes y bosques : 4.03%
- Superficie dedicada a otros usos : 5.24%

Notamos que las tierras destinadas a pastos naturales no manejados y la superficie con cultivos diversos representan los mayores porcentajes (52.53% y 15.03%, respectivamente), haciendo un total de 467,714 ha; en tanto, que la superficie con cultivos representa el 15.03% (104,058 ha), (CENAGRO, 2012).

Entre los cultivos principales tenemos: papa, oca, mashua, olluco, tarwi, habas, y algunos cereales como trigo, cebada y avena forrajera. Siendo en su mayoría productos de autoconsumo, en donde podemos notar la presencia del trueque como forma de comercialización e intercambio de productos.

4.1.1.3.4.4. Turismo y cultura

Una de las actividades económicas más importantes en el ámbito de la Cordillera Blanca es el turismo, siendo el destino principal el Parque Nacional Huascarán. El ámbito de influencia de la cordillera también está rodeado por una variada riqueza arqueológica. Aparte de sitios de la época incaica asociados con tramos importantes del Qhapaq Ñan en la zona de los Conchucos al este (Huaritambo en la provincia de Huari) y en el Callejón de Huaylas al oeste (Choquerecuay o Pueblo Viejo de Recuay), hay sitios arqueológicos importantes de todos los periodos desde los 10000 a. C., indicando una ocupación humana continua y relativamente densa, gracias a las abundantes aguas de las lagunas y los ríos provenientes de los numerosos glaciares.

La ocupación más temprana está representada por los yacimientos de la Cueva del Guitarrero en el distrito de Shupluy de la provincia de Yungay, a una corta distancia al oeste del río Santa. Las evidencias de materiales líticos y orgánicos remontan a 11000 a. C., con restos de plantas domesticadas fechadas cerca del 3000 a. C. Los períodos Precerámico e Inicial están representados por sitios monumentales como La Galgada (2400-2000 a. C.; provincia de Pallasca), Tumshukayco (cerca 2500 a. C.; provincia de Huaylas), y Huaricoto (2800-200 a. C.; provincia de Carhuaz). Fotografía 2.

El desarrollo cultural más famoso y con mayor influencia en otras regiones del país, sucedió en Chavín de Huántar durante el Horizonte Temprano entre 950 y 400 a. C. cuando se construyó un gran centro ceremonial que sirvió como sitio de peregrinaje debido a la potencia de su oráculo y una religión que resaltaba los poderes de dioses que combinaban atributos antropo-zoomorfos de humanos, felinos, aves rapaces y serpientes (Tello, 1960). Su influencia se extendió a la costa y sierra norte, la costa y sierra central y la costa sur del país. Es mundialmente

conocido por su fina escultura lítica, cerámica, metalurgia y otras manifestaciones culturales. Fotografía 3.

Posterior al ocaso de la cultura Chavín, hubo otro gran desarrollo en el período Intermedio Temprano (1- 600 d.



Fotografía 2. Tumshukayko, Caraz, cortesía de TripAdvisor. Fuente: Marie T.



Fotografía 3. Templo de Chavín de Huántar. Fuente: Warren Ratcliff.

C.) con la cultura Recuay, que se extendió sobre casi toda la sierra y partes de la costa del actual departamento de Ancash. Hay cementerios y construcciones monumentales cerca de Cátao (Roko Amá), Huaraz (Jancu, Balcón de Judas), Cabana (Pashash), Pomabamba (Yayno, Fotografía 4) y muchos otros lugares. Se la conoce especialmente por una cerámica fina de arcilla caolín, esculturas antropomorfas y zoomorfas, metalurgia de objetos hechos por vaciado de cobre y oro en moldes, y finos textiles de tapiz.

Durante el Horizonte Medio (600 - 900 d. C.) fue la



Fotografía 4. Sitio Arqueológico de Yayno - Pomabamba. Fuente: George Lau.

cultura Willkawain el principal foco cultural de la región, parcialmente descendiente de la cultura Recuay, pero con importantes influencias de otras partes de la sierra, como Ayacucho y Cajamarca, durante el tiempo de la expansión de la cultura Wari. Son impresionantes y abundantes sus construcciones funerarias, mausoleos o chullpas, que se encuentran en muchos sitios en el Callejón de Huaylas y en Conchucos, particularmente en Willkawain (provincia de Huaraz), (Fotografía 5) y Honcopampa (provincia de Carhuaz).



*Fotografía 5. Complejo Arqueológico de Willkawain.
Fuente: Liza Hume.*

Durante el período Intermedio Tardío (900 - 1450 d. C.), se desarrollaron diversos grupos étnicos conocidos posteriormente como los Huaylas, Pincus, Conchucos y otros. Un ejemplo de este período es el sitio arqueológico Marcajirca que tiene una extensión de 13 ha y se ubica a 3,580 m s.n.m. entre el distrito de Cajay y Masin en la provincia de Huari. Por su ubicación estratégica, es un perfecto mirador para el valle de Puchca con los pueblos de Castillo, Huachis, Huari, Yacya y toda la parte occidental de la Cordillera Blanca de donde es contemplada en su máximo esplendor y belleza. También, se aprecian pinturas rupestres de color rojo con diseños abstractos que se hallan encima de una estructura funeraria. Temporalmente, este sitio se ubica entre los finales del Horizonte Medio y el Horizonte Tardío, que corresponde a los años 800 d. C. y 1532 d. C. El sitio se halla dividido en dos sectores, el primero al parecer ceremonial y el segundo de carácter doméstico. El sector ceremonial se halla en la parte alta del sitio y al extremo norte e incluye muchas estructuras funerarias. Hay unas graderías que descienden 60 m que comunican con el sector doméstico (Municipalidad Provincial de Huari). Otro sitio del Intermedio Tardío es Rapayán que cuenta con una densa zona de construcciones domésticas y torres funerarias (Ibarra, 2010).

Durante el imperio del Tawantinsuyo, el grupo étnico Huaylas estaba dividido entre la saya de Hanan Huaylas, con su centro en Atun Huaylas (la actual ciudad de

Huaylas) y Hurin Huaylas, con su centro por la actual ciudad de Huaraz. Los cronistas registraron que los Hanan Huaylas tenían como dios principal a Matarao (que coincide con el nombre originario del nevado Huascarán), mientras que los Hurin Huaylas adoraban a Macovilca (aún no identificado). En el área que corresponde a los departamentos actuales de Ancash y Huánuco, los cerros sagrados se llamaban “jirca”, en contraste con el término “apu” usado en el sur del país (Salazar, 2012).

4.1.1.3.5. Inventario de la superficie glaciar

4.1.1.3.5.1. Antecedentes

La presencia de glaciares en el Perú fue mencionada por primera vez en 1532 por Miguel de Estete, quien fue miembro de la expedición de Hernando Pizarro (Morales B. , 1998). En 1866, Antonio Raimondi hizo una breve mención de los glaciares de la Cordillera Blanca (Raimondi, 1873). Entre 1855 y 1888 se registra la primera documentación fotográfica de la Cordillera Blanca, realizada por el geógrafo alemán Ernest W. Middendorf, quien también fue el primero en calcular las alturas de las cimas nevadas basándose en las mediciones hechas por el ingeniero inglés Hindle.

En 1932 se inician las exploraciones más importantes de la Cordillera Blanca, con la primera expedición del Club Alpino Austro - Alemán, que realizó una serie de investigaciones en geografía, glaciología y topografía. Durante la primera expedición, se explora y levanta el mapa de la parte septentrional de la Cordillera Blanca (del nevado Champará a la quebrada Honda), publicándose luego a una escala de 1:100,000 (Borchers, 1935). En 1936, 1939 y 1954, se completa la topografía de la Cordillera Blanca. Poco después de la Segunda Guerra Mundial, se generaron mapas de la parte sur de la Cordillera a una escala de 1:100,000 y la cordillera en su integridad en una escala de 1:200,000.

En 1950 se van a dar otras expediciones de montaña en la Cordillera Blanca, convirtiéndose en meta importante para el alpinismo mundial. Son conquistados los nevados Alpamayo, Chacraraju, Huandoy, Artesonraju, Taulliraju (Kogan & Leininger, 1952).

Luego de los años 70, el turismo internacional empieza a crecer con el reconocimiento de los paisajes de alta montaña en todo su esplendor. El desarrollo del alpinismo y un gran número de catástrofes mortales asociadas a la dinámica de estos glaciares, atrajeron la atención e incentivaron mayores investigaciones glaciológicas.

En febrero de 1964, en la ciudad de Arequipa, se realizó el *II Congreso Nacional de Geografía*, en donde el Dr. César Morales Arnao presentó un estudio que describía por primera vez las veinte cordilleras glaciares del Perú, posteriormente este estudio fue publicado en forma

detallada en el libro *Cordilleras del Perú* (Morales C. , 2001).

Entre 1970 y 1989, se realiza el primer inventario de las dieciocho cordilleras glaciares del Perú (usando fotografías aéreas del SAN de 1962 y 1963, y algunas fotografías infrarrojas tomadas por la NASA en 1970), determinándose un área de cobertura glaciar de 723.37 km² y 722 glaciares existentes en la Cordillera Blanca (Hidrandina S.A., 1989). Estas cifras fueron nuevamente analizadas por el INAIGEM a través de la reconstrucción de superficies glaciares con imágenes satelitales LANDSAT de 1975, encontrándose 726.26 km² de cobertura glaciar en la Cordillera Blanca.

Debido al visible retroceso de los glaciares en las cordilleras peruanas, en 1997 se llevó a cabo un nuevo inventario parcial —en cuencas seleccionadas— en las cordilleras Blanca, Raura, Central, Huaytapallana y Huagoruncho. El material básico de trabajo fueron las imágenes del satélite LANDSAT tomadas en el período 1995-1997, obteniendo un área de cobertura glaciar de 611.48 km² en la Cordillera Blanca (CONAM, 2001).

Entre los años 2003 al 2014, se efectuó el tercer inventario de glaciares y lagunas realizado por la Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos (UGRH), en base al procesamiento de imágenes satelitales SPOT, ASTER, LANDSAT y LISS III, de las 19 cordilleras nevadas del Perú, obteniendo un área de cobertura glaciar de 527.62 km² y 755 glaciares para la Cordillera Blanca (ANA, 2014).

En el año 2016, el INAIGEM efectuó el cuarto inventario de las coberturas glaciares de las 18 cordilleras glaciares

del Perú, registrando un área de cobertura glaciar de 448.81 km² en la Cordillera Blanca.

4.1.1.3.5.2. Descripción de los glaciares

Los glaciares en esta Cordillera se encuentran dispersos a lo largo de 195 km, entre el glaciar Rajutuna en su extremo sureste (sistema Caullaraju) y el glaciar Alto Mella en su extremo noroeste (sistema Pacra). Dentro de la cordillera encontramos glaciares en su mayoría de tipo montaña (Fotografía 6 y Fotografía 7) y en menor porcentaje las de tipo valle y glaciar cubierto.

Con un total de 448.81 km² de glaciares registrados para el 2016, la Cordillera Blanca posee un área de cobertura glaciar más extensa de los trópicos y del Perú.

Los glaciares en la Cordillera Blanca presentan en su mayoría superficies libres de detritos o escombros, los cuales representan el 94.88% de la superficie total, y las lenguas o superficies glaciares cubiertas parcial o totalmente por materiales detríticos o escombros representan sólo el 5.12%.

La Cordillera Blanca cuenta con decenas de picos nevados que sobrepasan los 6,000 m s.n.m., siendo el nevado Huascarán el pico más alto (Fotografía 8). En el siglo XIX, Hindle, quien trabajaba en el estudio del ferrocarril entre Chimbote-Recuay-Huallanca, registró una altura para el pico sur del Huascarán de 6,720 m s.n.m. a través del método de triangulación topográfica (esta montaña era conocida en esa época con el nombre de “Huascán”); altura que en 1932 fue rebatida por la expedición científica Austro-Alemana —conformada por Philipp Borchers, Wilhelm Bernand, Erwin Hein y



Fotografía 6. Vista panorámica de los nevados de la Cordillera Blanca.



Fotografía 7. Morfología típica de montaña en la Cordillera Blanca, con lagunas, glaciares de montaña y nevados de grandes altitudes. Fuente: Tom Rodriguez.



Fotografía 8. Vista del pico sur del nevado Huascarán tomada desde el nevado Vallunaraju.

Hermann Hoerlin—, quienes a través de la fotogrametría terrestre determinaron una altura de 6,768 m s.n.m. para la cumbre sur del nevado Huascarán (Morales C. , 2001). El año 2017, el Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM), empleando el método relativo estático con equipo de navegación satelital GPS, según lo detallado en la *Norma Técnica Geodésica: Especificaciones Técnicas para el Posicionamiento Estático Relativo con Receptores del Sistema Satelital de Navegación Global*, del Instituto Geográfico Nacional (IGN), encontró una altura de 6,757 m s.n.m. para la cumbre sur del nevado Huascarán. (INAIGEM, 2017).

Según los reportes históricos, el primer hombre en intentar escalar la cima del Huascarán fue Charles R. Enock, ingeniero inglés que hacía una exploración minera junto a César Cisneros, un minero italiano y cinco mineros peruanos, en 1904 (Enock, 1904). Posteriormente, en 1908, la montañista norteamericana Annie Peck subió hasta la cima norte del Huascarán (Peck, 1912). Otros picos conocidos son el nevado Alpamayo (5,947 m s.n.m.), ubicado en la provincia de Huaylas, considerado el nevado más bello del mundo —según una encuesta de belleza escénica realizada en Alemania en 1966—; el Chacaraju (6,112 m s.n.m.); el Artesonraju (6,025 m s.n.m.), que inspiró a la majestuosa montaña de la Paramount (Fotografía 9); el Pisco (5,752 m s.n.m.);

la Pirámide de Garcilazo (5,885 m s.n.m.); además del Chopicalqui, Huandoy (Fotografía 10), Tocllaraju, Copa, Hualcán y Santa Cruz, entre otros.

4.1.1.3.6. Monitoreo de glaciares

La Cordillera Blanca ha sido la pionera en el monitoreo de glaciares en el Perú y Sudamérica. En 1966 se instala en la ciudad de Carhuaz la División de Glaciología y Seguridad de Lagunas, para iniciar la investigación de los glaciares con la finalidad de conocer la contribución de los recursos hídricos al valle y las causas detonantes de aluviones (por el vaciado intempestivo de lagunas). Es así como se eligen glaciares para realizar monitoreos prolongados como en Safuna (norte), Broggi (centro), Uruashraju y Yanamarey (sur). A comienzos de 1980, se suman al programa los glaciares Huarapasca, Pastoruri y Gajap (situados al sur), (Ames & Francou, 1995).

En el año 1966 se inicia el monitoreo de la lengua glaciar del Pucahirca (Safuna) a través de perforaciones térmicas para determinar el balance de masa de este glaciar, así como estudios geofísicos y perforaciones rotativas para determinar la potencia de esta lengua glaciar, habiéndose alcanzado la profundidad de 154 m en las perforaciones rotativas hasta la base de la roca, espesor también determinado por el método de refracción sísmica (Morales B. , 1968).



Fotografía 9. Nevado Artesonraju. Fuente: J. Gómez



Fotografía 10. Quebrada de Llanganuco, típico valle de origen glaciar en "U" con lagunas glaciares, valles suspendidos y cumbres glaciares de gran pendiente, como el caso de las cuatro cumbres del nevado Huandoy cada una de ellas de más de 6,000 m de altitud.

En 1995 se registra que el nevado Broggi había perdido más del 85% de su superficie glaciar desde 1932, llegando a su extinción en el 2005. Posteriormente, en la década de los noventa, se inicia con apoyo de la cooperación francesa (IRD) el monitoreo de los glaciares Artesonraju —en la cuenca de la laguna de Parón—, Shallap, Gajap, Pastoruri y Yanamarey, que siguen siendo monitoreados por la Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos de la ANA.

A partir del año 2008, la compañía Minera Milpo S.A.A. inicia el monitoreo de los glaciares Pastoruri y Gajap. En el año 2016, el INAIGEM inicia el monitoreo del glaciar Huillca en la provincia de Huaylas, realizando perforaciones para instalar balizas de madera y pozos de acumulación; se monументaron 2 puntos topográficos y 4 puntos de apoyo formando una poligonal cerrada. Estos puntos se usaron para el control horizontal y vertical, y para realizar el levantamiento topográfico del perímetro, frente, superficie glaciar, georeferenciación de balizas y pozos de acumulación.

A partir de octubre del año 2015, el INAIGEM inicia el estudio de carbono negro en los glaciares Yanapaccha (Fotografía 11) y Shallap, evaluando in situ las características de la cobertura de nieve, con el fin de conocer el impacto del carbono negro en la fusión de los glaciares. A partir de abril de 2016 se recolectaron muestras a diferentes altitudes en ambos glaciares,

acopiando muestras en la zona de acumulación, en la línea de equilibrio y en la zona de ablación. En agosto de 2017, se inicia el estudio de carbono negro en el nevado Huascarán.

4.1.1.3.7. Lagunas de origen glaciar

La Cordillera Blanca cuenta con 860 lagunas con áreas mayores o iguales a 5,000 m², siendo las lagunas más importantes: Parón (Fotografía 12 y Fotografía 13), Palcacocha, Rajucolta, Querococha, Orconcocha, Chinancocha, Pelagatos, Safuna, Conococha, Tullparaju, Cuchillacocha, Cullicocha, Purhuay y Arhuaycocha (Fotografía 14), entre otras.

En el año 2010, la compañía minera MILPO S.A.A. inicia el monitoreo de la laguna en formación en Pastoruri (provincia de Recuay), que en la actualidad viene siendo monitoreada por INAIGEM.

4.1.1.3.8. Riesgos de origen glaciar

La Cordillera Blanca, a nivel mundial, tiene el mayor registro de catástrofes de origen glaciar, lo que ha motivado el interés de numerosas delegaciones científicas nacionales e internacionales para realizar diversos estudios; entre ellos, las universidades como UNASAM, PUCP, UNMSM, UNI, Praga, Waterloo, Texas y Ohio, además de instituciones, como el IGP e INGEMMET, entre otras.



Fotografía 11. Muestreo de carbono negro en el glaciar Yanapaccha.



Fotografía 12. Nevado Aguja y la laguna Parón.



Fotografía 13. Nevado Pirámide Garcilazo y Laguna Parón. Fuente: J. Villanueva



Fotografía 14. Laguna Arhuaycocha al pie de los nevados Pucarashta, Pucajirca, Rinrijirca, Alpamayo y Quitaraju en la quebrada Santa Cruz.

En la Cordillera Blanca se han reportado 32 eventos catastróficos de origen glaciar a partir de 1702, que causaron la muerte de miles de personas y la destrucción

de ciudades, pueblos, tierras de cultivo e instalaciones diversas. Tabla 8.

Tabla 8. *Desastres naturales en la Cordillera Blanca de origen glaciar*

N°	Área	Descripción	Fecha
1	Huaraz	Fuertes inundaciones destruyeron parte de la ciudad de Huaraz.	04/03/1702
2	Huaraz	Un terremoto ocasionó una avalancha de hielo, generando fuertes inundaciones que destruyeron a la ciudad de Huaraz.	06/01/1725
3	Yungay	Un terremoto generó una avalancha del nevado Huandoy que destruyó el pueblo de Ancash y ocasionó la muerte de mil quinientas personas.	06/01/1725
4	Monterrey	Una serie de deslizamientos e inundaciones afectaron el pueblo de Monterrey, destruyendo casas y cultivos; once personas desaparecieron.	10/02/1869
5	Huaraz	El desborde de la laguna Tambillo (Rajucolta), afectó el poblado de Macashca.	24/06/1883
6	Yungay	Una avalancha del nevado Huascarán, impactó sobre las localidades de Shacsha y Ranrahirca.	22/01/1917
7	Bolognesi	Un gran alud generó la ruptura del dique de la laguna Solteracocha en la cuenca del Pacllón, ocasionando un número de víctimas no conocido.	14/03/1932
8	Carhuaz	El aluvión originado en la laguna Artesa (Paclishcocha) en la quebrada Uta (Río Buin) cerca de Carhuaz, destruyó las vías de comunicación entre las ciudades de Carhuaz y Mancos.	20/01/1938
9	Pallasca	Un aluvión procedente de la laguna Magistral afectó al pueblo de Conchucos, destruyendo treinta y dos casas y trece puentes.	1938
10	Bolognesi	El aluvión procedente de la laguna Suerococha, impactó con el río Pativilca, causando daños en campos agrícolas y en la ciudad de Sarapo.	20/04/1941
11	Huaraz	El desborde de la laguna Palcacocha ocasionó un aluvión que destruyó gran parte de la ciudad de Huaraz. Aproximadamente 5,000 personas perecieron.	13/12/1941
12	Huari	Una avalancha de hielo del Pico de Huantsán provocó un aluvión de las lagunas Ayhuinaraju y Carhuacocha que afectó al pueblo de Chavín ocasionando la muerte de muchas personas.	17/01/1945
13	Huaylas	Se produjo un aluvión por el desborde de la laguna Jancarurish sobre la cuenca Los Cedros, causando la destrucción de la central hidroeléctrica del Cañón del Pato, de la carretera y parte del ferrocarril de Chimbote a Huallanca.	20/10/1950
14	Huaylas	Un aluvión originado en la laguna Artesoncocha cae sobre la laguna Parón (dos eventos). Se desconocen los daños humanos y materiales.	16/06/1951 y 28/10/1951
15	Huaraz	Millhuacocha (cuenca de drenaje de la Quebrada Ishinca).	06/11/1952
16	Huaraz	Se produjo el desborde de la laguna Tullparaju (en la quebrada Quilcayhuanca), por deslizamiento de la morrena lateral.	1953
17	Huaraz	Se producen deslizamientos e inundaciones como producto del desborde de la laguna Tullparaju, afectando a la ciudad de Huaraz.	08/12/1959
18	Yungay	Una serie de avalanchas y aluviones del nevado Huascarán Norte ocasionaron la destrucción de nueve pueblos (Ranrahirca entre ellos) así como la muerte de alrededor de cuatro mil personas.	10/01/1962
19	Huari	Se produjo una avalancha de hielo del nevado San Juan sobre la laguna Tumarina (Quebrada Carhuascancha, distrito de Huántar) que ocasionó la muerte de diez personas.	19/12/1965
20	Yungay	Un sismo ocasionó una avalancha de roca y hielo del Nevado Huascarán Norte, provocando un aluvión que sepultó a la ciudad de Yungay y parte del poblado de Ranrahirca. Aproximadamente 23,000	31/05/1970

		personas murieron. El mismo día otra avalancha tuvo lugar entre las lagunas de Llanganuco, que ocasionó daños materiales y la muerte de catorce miembros de la expedición checoslovaca.	
21	Huaylas	Se registró la ruptura del dique morrénico frontal de la laguna Artizon Bajo.	1997
22	Yungay	Se registró una avalancha de hielo y roca proveniente del nevado Huascarán Norte.	10/12/1997
23	Huaraz	Una avalancha de hielo del glaciar Vallunaraju Sur desbordó la laguna Mullaca.	2001
24	Huaylas	Se registró una avalancha sobre la laguna Safuna Alta.	04/2002
25	Huaraz	El derrumbe de la morrena lateral izquierda de la laguna Palcacocha, provocó su desborde, ocasionando que el 60% de la población de Huaraz se desabasteciera de agua potable durante un periodo de seis días.	19/03/2003
26	Yungay	Una avalancha de hielo del nevado Huandoy ocasionó la muerte de nueve personas.	14/10/2003
27	Huari	Se registró el desborde la laguna Matara, debido al colapso de su represa.	2006
28	Huaraz	Se registró en la cabecera de la quebrada Cojup, el desborde de una laguna en formación.	2008
29	Carhuaz	La caída de un gran bloque de hielo y rocas del nevado Hualcán ocasionó un oleaje de gran altura que sobrepasó el dique de la laguna 513.	11/04/2010
30	Yungay	Se registró una avalancha del lado sur este del nevado Huascarán, en la quebrada Ulla.	30/12/2010
31	Yungay	Se registró una avalancha al lado sur oeste del nevado Huandoy, en la quebrada Rajuhuayuna - quebrada Áncash.	27/02/2011
32	Huaylas	La ruptura del dique de la laguna Artizon Bajo ocasionó la muerte de animales y la destrucción de puentes, tramos de carreteras y terrenos de cultivo. No se registraron víctimas humanas.	08/02/2012

Fuentes: (Morales Amao, 1998) (Ames & Francou, 1995) (Santillán, 2009) (Cochachin, Huggel, Salazar, & Torres, 2012).

Al 2017 la Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos, ha identificado veintidós lagunas potencialmente peligrosas, incluyendo un reservorio; el INAIGEM en la actualidad ha confirmado el nivel de alta peligrosidad de ocho lagunas de origen glaciar: Palcacocha, Arhuaycocha, Tullparaju, Cuchillacocha, Rajucolta, Parón, Jatuncocha y 513. Bajo este contexto, es necesario continuar con los estudios complementarios (geológicos, geotécnicos, geofísicos, glaciológicos, etc.) para minimizar el riesgo a la infraestructura existente y las poblaciones asentadas aguas abajo.

Obras de Prevención

A raíz del desborde de la laguna Palcacocha que ocasionó el aluvión del 13 de diciembre de 1941 que destruyó la tercera parte de la ciudad de Huaraz, el Perú fue el país pionero en desarrollar obras civiles de prevención en lagunas peligrosas de origen glaciar. En la década de los años sesenta, con el patrocinio de la Corporación Peruana del Santa y del sub sector minero y eléctrico, se construyeron 35 obras de seguridad, (Figura 5), conformadas por estructuras de desagüe y diques de contención (Fotografía 15), que han cumplido con su finalidad hasta el presente, incrementando

significativamente la seguridad de los pueblos del Callejón de Huaylas y la zona de Conchucos.

Laguna Palcacocha

De acuerdo al último levantamiento batimétrico realizado en febrero de 2016 (ANA, 2016), la laguna cuenta con un volumen de 17'403,353 m³. Estudios de la Universidad de Zúrich y de la Universidad de Texas determinaron posibles avalanchas de hielo de los glaciares colgados de Palcaraju y Pucaranra (Figura 6) de hasta 3 millones de m³ que ocasionarían un aluvión de características catastróficas, que afectarían a la ciudad de Huaraz y a la cuenca del río Santa.

Las obras de seguridad emplazadas en la laguna Palcacocha comprenden dos diques de tierra revestidos con mampostería de piedra, que no garantizan la seguridad de un posible evento catastrófico en las condiciones actuales.

El INAIGEM ha estimado que, de no ejecutarse una nueva obra de prevención en la laguna, se podrían tener 50,000 víctimas mortales y el costo de los daños podría ser del orden de los 9 mil millones de soles. Tabla 9.

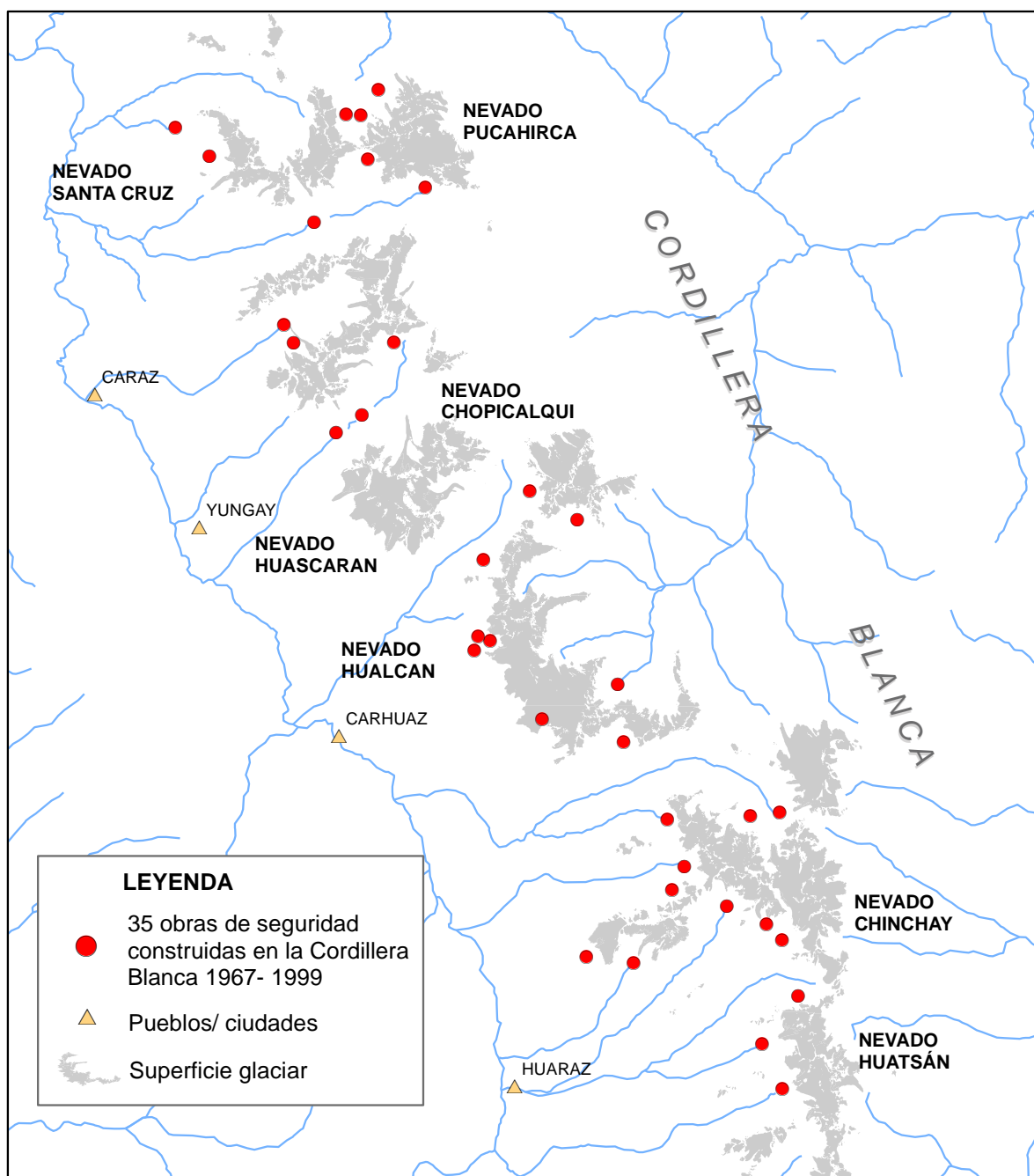


Figura 5. Obras de seguridad en la Cordillera Blanca.

Tabla 9. Potencial de pérdidas económicas

Tipo de afectación	Costo (S/.)
Edificaciones	1,001'052,000
Red de agua potable	17'483,200
Red de desagüe	20'776,000
Infraestructura vial	812'526,616
Infraestructura y producción agrícola	3,089'499,490
Infraestructura eléctrica	2,819'520,000
Turismo y comercio	1,210'680,000
Costos adicionales	100'000,000
Total (S/.)	9,071'537,306



Fotografía 15. Dique de seguridad en la laguna Cuchillacocha.



Figura 6. Modelo de la cadena de procesos de la laguna Palcacocha.

Sistema de monitoreo en tiempo real de la laguna Palcacocha

Resulta indispensable el monitoreo de las lagunas glaciares en peligro, por ello el INAIEM ha implementado un sistema piloto con tecnología WIMAX, de monitoreo en tiempo real de las lagunas glaciares en riesgo, como es el caso de la laguna Palcacocha (INAIEM, 2018). (Fotografía 16 y Fotografía 17) que está ubicada a 4,562 m s.n.m. y es considerada como “peligrosa” por la inminente amenaza que representa para la ciudad de Huaraz. Este sistema registra imágenes en HD en tiempo real de la situación de la laguna y de los glaciares circundantes y se implementarán sensores que transmitan datos como nivel de agua de la laguna, caudal, ruido, movimiento de masas, parámetros climatológicos, etc.



Fotografía 16. Monitoreo en tiempo real de la laguna Palcacocha.



Fotografía 17. Torre de transmisión instalada en la morrena lateral izquierda de la laguna Palcacocha.

4.1.1.3.9. Resultados del inventario

La Cordillera Blanca cubre una superficie glaciaria total de 448.81 km² al 2016, que incluye un área glaciaria cubierta de escombros, con 22.97 km², y un área glaciaria libre de detritos o escombros, y área cubierta de 425.84 km². Tabla 10 y Gráfico 8.

Tabla 10. Superficie glaciaria 2016-Cordillera Blanca

Unidad	Superficie Glaciaria		
	Libre de detritos o escombros	Cubierto	Total
Km ²	425.84	22.97	448.81
%	94.88	5.12	100.00

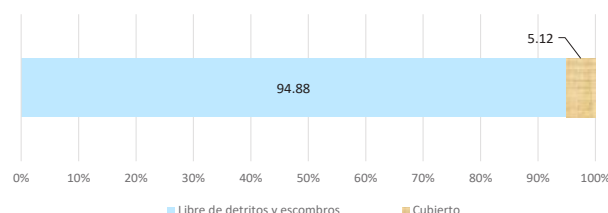


Gráfico 8. Proporción de superficies glaciares 2016 Cordillera Blanca

En el análisis de cambio de superficie, se determinó que en 54 años (1962-2016), el área glaciaria disminuyó en 277.45 km²; observándose que la mayor reducción glaciaria se produjo en los últimos 13 años (2003-2016), que corresponderían a 78.81 km². Gráfico 9 y Figura 7.

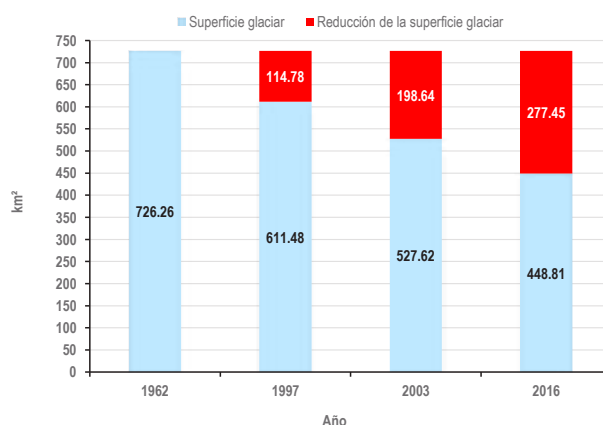


Gráfico 9. Reducción del área glaciaria por períodos (1962-2016).



Figura 7. Reducción de la superficie glaciar en la Cordillera Blanca

4.1.1.3.10. Tendencia estimada de la reducción de la superficie glaciar

Considerando los resultados de los inventarios de 1989 (publicado por Hidrandina S.A. & y reanalizado por INAIGEM al 2016), de 2001 (CONAM), de 2014 (ANA-UGRH) y del 2017 (INAIGEM), se obtiene

una tasa de retroceso de 4.97 km²/año. De acuerdo con estos datos, se estima que los glaciares de la Cordillera Blanca desaparecerían en el año 2111. Sin embargo, es importante mencionar que este valor es una estimación estadística lineal, sujeta a las variaciones y tendencias climáticas futuras a nivel global. Gráfico 10.

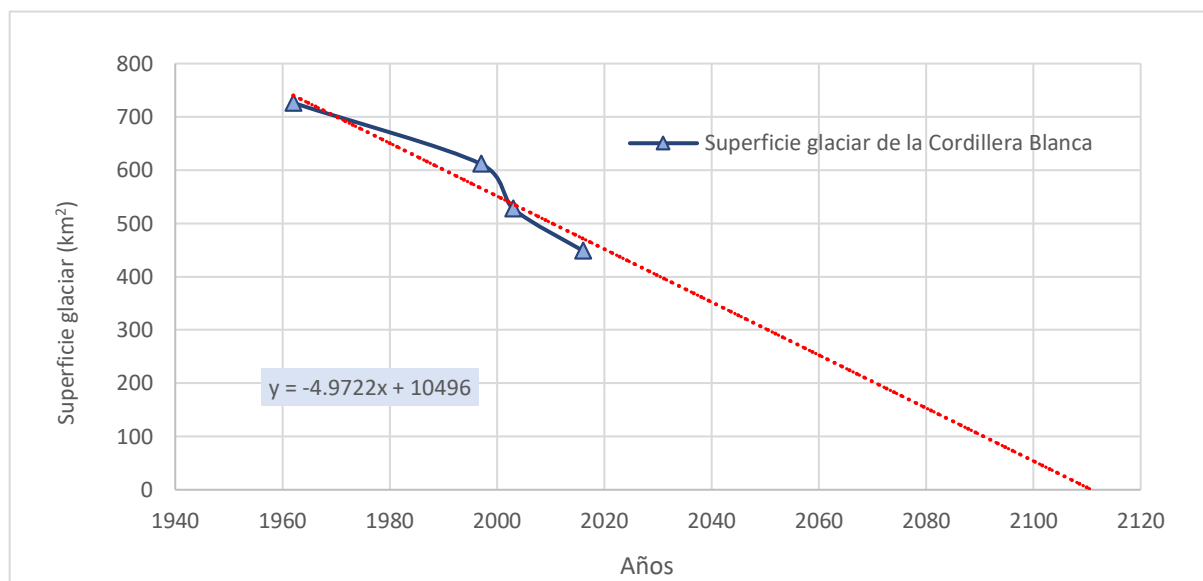


Gráfico 10. Tendencia estimada de reducción de la superficie glaciar en la Cordillera Blanca.

Resumen

- La Cordillera Blanca es la cordillera tropical más extensa y alta del mundo, constituyéndose en la reserva hídrica más importante para los departamentos de Ancash y La Libertad.
- En 54 años (1962-2016), la superficie glaciar de la Cordillera Blanca se redujo a 448.81 km² y perdió 277.45 km², de un total de 726.26 km². De acuerdo con el resultado de los cuatro inventarios, la tendencia muestra una tasa de retroceso glaciar de 4.97 km²/año, a este ritmo y bajo las condiciones climáticas actuales los glaciares desaparecerían el 2111.
- Al 2016, de un total de 448.81 km², la superficie glaciar libre de detritos o escombros representa el 94.88% y la superficie glaciar cubierta por detritos, el 5.12%.
- Dentro del ámbito de la cordillera se han registrado 32 eventos catastróficos de origen glaciar desde 1702 al presente, con pérdidas incalculables de vidas y recursos económicos, siendo la de mayor magnitud, la avalancha del nevado Huascarán de 1970.
- Los recursos hídricos almacenados en la cordillera hacen posible la generación de más de 589 MW de energía a través de las centrales hidroeléctricas del Cañón del Pato y Quitaracsa; así como, hace posible el desarrollo de importantes complejos agroindustriales como CHINECAS (Ancash) y CHAVIMOCHIC (La Libertad).

4.1.2. CORDILLERA HUALLANCA

4.1.2.1. Ubicación

La Cordillera Huallanca forma parte de las cordilleras ubicadas en la zona norte del país, se encuentra al este de la Cordillera Blanca, al norte de la Cordillera Huayhuash y limita con el río Pativilca en su flanco oeste, el río San Juan en su flanco este, el río Torres en su flanco norte y el río Pacllón al sur. El ámbito de influencia de la Cordillera Huallanca es el más pequeño de las cordilleras del Perú, con un área de 991 km² y una longitud aproximada de 46 km. Geográficamente sus límites están comprendidos entre las coordenadas de 10°15'39.79" y 9°48'28.34" de latitud sur y 77°10'44.64" y 76°45' 47.92" de longitud oeste. Políticamente el ámbito se extiende sobre el territorio del departamento de Ancash, en la provincia de Bolognesi, en los distritos de Huallanca, Aquia y Huasta. Mapa 9.

4.1.2.2. Acceso

Para acceder desde Lima al ámbito de influencia de la Cordillera Huallanca se recorre una distancia de 405 km por vía asfaltada; y desde la ciudad de Huánuco son 173 km hasta Huallanca. Otra alternativa es ir de Huaraz a Conococha y luego a la ciudad de Huallanca por vía asfaltada en tres horas.

4.1.2.3. Aspectos Físicos

4.1.2.3.1. Hidrografía y climatología

Esta cordillera aporta hídricamente a la vertiente del Pacífico y a la vertiente del Atlántico. Está limitada por accidentadas quebradas que dan origen a importantes ríos: al oeste el río Pativilca —que nace en la quebrada Piscapaccha— y al río Llamac por el sur se une al río Pativilca—; al norte tenemos al río Torres que baja hasta Huallanca; al este está el río San Juan que después de unirse al río Torres forma el río Vizcarra, que es uno de los tributarios del río Marañón. Hidrográficamente constituye la divisoria de aguas continentales, siendo parte de las cabeceras de cuencas del Pativilca y del Alto Marañón V.

La Cordillera Huallanca tiene tres quebradas principales que vierten sus aguas a la cuenca del río Pativilca: Cajún Ragra, Wishcush y Quero. Estas tres quebradas drenan sus aguas alimentando diversos centros poblados y proyectos hidroenergéticos como las centrales de Pacarenca. En la vertiente del Atlántico tenemos a la central hidroeléctrica Huallanca Nueva, bajo la operación de la compañía minera Santa Luisa S.A.

Las precipitaciones se concentran en la zona nor-oriental de la cordillera, donde se tiene una media anual mayor a los 800 mm, estas se dan principalmente en la estación de verano y son del tipo orográficas, es decir, son producto de

la condensación del vapor de agua contenido en la masa de aire que al ascender se enfría, condensa y precipita, por ello es que el valor de la media anual disminuye hacia la vertiente occidental de la cordillera.

De acuerdo a la clasificación climática de Thornthwaite (SENAMHI, 1988), sobre la cordillera predomina un clima semifrío, lluvioso en verano y deficiente en invierno. Según los datos grillados del proyecto PISCO, la temperatura media anual es entre los 8 °C y 10 °C para zonas ubicadas alrededor de los 3,500 m s.n.m., que es donde se encuentran las ciudades principales como Huallanca, Aquia y Huasta. Luego los valores van disminuyendo mientras se incrementa la altitud llegándose a tener, por sobre los 4,500 m s.n.m., una temperatura media anual de alrededor de 4 °C (Lavado, et al., 2016). Mapa 10.

4.1.2.3.2. Geología y geomorfología

En la zona sur de la Cordillera Huallanca afloran rocas intrusivas que conforman un basamento rocoso competente, incrustándose a las rocas sedimentarias cretácicas como limoarcilitas, margas, areniscas cuarzosas, lutitas y calizas. También se observan rocas volcánicas cenozoicas (INGEMMET, 1996). En la zona central y noroeste de la Cordillera, continúa la presencia de rocas sedimentarias cretácicas como calizas y margas, calizas negras y arcilitas, cubiertas parcialmente por depósitos cuaternarios de baja compacidad. En la zona noreste y este de la cordillera, continúan con la presencia de las rocas sedimentarias cretácicas como areniscas y limolitas rojizas. La superficie ubicada en las cercanías de los glaciares usualmente está cubierta por depósitos cuaternarios de origen glaciar y erosionado por la geodinámica de aguas superficiales.

Estructuralmente presenta fallas regionales acompañadas con fuerte plegamiento de las secuencias sedimentarias, manteniendo una dirección noroeste-sureste, el rumbo andino. La Cordillera Huallanca se ubica dentro del conjunto de la Cordillera Occidental y se caracteriza por tener una variada distribución morfológica donde sobresalen montañas altas con laderas fuertemente empinadas y cimas con cotas que van desde los 4,740 hasta los 5,270 m s.n.m. Se observa, en todo el ámbito de la cordillera, valles típicos en forma de “U” de origen glaciar y amplios fondos de valle, originados por procesos de erosión y acumulación glaciar durante el cuaternario.

Los procesos geodinámicos que han modelado el paisaje actual son principalmente de origen glaciar, facilitando la formación de morrenas y amplios fondos de valle, que han ocasionado cambios en la parte baja de las subcuencas. En la (Fotografía 18), se visualiza la cabecera de la quebrada Rausutara, con valle glaciar al fondo, farallón rocoso sobre ella y el circo glaciar con pequeños rezagos de hielo.



Fotografía 18. Vista de la lengua glaciar del nevado Chaupijanca en la quebrada Chiuruco.

De otra parte, es de precisar que, en las partes más altas se encuentran rocas afectadas por acción de los agentes de meteorización y de las diferencias extremas de temperaturas, encontrándose amplias zonas de oxidación que nos muestran la presencia de áreas mineralizadas. En las partes intermedias, se emplazan pequeñas lagunas de origen glaciar; aguas abajo, se encuentran amplias zonas de superficies planas cubiertas por bofedales con abundante pasto. Fotografía 19.

4.1.2.4. Ecosistemas de montaña

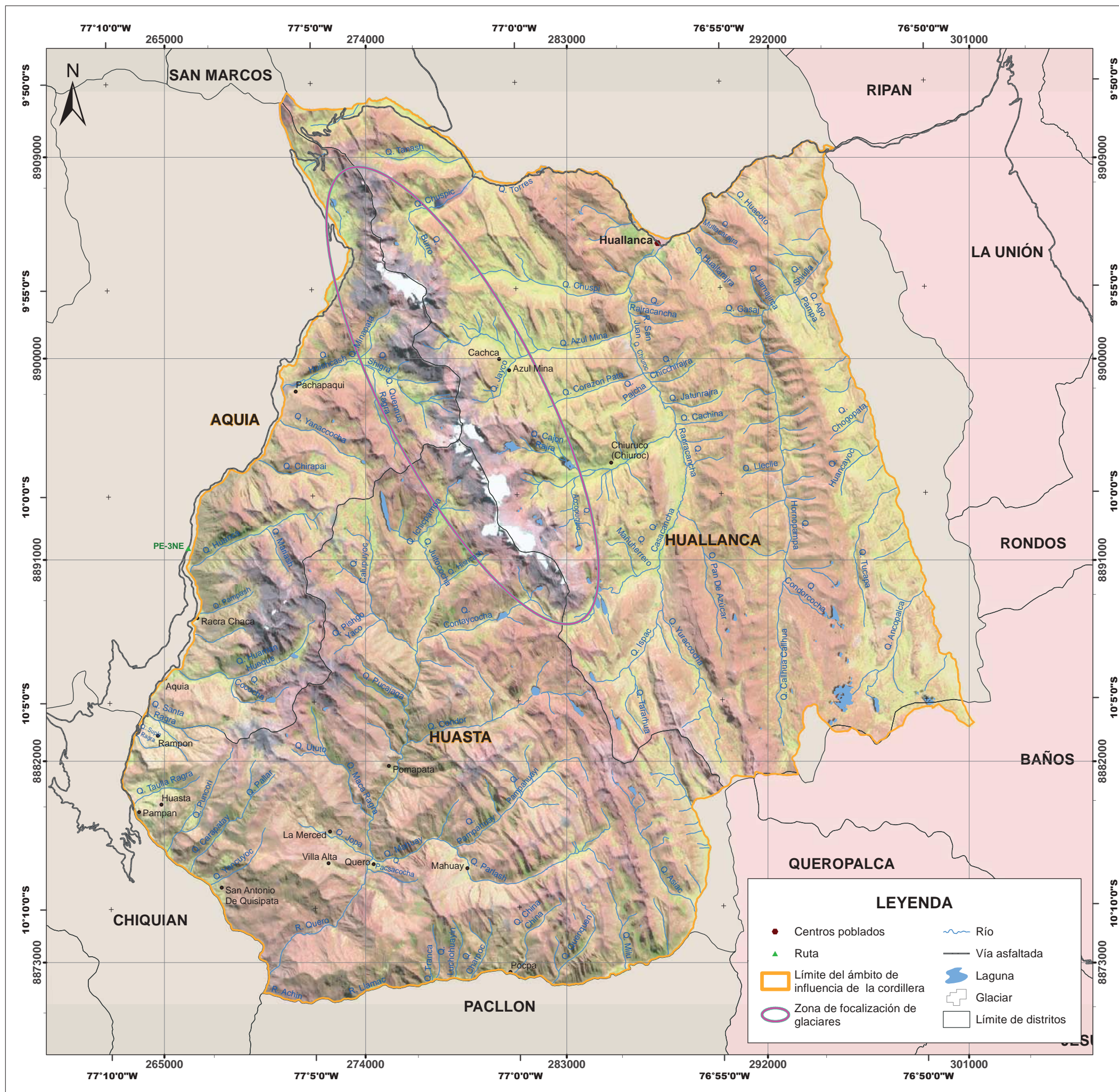
En la Cordillera Huallanca se presentan cuatro ecosistemas que brindan servicios ecosistémicos importantes dentro de sus áreas de influencia. Estos ecosistemas son: bofedales, bosque relicto altoandino, matorral arbustivo y pajonal andino (MINAM, 2017). El pajonal andino ocupa el 82% del territorio, seguido del matorral arbustivo con el 11%. El porcentaje restante lo ocupan los otros dos ecosistemas: el bofedal con el 5% y el bosque relicto altoandino con el 2%. Mapa 11.

Los bofedales de esta cordillera constituyen un ecosistema hidromórfico distribuido en pequeños parches, cercanos a cuerpos de agua y a la formación de césped de puna, ubicado a partir de los 3,800 m s.n.m. Este humedal altoandino se encuentra principalmente en el fondo de los valles fluvio-glaciares de las quebradas Casacancha, Chiuroc, Azul Mina y Chuspi del distrito de Huallanca y en la quebrada Huishcash del distrito de Aquia. Este ecosistema se alimenta del agua proveniente del deshielo del circo glaciar de las quebradas, del afloramiento de

agua subterránea y de la precipitación pluvial. Presenta especies de flora silvestre indicadoras del sobrepastoreo como cóndor cebolla (*Werneria nubigena*), garbancillo (*Astragalus* sp.), acpul (*Aciachne pulvinata*) y acelguilla (*Rumex acetosella*).

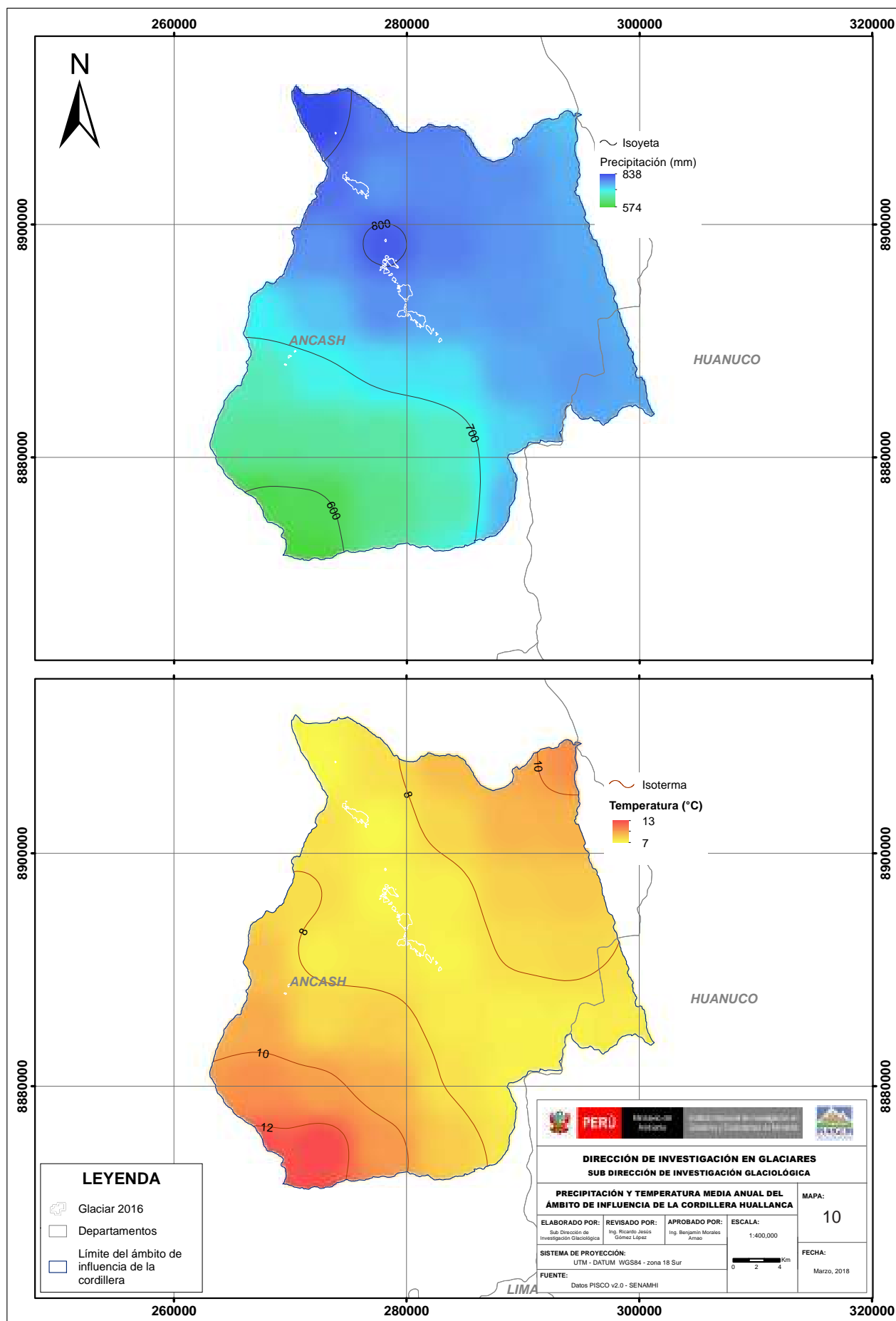
Los bosques relictos altoandinos se encuentran sobre terrenos montañosos con pendientes empinadas y escarpadas, casi inaccesibles y excepcionalmente formando parte de la vegetación ribereña de ciertos ríos y quebradas, aproximadamente entre 3,500 y 4,900 m s.n.m. Se encuentran principalmente en las quebradas Huishcash, Huaman y Hueque del distrito de Aquia, y Carapatay, Maca Ragra, Pucajaga y Milu del distrito de Huasta. Está representado por el género *Polylepis* conocido localmente como queñoal, quinal o quenal, encontrándose en el ámbito de influencia de la Cordillera Huallanca principalmente la especie *Polylepis weberbaueri*. Por otro lado, aunque no está considerado como un bosque relicto altoandino, es importante mencionar al rodal de *Puya raimondii*. Se puede observar esta especie vegetal en el sector Pachapaqui del distrito de Aquia.

Las especies arbustivas representativas de esta Cordillera son: *Lupinus balianus* (chocho), *Baccharis tricuneata* (tayanco), *Parastrephia lepidophylla* (tola), *Diplostephyum* sp., *Dunalia spinosa*, *Hesperomeles* sp. (manzanita), *Brachyotum* sp., *Tibouchina* sp., *Aristeguietia* sp., *Senna birostris* (mutuy), *Berberis lutea*, *Monnina* sp. y *Solanum* sp.



DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN EN GLACIARES SUB DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN GLACIOLÓGICA			
UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁMBITO DE INFLUENCIA DE LA CORDILLERA HUALLANCA			MAPA: 9
ELABORADO POR: Sub Dirección de Investigación Glaciológica	REVISADO POR: Ing. Ricardo Jesús Gómez López	APROBADO POR: Ing. Benjamín Morales Amao	ESCALA: 1:180,000
SISTEMA DE PROYECCIÓN: UTM - DATUM WGS84 - zona 18 Sur			FECHA: Marzo, 2018

Mapa 9. Ubicación geográfica del ámbito de influencia de la Cordillera Huallanca



Mapa 10. Precipitación y temperatura del ámbito de influencia de la Cordillera Huallanca.



Fotografía 19. Subcuenca glaciar de la quebrada Shicra Shicra con tres pequeños afluentes que convergen. Foto: Morales, 2008.

4.1.2.5. Aspectos socio económicos culturales

4.1.2.5.1. Población

La población estimada para el ámbito de influencia de la cordillera presentó un decrecimiento del 6% en 16 años, debido principalmente a la migración de la población joven que sale en busca de mejores oportunidades económicas y de estudios superiores (INEI, 2018). La densidad poblacional calculada para el ámbito de influencia de la cordillera es de 8 habitantes por km² y la tasa poblacional promedio anual es de -0.20% Tabla 11.

Tabla 11. Población del ámbito de influencia de la Cordillera Huallanca

Año	Huallanca (0.57*)	Huasta (0.98*)	Aquia (0.32*)	Total
2000	4,820	2,363	1,067	8,250
2001	4,836	2,380	1,053	8,268
2002	4,849	2,394	1,038	8,282
2003	4,859	2,408	1,023	8,290
2004	4,866	2,419	1,007	8,292
2005	4,872	2,428	991	8,291
2006	4,871	2,437	974	8,283
2007	4,869	2,445	957	8,271
2008	4,862	2,453	939	8,254
2009	4,849	2,461	921	8,231
2010	4,834	2,468	903	8,206
2011	4,815	2,476	884	8,176
2012	4,792	2,484	866	8,142
2013	4,764	2,492	847	8,103
2014	4,733	2,500	828	8,061
2015	4,694	2,507	808	8,010

Fuente: INEI. (*) Factor de incidencia territorial.

4.1.2.5.2. Energía y minería

La población del ámbito de influencia de la cordillera se abastece con el sistema interconectado nacional de energía eléctrica, de las pequeñas centrales hidroeléctricas de Paracarenca, de San Judas Tadeo y de la central del distrito de Huallanca.

En la actualidad, la actividad minera está representada por el complejo minero Huanzalá, a 8 km de la ciudad de Huallanca, de la compañía minera Santa Luisa S.A., que es un yacimiento polimetálico con mineralización económica de plata, zinc, plomo y cobre. También por el proyecto minero Hilarión-El Padrino de la compañía Minera MILPO S.A.A., que se encuentra en etapa de exploración, y por la compañía minera ICM-Pachapaqui, de un consorcio coreano de metales de zinc y plomo (MEM, 2018). Además de estos proyectos de pequeña y mediana minería, existen una serie de explotaciones de la minería informal.

4.1.2.5.3. Agricultura y ganadería

La zona tuvo un gran desarrollo ganadero con una producción de derivados lácteos (quesos, mantequilla y otros) de muy buena calidad, a tal punto que llegaron a ser el referente regional por calidad y cantidad de producción. Empero, a partir de la reforma agraria de la década de los setenta del siglo pasado, se desarticuló la base semi-industrial de la producción quesera, especialmente en Chiuruco. Sin embargo, las zonas de Aquia y Huasta mantienen una producción de derivados lácteos que es la más importante en el departamento de Ancash.

Respecto al uso de la tierra, aproximadamente el 21.2% de la superficie del ámbito de la cordillera se encuentra en uso directo. Notamos que las tierras destinadas a pastos naturales no manejados y la superficie con cultivos diversos representan los mayores porcentajes (29.18% y 23.93%, respectivamente), haciendo un total de 20,655 ha; en tanto que, la superficie con cultivos representa el 23.93% (9,306 ha). Entre los principales cultivos tenemos: papa, oca, mashua, olluco, tarwi, habas, y algunas especies de pastos cultivados como: alfalfa, trébol



y phalaris (CENAGRO, 2012); siendo en su mayoría cultivos de baja productividad y de autoconsumo.

Podemos distinguir también, que la superficie de pastos naturales manejados abarca 7,413 ha representando el 19% de la superficie total. Llama la atención la reducida área destinada a montes y bosques, con solo 1.73%.

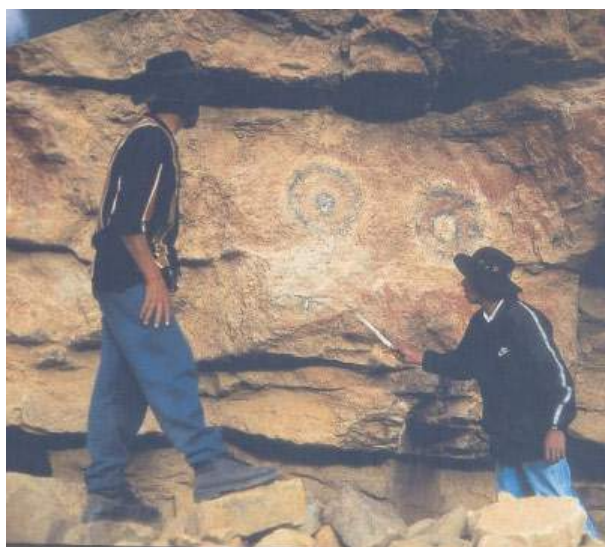
4.1.2.5.4. Turismo y cultura

El turismo es aún una actividad incipiente y esporádica, restringida a las épocas de fiestas de los pueblos (julio y diciembre). En la actualidad, la infraestructura hotelera y de restaurantes ha mejorado y aumentado por requerimientos de la minería y el sector energético (Antamina, MILPO y Huanzala). Existe la necesidad de desarrollar rutas turísticas y circuitos que incluyan los atractivos naturales y culturales de las provincias de Bolognesi, Dos de Mayo, Yarowilca y Lauricocha. Los principales recursos turísticos son: las aguas termales de Conoc en la quebrada de Azulmina, que antiguamente sirvieron como baños del Inca; los baños termales de Berracuyoj que contiene una gran cantidad de sulfuro de azufre que cura las diversas enfermedades cutáneas y Buen Retiro, que permanentemente es visitado por los huallanquinos y por los turistas.

Aunque no se tiene información sobre sitios arqueológicos ubicados directamente dentro de la Cordillera Huallanca, existen sitios conocidos en áreas cercanas. Cerca de los pueblos modernos de Aquia y Huasta, ambos capitales de distritos homónimos pertenecientes a la provincia de Bolognesi, hay unas cuevas que contienen evidencias arqueológicas importantes. Cerca de Aquia, la cueva principal se llama Pucamachay y contiene pinturas rupestres y entierros humanos, hasta ahora solamente difundidos a través de artículos periodísticos y en un libro. Las pinturas rupestres incluyen diseños de forma zoomorfa, antropomorfa y geométrica, ejecutados mayormente con pigmentos de color blanco, rojo y negro. En la década de 1980 removieron muchos textiles prehispánicos de entierros en Pucamachay, pero no se ha logrado concretar un museo local para exhibirlos. Fotografías 20a y 20b.



Fotografía 20a



Fotografía 20b. Pinturas rupestres zoomorfas y geométricas de la cueva Pucamachay. Fotos: I. Govea.

En el año de 2017, se difundió en los medios de comunicación el hallazgo de muchas momias en las cuevas de Huacauya, cerca del pueblo de Huasta. En estas pequeñas cuevas o abrigos rocosos, se encuentran grupos de cuerpos humanos desecados en posición sentada y a menudo envueltos en telas o sogas. El estudio preliminar de algunos textiles sugiere una ocupación del Período Intermedio Tardío (1000 a 1460 d. C.) (DDC - Ancash, 2017).

4.1.2.6. Inventario de la superficie glaciar

4.1.2.6.1. Antecedentes

Entre 1970 y 1989, se realiza el primer inventario de las dieciocho cordilleras glaciares del Perú, usando fotografías aéreas del SAN de 1962, donde se determina un área de cobertura glaciar de 20.91 km² en 56 glaciares en la Cordillera Huallanca (Hidrandina S.A., 1989). Un segundo análisis realizado por INAIGEM, a través de la reconstrucción de superficies glaciares con imágenes satelitales LANDSAT de 1975, calculó 21.05 km² de cobertura glaciar en la Cordillera Huallanca.

Debido al visible retroceso de los glaciares en las cordilleras peruanas, en 1997 se efectúa un nuevo inventario nacional de glaciares. El material básico de trabajo fueron las imágenes del satélite LANDSAT tomadas en el período 1995-1997, obteniéndose un área de cobertura glaciar de 17.64 km² en la Cordillera Huallanca (CONAM, 2001).

Entre los años 2003 al 2014, se realiza el tercer inventario de glaciares y lagunas, ejecutado por la Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos (UGRH) de la ANA, en base al procesamiento de imágenes satelitales SPOT, ASTER, LANDSAT y LISS III de las 19 cordilleras

nevadas del Perú, obteniéndose un área de cobertura glaciar de 7.01 km² y 43 glaciares para la Cordillera Huallanca (ANA, 2014).

En el año 2016, el INAIGEM efectuó el cuarto inventario de las coberturas glaciares de las dieciocho cordilleras glaciares del Perú, registrando un área de cobertura glaciar de 5.24 km² en la Cordillera Huallanca.

4.1.2.6.2. Descripción de los glaciares

Los glaciares en esta Cordillera se encuentran dispersos a lo largo de 20 km de la cadena montañosa de los andes occidentales, desde el pico Tancan (ya sin glaciar) en su extremo norte, hasta el pico Gayco Raju en su extremo sur. Dentro de la cordillera encontramos glaciares de tipo montaña, los cuales se encuentran adheridos a los flancos de las laderas. La mayoría no muestran una cuenca definida de valle, pero si es importante mencionar que la zona de acumulación en la mayoría de estos está claramente definida.

El nevado El Burro (5,269 m s.n.m.), ubicado encima del centro poblado de Pachapaqui, es el de mayor volumen mientras que las superficies glaciares del Chaupijanca en la quebrada de Chiuroco, son las más extensas. En la parte sureste predominan los glaciares del Gayco Raju.

La lengua glaciar de Chaupijanca Norte es la que mejor define una típica lengua glaciar con sus límites claramente establecidos, donde se han realizado estudios de inventario y monitoreo de glaciares, así como investigaciones micro climáticas con la Universidad Nacional Agraria La Molina y perfiles geofísicos para determinar su profundidad, todo esto financiado por la compañía minera MILPO S.A.A. hasta el 2012 (Morales B., 2013). Figura 8.

Las masas glaciares se distribuyen desde los 4,740 hasta los 5,277 m s.n.m., donde el punto más alto es el nevado El Burro con 5,277 m s.n.m. Otros picos importantes que conforman la cordillera son el Chaupijanca con 5,263 m s.n.m. y el Tancan con 5,086 m s.n.m.

La mayoría de glaciares presentan superficies libres de detritos (99.63% de la superficie total); y las lenguas o superficies glaciares, cubiertas parcial o totalmente por materiales detríticos y escombros, representan el 0.37%.

4.1.2.6.3. Monitoreo de glaciares

Los estudios glaciológicos dentro de la Cordillera se inician el año 2007, por la compañía Minera MILPO S.A.A., como parte del compromiso y responsabilidad ambiental. Se impulsa una serie de investigaciones

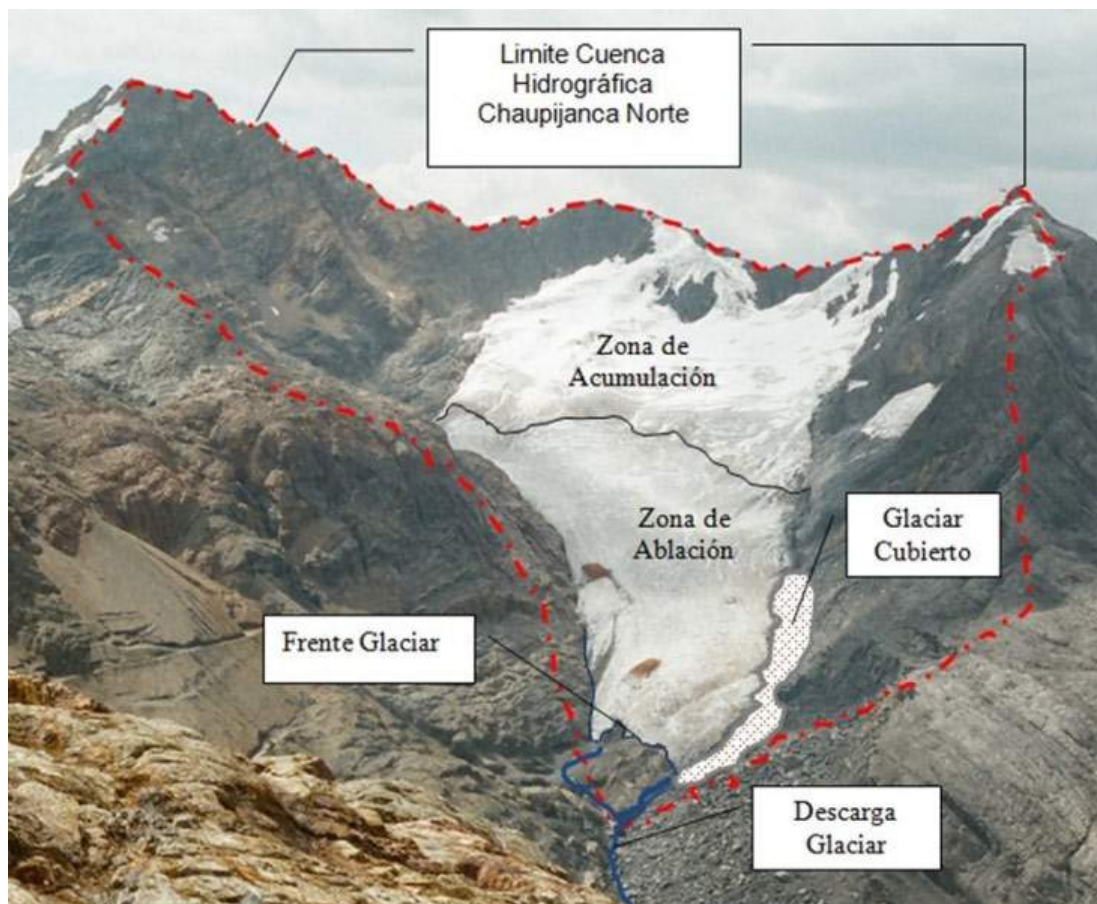


Figura 8. Investigaciones glaciológicas en el Chaupijanca Norte. Fuente: Morales, 2008.

glaciológicas en los glaciares de Chaupijanca Norte, Chaupijanca Sur y Shicra, proporcionando información acerca de la evolución glaciar en base a los cálculos de balance de masa e investigación del glaciar. Así mismo, se efectuaron otras investigaciones mediante ensayos sobre la conservación y preservación de la superficie glaciar, empleando coberturas con ichu y aserrín de madera sobre la lengua glaciar de Chaupijanca, además se efectuaron investigaciones micrometeorológicas (Morales B. , 2012).

La línea de equilibrio es la que divide a las zonas de ablación y de acumulación (Figura 9). En la zona de acumulación se hace un pozo para determinar la densidad de la nieve que multiplicada por el espesor anual de la nieve depositada a partir de la línea de equilibrio se tiene el equivalente de agua acumulada en 245,177 m² de 266,786.90 m³ anuales. Bajo la línea de equilibrio se tiene la zona de ablación con 108,147.5 m², para calcular el volumen de agua fusionada, se multiplica las alturas promedio de la fusión de las balizas de ablación (CH), en secciones de ablación equivalente por sus áreas parciales, teniendo como resultado un balance de masas con una pérdida de 506,777 m³. (Morales B. , 2012).

Además, se han realizado estudios meteorológicos a cargo del Departamento de Meteorología de la Universidad Nacional Agraria La Molina, con la finalidad de complementar los monitoreos glaciológicos; y estudios,

a través de encuestas a los miembros de la comunidad campesina de Chiurucu y Huallanca, sobre la percepción de las consecuencias del cambio climático.

En la actualidad al encontrarse las condiciones geomorfológicas y de acceso adecuadas, se continúan realizando estudios glaciológicos con el apoyo de la empresa privada (Proyecto Hilarión – compañía minera MILPO S.A.A.). Fotografía 21 y Fotografía 22.

4.1.2.6.4. Lagunas de origen glaciar

Por efecto de la deglaciación, se han formado una serie de lagunas, que por su belleza y magnitud son recursos de gran importancia para las comunidades que habitan aguas abajo.

Juitucocha es la laguna más importante de la Cordillera Huallanca: tiene una extensión del orden de los 2 km y se encuentra dentro de la amplia cuenca hidrográfica de Collota, en la quebrada de Juitucocha. Dentro de esta misma cuenca hidrográfica del distrito de Huasta, se encuentran las lagunas de Gayco, Contaycocha (Fotografía 23) y Condorcocha que constituyen recursos hídricos importantes para la cuenca del río Pativilca.

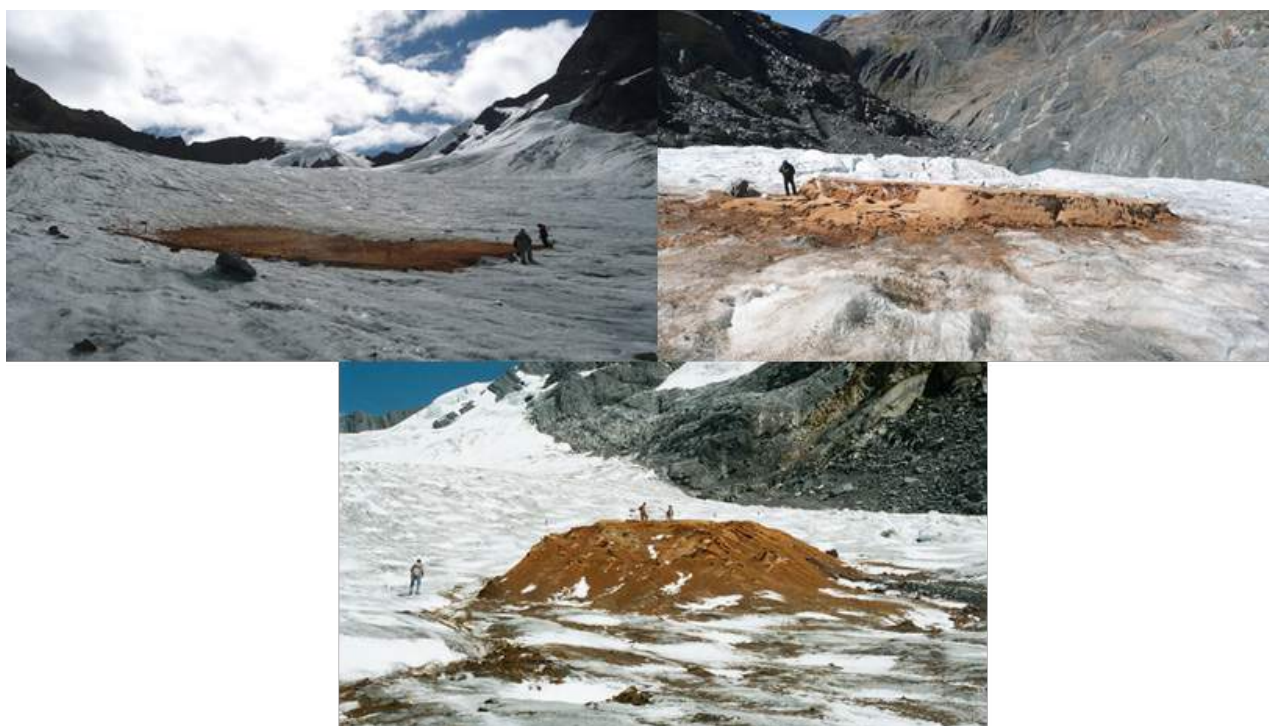
En la vertiente oriental de la Cordillera Huallanca, las lagunas más importantes son Aguas Cocha Superior e Inferior, siendo la última de un especial significado por su magnitud, con más de tres millones de m³. Aguas



Figura 9. Medición del balance glaciar 2012.



Fotografía 21. Perforación térmica para la colocación de las estacas en la zona de ablación



Fotografía 22. Instalación de las parcelas de experimentación - Chaupijanca Norte.



Fotografía 23. Laguna de Contayccocho. Fuente: Morales, 2008

abajo de estas lagunas, se han represado las aguas de la quebrada Cajón Ragra formándose una laguna artificial. En la misma quebrada de Chiuroco, en su extremo sur se encuentra la laguna de Azulcocha, en la cabecera de la quebrada Accopuquio. En el extremo sur de la Cordillera Huallanca, se tiene a las lagunas de Susococha —que descarga sus aguas al río San Juan— y a la laguna Aguashcocha Alta, ubicada en la quebrada Raira.

4.1.2.6.5. Riesgos de origen glaciar

Las investigaciones glaciológicas en la Cordillera Huallanca fueron ejecutadas con el objetivo de determinar las condiciones de seguridad y variaciones por efecto del cambio climático en la lengua del glaciar Chaupijanca Norte (Morales B. , 2013). Así mismo, se realizaron estudios geofísicos de refracción sísmica cuyos resultados han podido determinar indirectamente que la pendiente superficial y del lecho rocoso tienen 25° a 35° aproximadamente. Estos resultados podrían dar una relativa seguridad a la estabilidad de la masa glaciar cuyo espesor varía aproximadamente entre 25 a 30 m en la parte superior y 5 m en la zona glaciar media. En este contexto, se puede interpretar una baja probabilidad de desborde de las lagunas Aguashcocha alta y baja por avalanchas, que puedan ocasionar aluviones e inundar la parte baja de la quebrada Chiuroco. En el glaciar Chaupijanca Sur, que tiene laderas de pendientes entre 20° a 25° aproximadamente, existen desprendimientos de pequeñas porciones de hielo, los cuales se desintegran al caer sobre la superficie rocosa; lo que no constituye un riesgo para las lagunas Aguashcocha alta y baja, y para la quebrada Chiuroco.

Finalmente, cabe destacar que, a pesar de tener estudios glaciológicos sobre las masas glaciares del Chaupijanca Norte y los riesgos asociados sobre las lagunas Aguashcocha alta y baja, resulta indispensable el monitoreo permanente de su entorno. Esto a fin de garantizar la seguridad física de las poblaciones emplazadas en zonas cercanas aguas abajo y considerando también la localización espacial de la Cordillera Huallanca en el mapa de sismicidad del Perú —ubicándose en una zona de alta sismicidad—, situación que podría contribuir como un evento detonante para el entorno.

4.1.2.6.6. Resultados del inventario

La Cordillera Huallanca cubre una superficie glaciar total de 5.24 km² en el 2016 y, de este resultado, 5.22 km² corresponden a superficies libres de detritos o escombros, y 0.02 km² son áreas cubiertas, Tabla 12 y Gráfico 11.

Tabla 12. Superficie glaciar al 2016-Cordillera Huallanca

Unidad	Superficie Glaciar		
	Libre de detritos o escombros	Cubierto	Total
Km ²	5.22	0.02	5.24
%	99.63	0.37	100.00

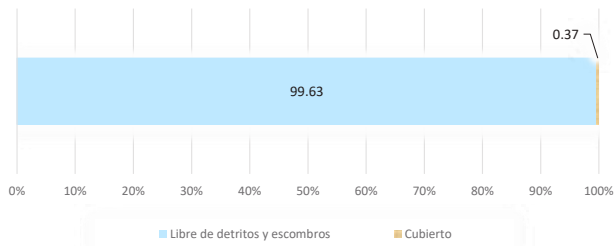


Gráfico 11. Proporción de superficies glaciares 2016-Cordillera Huallanca

En el análisis de cambio de superficie, se determinó que en 54 años (1962-2016) el área glaciár disminuyó en 15.81 km². Gráfico 12 y Figura 10.

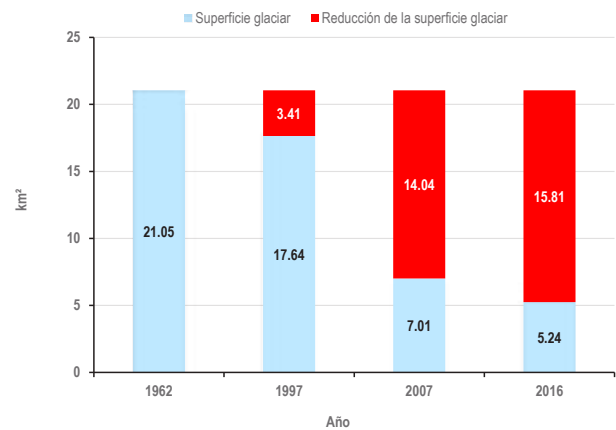


Gráfico 12. Reducción del área glaciár por períodos (1962-2016) - Cordillera Huallanca.



Figura 10. Reducción de la superficie glaciár en la Cordillera Huallanca.

4.1.2.6.7. Tendencia estimada de reducción de la superficie glaciar

Considerando los resultados de los inventarios de 1989 (publicado por Hidrandina S.A. & y reanalizado por INAIGEM al 2016), de 2001 (CONAM), de 2014 (ANA-UGRH) y del 2017 (INAIGEM), se obtiene

una tasa de retroceso de 0.29 km²/año. De acuerdo con estos datos se estima que los glaciares de la Cordillera Huallanca desaparecerían en el año 2039. Sin embargo, es importante mencionar que este valor es una estimación estadística lineal, sujeta a las variaciones y tendencias climáticas futuras a nivel global. Gráfico 13.

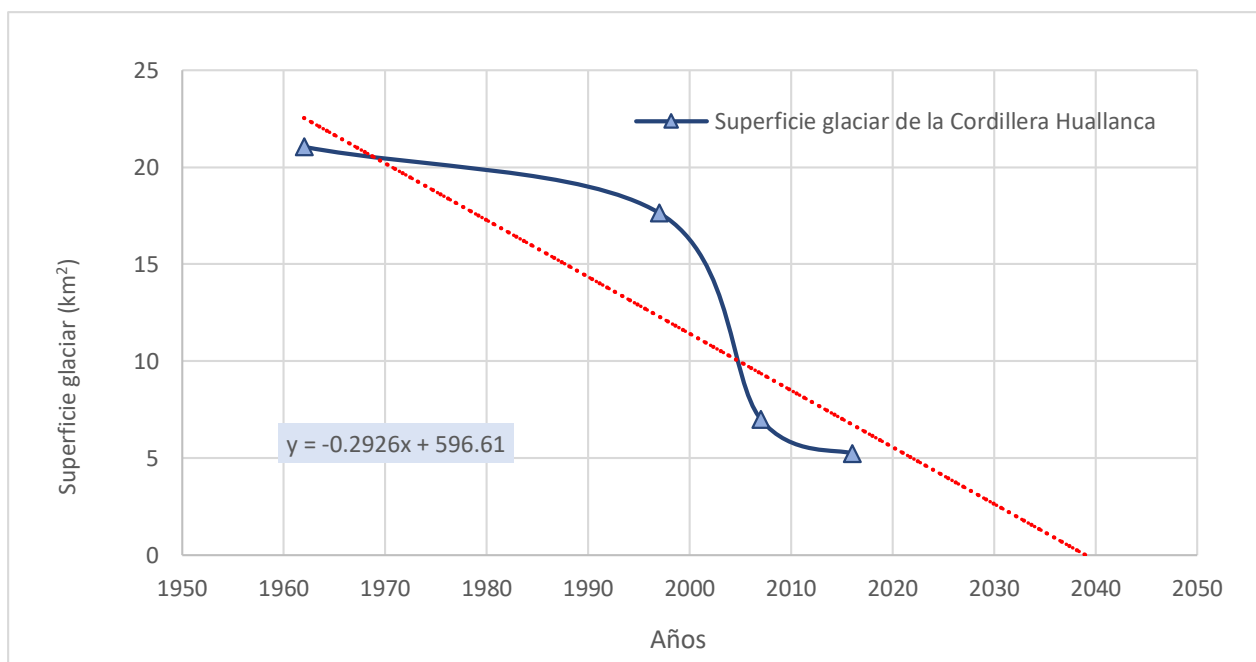


Gráfico 13. Tendencia estimada de reducción de la superficie glaciar de la Cordillera Huallanca

Resumen

- El proceso de desglaciación ha afectado fuertemente a la Cordillera Huallanca, habiéndose reducido su área glaciar en un 75.11%, es decir, ha pasado de tener 21.05 km² en 1962 a 5.24 km² en el 2016. En 54 años se han perdido 15.81 km² de área glaciar.
- La masa glaciar y las lagunas de origen glaciar actualmente no representan peligros inminentes que eleven el riesgo de las poblaciones asentadas en la zona de influencia de la Cordillera Huallanca.
- La principal actividad económica de la población asentada en el área de influencia de la Cordillera Huallanca es la minería, seguida del comercio y la actividad agropecuaria. El desarrollo del turismo es muy incipiente a pesar del enorme potencial geográfico y cultural que posee.
- Los glaciares del flanco occidental de la Cordillera Huallanca presentan un proceso de evolución natural dentro del contexto de cambio climático a nivel global. La disminución de las superficies glaciares es concordante con las cordilleras de similar altura, como Raura, Huaytapallana.

4.1.3. CORDILLERA HUAYHUASH

4.1.3.1. Ubicación

La Cordillera Huayhuash forma parte de las cordilleras ubicadas en la zona norte del país y se encuentra entre las cordilleras Huallanca y Raura, colindando con sus ámbitos de influencia por el norte y sur, respectivamente. El ámbito de influencia de la cordillera tiene un área de 1,167 km² y una longitud aproximada de 57 km, sus límites geográficos están comprendidos entre las coordenadas de 10°34'31.21" y 10°03'18.23" de latitud sur y 77°16'51.99" y 76°40'18.30" de longitud oeste.

Políticamente el ámbito se extiende parcialmente sobre los territorios del departamento de Lima (en la provincia de Cajatambo), Ancash (en la provincia de Bolognesi) y Huánuco (en la provincia de Lauricocha). Mapa 12.

4.1.3.2. Acceso

La Cordillera Huayhuash es accesible por vía aérea desde el aeropuerto Jorge Chávez en el Callao al aeropuerto de Anta en la provincia de Carhuaz (45 minutos); de allí, en carretera asfaltada se llega a la ciudad de Huaraz en 20 minutos y de ahí en 5 horas aproximadamente se hace un recorrido de 150 km hasta el pueblo de Llamac, distrito de Pacllón. Por vía terrestre, de Lima se arriba a Huaura en 2 horas, para luego seguir la ruta Sayán, Churín, Yanahuanca y Cajatambo, desde donde se puede iniciar la caminata a los glaciares, haciendo un total de 11 horas. Otra alternativa es la ruta Lima-Conococha-Chiquián (vía asfaltada), y, Chiquián-Pacllón (trocha carrozable).

4.1.3.3. Aspectos Físicos

4.1.3.3.1. Hidrografía y climatología

La red hídrica de esta cordillera confluye hacia las vertientes del Pacífico y del Atlántico. En el flanco occidental, los ríos son: en el norte, Llámac y Pativilca; y en el sur, Pumarín y Huayllapa confluyen en el río Pativilca. Sobre esta zona hay una gran presencia de glaciares y de lagunas de origen glaciar ubicadas en la cabecera de cuenca. Está red hídrica aporta sus aguas a la costa, abasteciendo a la población y a diversos proyectos hidroenergéticos, industriales y agroindustriales.

En el flanco oriental, la quebrada Cocanmachay y el río Huayhuash son los que limitan el ámbito de la cordillera, y que al juntarse forman el río Nupe, que más adelante formará parte del río Marañón. Sobre esta zona la presencia de glaciares y lagunas de origen glaciar es abundante.

En la vertiente oriental de la cordillera se concentran los máximos valores de precipitación obteniéndose una media anual mayor a los 900 mm, se dan principalmente

en la estación de verano y son del tipo orográficas. Hacia el lado occidental, se tiene una disminución de sus valores llegando hasta alrededor de los 400 mm de precipitación media anual para zonas ubicadas en los 3,000 m s.n.m.

De acuerdo a la clasificación climática de Thornthwaite (SENAMHI, 1988), sobre esta cordillera predomina un clima semifrío, lluvioso en verano y seco en invierno; y, según los datos grillados del proyecto PISCO, la temperatura media anual se encuentra entre los 14 °C y 16 °C para zonas ubicadas alrededor de los 3,000 y 3,500 m s.n.m., que es donde se encuentran las principales ciudades como La Primavera y Mangas. Luego, los valores van disminuyendo mientras se incrementa la altitud, llegando a tener por sobre los 4,500 m s.n.m. una temperatura media anual de alrededor de 4 °C (Lavado, et al., 2016). Mapa 13.

4.1.3.3.2. Geología y geomorfología

En la zona este de la Cordillera Huayhuash, afloran rocas sedimentarias cretácicas compuestas por areniscas, arcilitas, mantos de carbón, calizas grises, limolitas, areniscas calcáreas, calizas margosas negra bituminosa y calizas masivas grises clara, afectadas a diferentes niveles de meteorización y erosión por su variable competencia. Hacia la parte central y Suroeste de la cordillera, afloran rocas volcánicas cenozoicas compuestas mayormente por rocas piroclásticas, lavas andesíticas e ignimbritas dacíticas que suprayacen a estratos sedimentarios cretácicos, compuestos por areniscas, arcilitas, calizas y limoarcilitas. Se observan también la existencia de stocks intrusivos que intruyen a las rocas pre-existentes. Hacia el sector occidental de la cordillera, se presentan una secuencia sedimentaria conformada por arcillitas, limolitas y areniscas. La unidad más antigua dentro de esta cordillera está compuesta por arcillitas con niveles de carbón. Finalmente, gran parte de la superficie está tapizada por depósitos cuaternarios principalmente de origen glaciar, fluvio-glaciar y aluvial. Estructuralmente, las rocas sedimentarias tienen una clara orientación andina noroeste sureste, así como las estructuras existentes (plegamientos, anticlinales y sinclinales).

La Cordillera Huayhuash forma parte de la Cordillera Occidental y se caracteriza por tener una variada distribución morfológica, sobresaliendo montañas altas con laderas fuertemente empinadas y cimas con cotas mayores a los 5,000 m s.n.m., hacia el Este y centro del área de estudio. Hacia la parte sur y suroccidental, se ha identificado la presencia de montañas de menor altura con mayor modelamiento regional. Los valles típicos en "U" de origen glaciar y amplios fondos de valle, se observan en todo el ámbito de la cordillera, los cuales han sido originados por procesos de erosión y acumulación cuaternaria. Fotografía 24.



Fotografía 24. Cadena montañosa de la Cordillera Huayhuash.

La principal geodinámica que ha modelado el área superficial es de origen glaciario e hídrico-gravitacional, originando diferentes tipos de procesos geodinámicos como avalanchas, huaycos, flujos de detritos y escombros, inundaciones en forma muy local, y movimientos en masas como deslizamientos.

4.1.3.4. Ecosistemas de montaña

En la Cordillera Huayhuash se presentan cuatro ecosistemas que brindan servicios ecosistémicos importantes dentro de sus áreas de influencia. Estos ecosistemas son: bofedales, bosque relicto altoandino, matorral arbustivo y pajonal andino. Los servicios que brindan estos ecosistemas están orientados a la regulación hídrica, mantenimiento de la biodiversidad, secuestro de carbono, belleza paisajística y formación de suelos, entre otros (MINAM, 2017).

El pajonal andino ocupa el 44% del territorio, seguido del matorral arbustivo con el 19% y el porcentaje restante lo ocupan los otros dos ecosistemas: el bofedal con el 5% y el bosque relicto altoandino con el 1%.

La biodiversidad del entorno de la Cordillera Huayhuash es muy rica como en todo el macizo andino. Algunas de las lagunas están circundadas por grandes bosques de quenuales (*Polylepis racemosa*) y quisuares (*Buddleja incana*). Por debajo de los glaciares ocupa gran extensión el ichu en sus distintas variedades (*Stipa brachyphylla*, *Stipa ostusa*, *Stipa inconspicua*) como forraje para la cría de animales. Existe una gran variedad de plantas, que van desde líquenes, musgos, plantas almohadilla (*Plantago rigida*), plantas medicinales como la huamanripa (*Senecio tephrosioides*) y la huila huila (*Senecio canescens*).

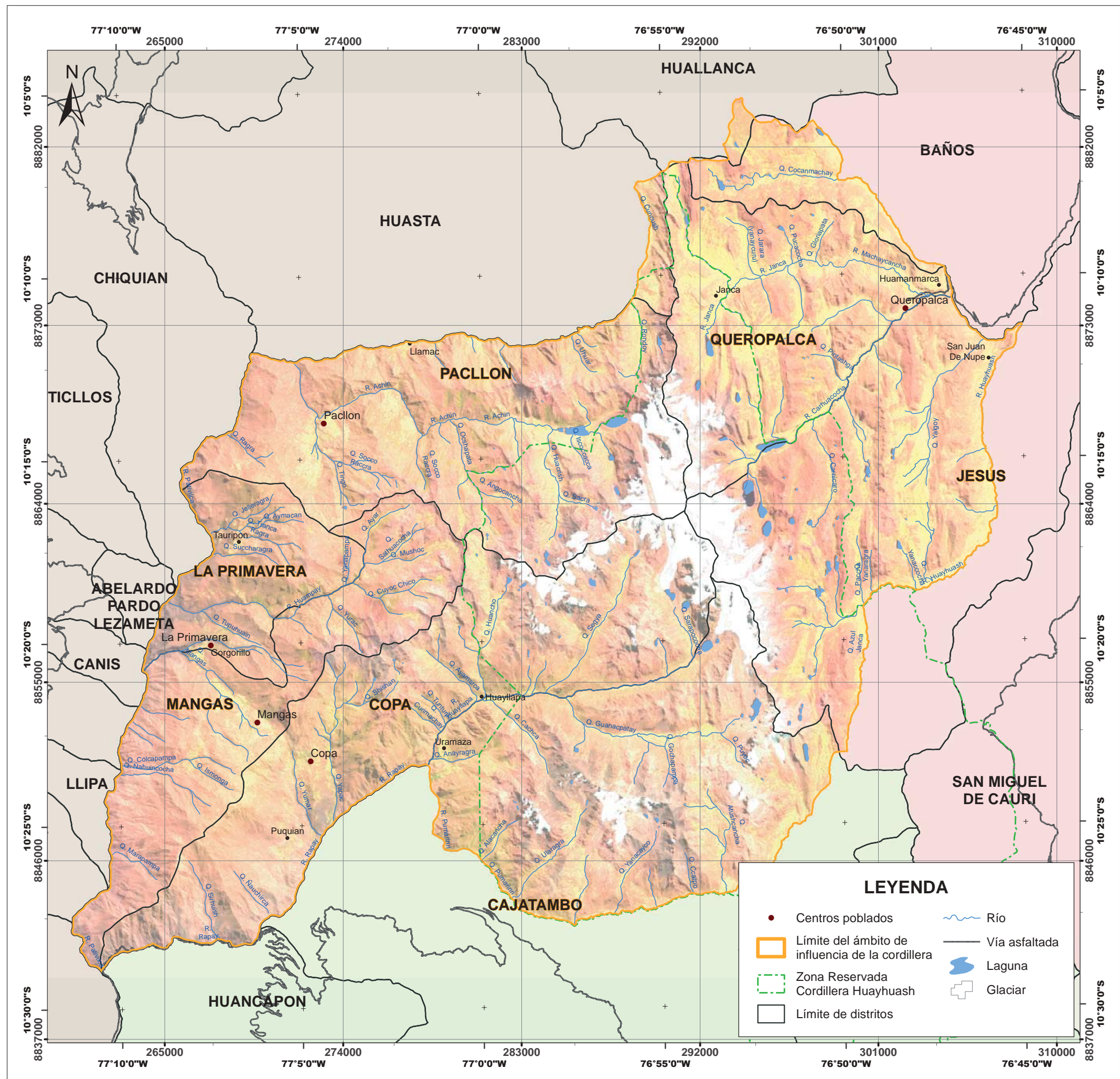
En los totorales (*Juncus balticus*) de las lagunas naturales anidan los ibis andinos (*Plegadis ridgwayi*), las huachuas o gansos andinos de plumas blanquinegras (*Chloephaga melanoptera*), patillos de distintas especies, picaflores de varias especies, golondrinas migratorias (*Hirundo rustica*), además de aves que viven en los pajonales de altura como la perdiz de puna (*Tinamotis pentlandii*).



Por otro lado, la Cordillera Huayhuash está expuesta a una constante presión por la extracción de sus recursos, tanto animales como vegetales, y en los últimos años la actividad minera ha comenzado a incrementar esta presión sobre la zona. Las comunidades, quienes son propietarias de la tierra, están permitiendo la exploración y explotación de los yacimientos mineros por cuanto constituyen una fuente de ingreso. Sin embargo, dicha fuente de ingreso es a corto plazo, ya que tales beneficios no justifican el deterioro del medio ambiente cuyos efectos son la remoción de la tierra fértil, y la contaminación en tierras aledañas y en las corrientes de agua (tanto superficiales como subterráneas). Mapa 14.

4.1.3.5. Aspectos socio económicos culturales

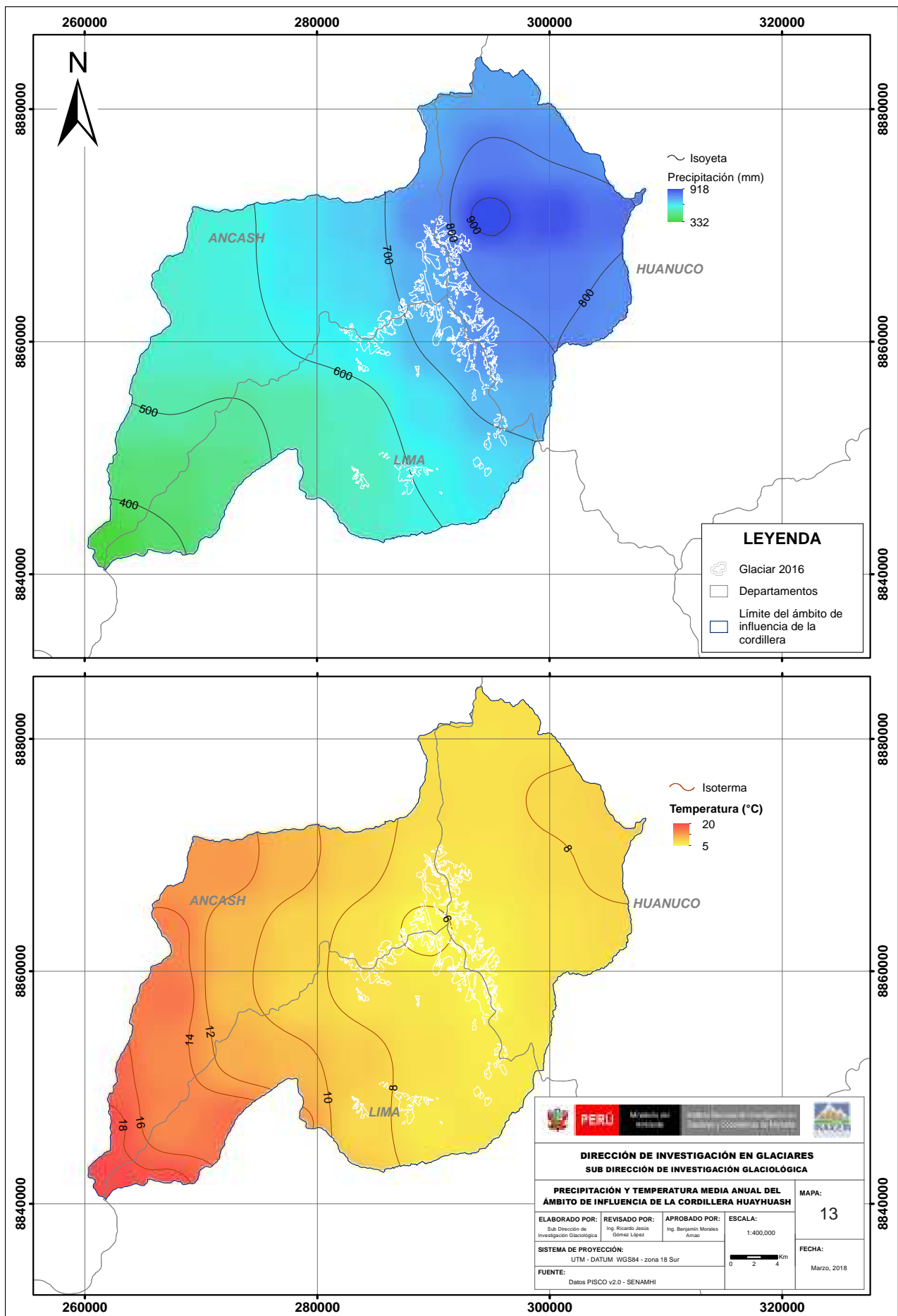
4.1.3.5.1. Población

La población estimada para el ámbito de influencia de la cordillera es de 13,255 habitantes para el año 2015, mostrando un incremento de 1,376 habitantes respecto del año 2000 en el que habitaban 11,879 personas. Los distritos en los que disminuye la población son Mangas, Cajatambo, Copa y Jesús, evidenciando un acelerado proceso migratorio hacia las ciudades de la sierra y la costa más cercanas, asimismo, tenemos que el distrito



 PERÚ	Ministerio del Ambiente	Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña	
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN EN GLACIARES SUB DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN GLACIOLÓGICA			
UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁMBITO DE INFLUENCIA DE LA CORDILLERA HUAYHUASH			MAPA: 12
ELABORADO POR: Sub Dirección de Investigación Glaciológica	REVISADO POR: Ing. Ricardo Jesús Gómez López	APROBADO POR: Ing. Benjamín Morales Amao	ESCALA: 1:200,000 0 1 2 Km
SISTEMA DE PROYECCIÓN: UTM - DATUM WGS84 - zona 18 Sur			FECHA: Marzo, 2018

Mapa 12. Ubicación geográfica del ámbito de influencia de la Cordillera Huayhuash



Mapa 13. Precipitación y temperatura del ámbito de influencia de la Cordillera Huayhuash.



de Queropalca muestra un crecimiento significativo de aproximadamente 2,000 personas en un período de 15 años (INEI, 2018). Este distrito se ha convertido en un atractivo turístico de la provincia de Lauricocha, ya que en su territorio se ubica el nevado Yerupaja.

La densidad poblacional se ha estimado en 11 habitantes por km², tomando como referencia la población total al año 2015. La tasa promedio de crecimiento poblacional anual es de 0.73%. Tabla 13.

Tabla 13. Población del ámbito de influencia de la Cordillera Huayhuash

Años	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
BOLOGNESI																
HUASTA (0.05*)	121	122	123	123	124	125	125	125	126	126	127	127	127	128	128	129
LA PRIMAVERA (1*)	494	517	541	565	591	617	644	670	698	727	756	786	816	847	878	911
MANGAS (1*)	620	618	615	613	610	607	604	600	596	593	589	585	581	576	572	567
PACLLÓN (1)	1,401	1,426	1,451	1,476	1,500	1,523	1,546	1,568	1,589	1,609	1,629	1,649	1,668	1,688	1,706	1,722
CAJATAMBO																
CAJATAMBO (0.3*)	1,057	1,033	1,007	982	956	930	904	877	851	825	800	776	752	729	706	684
COPA (1*)	1,213	1,189	1,165	1,139	1,115	1,089	1,063	1,037	1,010	983	958	933	910	886	864	841
LAURICOCHA																
JESÚS (0.7*)	5,016	4,977	4,925	4,870	4,816	4,758	4,698	4,637	4,572	4,505	4,436	4,363	4,288	4,211	4,131	4,050
BAÑOS (0.2*)	901	934	966	999	1,033	1,066	1,100	1,135	1,169	1,204	1,238	1,273	1,307	1,341	1,374	1,407
QUEROPALCA (1*)	1,056	1,138	1,225	1,318	1,415	1,519	1,630	1,748	1,872	2,003	2,141	2,287	2,440	2,600	2,768	2,944
TOTAL	11,879	11,954	12,018	12,086	12,160	12,234	12,315	12,397	12,483	12,575	12,674	12,778	12,889	13,005	13,127	13,255

Fuente: INEI. (*) Factor de incidencia territorial.

4.1.3.5.2. Energía y minería

Las aguas de la Cordillera Huayhuash junto con las aguas de la Cordillera Huallanca incrementan el caudal del río Pativilca, que aguas abajo en Rapay abastecen a la central hidroeléctrica de Cahua; más abajo, se tiene el proyecto hidroeléctrico de la central hidroeléctrica de Sheque (MEM, 2016).

En la Cordillera Huayhuash, que debería preservarse como una reserva natural, tiene presencia de pequeña minería informal, muy contaminante.

4.1.3.5.3. Agricultura y ganadería

La actividad agropecuaria se desarrolla en los nueve distritos de la zona de influencia, en aproximadamente 32,012 ha, en la que predomina la ganadería extensiva y una incipiente industria de derivados lácteos. Las razas más importantes de vacunos, aparte del ganado críollo, son Holstein, Brown Swiss y Gyr/Cebú; también existe la presencia de ovejas, alpacas y animales menores. Es una zona netamente agrícola y ganadera, reconocida por la exquisitez de sus productos lácteos. Los principales cultivos bajo riego en la zona son maíz amiláceo, trigo, habas y papa.

Respecto al uso de la tierra, aproximadamente el 10.4% de la superficie de la Cordillera se encuentra en uso directo como se puede notar en los porcentajes siguientes:

- Superficie con cultivos : 37.63%
- Superficie agrícola sin cultivo y va a ser sembrada : 15.04%
- Superficie agrícola sin cultivo y no va a ser sembrada : 3.75%
- Superficie agrícola en descanso : 4.11%
- Pastos naturales manejados : 4.46%

- Pastos naturales no manejados : 33.03%
- Montes y bosques : 0.47%
- Superficie dedicada a otros usos : 1.51%

Llama la atención la reducida área existente de montes y bosques, con 153.38 ha (CENAGRO, 2012).

4.1.3.5.4. Turismo y cultura

Esta cordillera es considerada como uno de los lugares más prístinos del mundo debido a su extrema inaccesibilidad, recorrerla implica caminar unos 180 km por terrenos por encima de los 4,300 m s.n.m. A diferencia de su vecina la Cordillera Blanca, tiene escasa afluencia de turistas. Destaca la belleza de los glaciares Yerupajá, Jirishanca y Siula, en cuyas cimas reposan las aguas de las lagunas Jahuacocha, Mitucocha, Carhuacocha y un sin número de pequeñas lagunas glaciares. La Cordillera Huayhuash es considerada la caminata más famosa y atractiva del mundo por su belleza, y por presentar en un corto espacio cumbres de gran dificultad de tipo himalayense (MINCETUR, 2017).

Aunque la mayoría de los sitios arqueológicos alrededor de la Cordillera Huayhuash permanecen sin estudios, se han identificado varios en la provincia de Bolognesi, cerca del pueblo de Pacllón y en otros distritos. La fortaleza o ciudadela de Matará está ubicada en el distrito de Chiquián, su trazo arquitectónico revela su origen colonial hispano de alto valor histórico, en el interior se puede apreciar una gran plaza rectangular rodeada de típicos solares hechos de piedra; en el centro existe un pequeño espacio de aspecto circular, que sería el hoyo donde se ejecutaban las sentencias y castigos. El santuario habría sido construido en el siglo XVII bajo el nombre de San Luis, patrón de los habitantes de la zona que cada año le rinden homenaje, una torre semidestruida resalta en medio de la fortaleza. (Reyes, 2012). Fotografía 25.



Fotografía 25. Ciudadela de Matara, Chiquián. Fuente: Arqueología del Perú.

4.1.3.6. Inventario de la superficie glaciar

4.1.3.6.1. Antecedentes

Entre 1970 y 1989, se realiza el primer inventario de dieciocho cordilleras glaciares del Perú, usando fotografías aéreas del proyecto N° AF-60-17 de 1962–1963 y 62336-002 (44) de 1955, donde se determina un área de 84.97 km² de cobertura glaciar y 117 glaciares en la Cordillera Huayhuash (Hidrandina S.A., 1989). Reanalizada por INAIGEM a través de la reconstrucción de superficies glaciares con imágenes satelitales LANDSAT de 1975, se determinó un área de 86.89 km² de cobertura glaciar en la Cordillera Huayhuash.

En 1997, se lleva a cabo un nuevo inventario. El material básico de trabajo fueron las imágenes del satélite LANDSAT tomadas en el período 1995-1997, obteniéndose un área de cobertura glaciar de 71.68 km² en la cordillera (CONAM, 2001).

Entre los años 2003 al 2014, se efectúa el tercer inventario de glaciares y lagunas realizado por la Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos (UGRH), en base al procesamiento de imágenes satelitales SPOT, ASTER, LANDSAT y LISS III, obteniendo un área de cobertura glaciar de 55.27 km² y 144 glaciares en la Cordillera Huayhuash (ANA, 2014).

En el año 2016, el INAIGEM efectuó el cuarto inventario de las coberturas glaciares, registrando un área de cobertura glaciar de 53.06 km² en la Cordillera Huayhuash.

4.1.3.6.2 Descripción de los glaciares

Los glaciares en la cordillera se distribuyen a lo largo de 24 km ubicados en la cadena montañosa de los andes occidentales, destacándose nevados imponentes como el Yerupajá, considerado la segunda cumbre más alta

del Perú con 6,617 m s.n.m. Se tienen también a los nevados Rondoy, Jirishanca, Siula y Sarapo, entre otros. La cordillera alberga diversos tipos de glaciares, siendo el de mayor predominancia de tipo montaña, los cuales se encuentran adheridos a los flancos de las laderas. La mayoría se muestra en cuencas definidas, con la zona de acumulación definida y delimitada topográficamente.

Las cumbres y la belleza paisajística que alberga esta cordillera son atractivos para el turismo de aventura, cuyos recorridos se pueden organizar desde dos hasta los catorce días según el circuito. Fotografía 26, Fotografía 27 y Fotografía 28.

4.1.3.6.3. Monitoreo de glaciares

Los estudios glaciológicos en la Cordillera Huayhuash se inician con Kinzl, Schneider y Ebster en 1942. Se trabajaron mapas a escala 1:75,000 usando fotogrametría terrestre del año 1939 y fue publicado por el Clup Alpino Alemán (Deutscher Alpenverein). Posteriormente, en 1954, los estudios fueron continuados por Kinzl, Schneider y Awerzger.

La mayoría de los glaciares son de tipo montañoso y desembocan en los océanos Pacífico y Atlántico, a través de los ríos Pativilca y Marañón (Morales B., 1998). Muchos glaciares están cubiertos en su zona de ablación por una capa continua de escombros, producto de las caídas de piedras de las paredes circundantes y de la erosión glaciar. Lo anterior es frecuente en la Cordillera Huayhuash en Perú (Francou, et al., 2013).

En la década de los setenta se realizaron importantes estudios de reconocimiento de la Cordillera Huayhuash y se efectuaron obras de prevención en la laguna Sarapococha que desemboca en el río Pativilca.

4.1.3.6.4. Lagunas de origen glaciar

La Cordillera Huayhuash posee un total de 106 lagunas con superficies superiores a los 5,000 m²; se realizaron en algunas de ellas estudios batimétricos durante los años 2004 y 2005: en las lagunas de Jahuacocha, Solterococha, Jurao Bajo, Jurao Alto, Sarapococha, Rurugallay y Gangrajanca. De ellas, la laguna Gangrajanca posee el mayor volumen en comparación a las demás estudiadas, seguida de Solterococha (ANA, 2014). Fotografía 29.

4.1.3.6.5. Riesgos de origen glaciar

En la Cordillera Huayhuash, han ocurrido dos eventos catastróficos, el primero aconteció el 14 de marzo de 1932, donde se generó la ruptura del dique de la laguna Solterococha en la quebrada Pacllón, dentro de la jurisdicción de la provincia de Bolognesi, no se reportaron pérdidas humanas. El segundo se registró el 20 de abril de 1941, donde se generó la ruptura de la morrena terminal



Fotografía 26. Vista de la cara este del nevado Yerupajá. Fuente: MINAM, 2014



Fotografía 27. Nevado Siula en la Cordillera Huayhuash



Fotografía 28. Picos nevados en la Cordillera Huayhuash.



Fotografía 29. Laguna Solterococha (a las faldas del glaciar) y Laguna Jahuacocha.

de la laguna Suerococha en el Alto Pativilca, tampoco se reportaron pérdidas humanas (Morales B. , 1998).

Se registró también un evento similar a los descritos anteriormente en la laguna Jahuacocha (4,076 m s.n.m.) ubicada en el lado oeste del extremo norte de la Cordillera Huayhuash, donde se observa un gran abanico aluvial que se depositó en el año 1932 por de la ruptura de la morrena superior. Este evento resultó en la rápida deposición de 50 cm de masa glaciar en el centro de la laguna (Rodbell, Smith, & Mark, 2009).

En 1981, se realizó el estudio geológico de la seguridad física de la laguna Sarapococha por Antonio Guzmán y Jesús Maita. En 1982, después del aluvión producido en la laguna Sarapococha, la oficina de Glaciología y Seguridad de Lagunas realizó el “*Estudio geológico de las lagunas Sarapococha y Jurao*” a cargo de Andrés Huamán. En 1985, se realizó una inspección a las lagunas Jurao y Sarapococha, por Juan Riveros.

A continuación, una breve descripción de las lagunas más representativas de la Cordillera Huayhuash.

Laguna Jurao

La laguna Jurao Bajo es alimentada por las aguas de la laguna Jurao Alto, esta laguna se encuentra a 700 m de la lengua glaciar del nevado Jurao. Fotografía 30.

Laguna Rurugallay

El 28 de abril de 1941 se produjo un desprendimiento de bloques de hielo de la parte alta del glaciar que cayó sobre la laguna, generando un oleaje que sobrepasó el dique frontal y a la vez generó la ruptura de la misma, provocando un aluvión que afectó en todo su recorrido el cauce del río Huayllapa.

Laguna Sarapococha

El 14 de febrero y 15 de marzo de 1981 se produjo un deslizamiento de tierra en la margen derecha, provocando un aluvión que afectó en todo su trayecto el cauce del río Huayllapa. Fotografía 31.

Laguna Gangrajanca

Se encuentra ubicada en la vertiente oriental de la Cordillera Huayhuash, al pie del nevado Yerupaja, cuenca del río Marañón, subcuenca Nupe, departamento de Huánuco, provincia de Lauricocha, distrito de Queropalca.

En 1998 se produjo el colapso del dique natural de la laguna Gangrajanca llegando a socavar la zona de desagüe, este suceso llegó a afectar de manera parcial las áreas de cultivo a lo largo de la quebrada, llegando a afectar en menor proporción al distrito de Queropalca.



Fotografía 30. Laguna Jurao Bajo, al fondo se observa la lengua glaciar que baja del nevado Jurao.



Fotografía 31. Vista general de la laguna Sarapococha, en contacto con el glaciar.

En el año 2008 se realizan visitas técnicas a cargo de profesionales del Gobierno Regional de Huánuco y la Municipalidad Distrital de Queropalca, quienes efectuaron una inspección ocular de las condiciones de la laguna Gangrajanca.

En diciembre de 2010, la UGRH-ANA realizó una inspección técnica a la laguna Gangrajanca, evaluando visiblemente el proceso de formación. Se advirtió la presencia de bloques de hielo sucio completamente fracturado en toda la superficie. Asimismo, se constató el constante desprendimiento de avalanchas provenientes del glaciar Yerupajá (UGRH - ANA, 2010).

Las lagunas mencionadas están situadas en un vaso morrénico y fluvio-glaciares de material de depósito cuaternario. Por sus antecedentes presentados, estas lagunas necesitan de inspecciones técnicas detalladas para la evaluación de los niveles de peligro de cada una de ellas y de esa forma reducir el riesgo al pueblo de Huayllapa. Tabla 14.

Tabla 14. Características de las principales lagunas de la Cordillera Huayhuash

Nombre	Área (m ²)	Volumen (m ³)	Profundidad (m)	Año de las batimetrías
Jurao Alto	30,709	245,707	16.10	24/10/2010
Jurao Bajo	242,640	9'005,224	68.10	24/10/2010
Jurao Bajo	274,520	9'616,000	73.50	1977
Rurugallay	120,986	2'918,574	42.70	26/10/2010
Sarapococha	153,668	1'320,374	19.79	26/10/2010
Sarapococha	276,520	2'707,000	25.00	1982
Sarapococha	367,680	4'015,000	29.00	1981

Fuente: Estudio y monitoreo de lagunas altoandinas, (UGRH - ANA, 2010).

4.1.3.6. Resultados del inventario

La Cordillera Huayhuash, al 2016, cubre una superficie glaciar de 53.06 km², que incluye un área glaciar cubierto con 2.05 km², y un área glaciar libre de detritos o escombros, con 51.01 km². Tabla 15 y Gráfico 14.

Tabla 15. Superficie glaciar 2016-Cordillera Huayhuash

Unidad	Superficie Glaciar		
	Libre de detritos o escombros	Cubierto	Total
Km ²	51.01	2.05	53.06
%	96.13	3.87	100.00

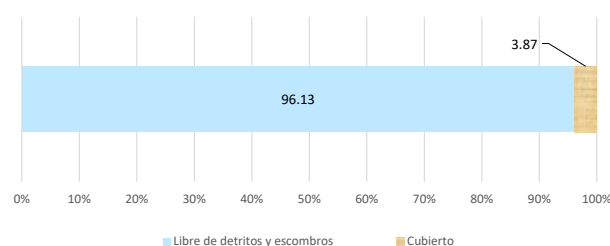


Gráfico 14. Proporción de superficies glaciares 2016 Cordillera Huayhuash

En el análisis de cambio de superficie, se determinó que en 54 años (1962-2016), el área glaciar disminuyó en 33.83 km². Gráfico 15 y Figura 11.

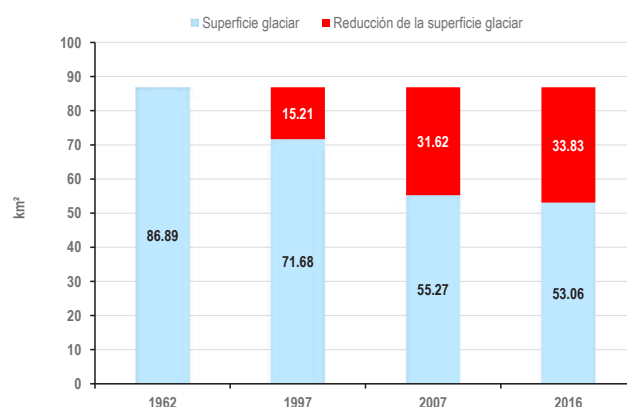


Gráfico 15. Reducción del área glaciar por períodos (1962-2016) - Cordillera Huayhuash.



Figura 11. Reducción de la superficie glaciar en la Cordillera Huayhuash.

4.1.3.6.7. Tendencia estimada de reducción de la superficie glaciar

Considerando los resultados de los inventarios de 1989 (publicado por Hidrandina S.A. & y reanalizado por INAIGEM al 2016), de 2001 (CONAM), de 2014 (ANA-UGRH) y del 2017 (INAIGEM), se obtiene

una tasa de retroceso de 0.64 km²/año. De acuerdo con estos datos se estima que los glaciares de la Cordillera Huayhuash desaparecerían en el año 2099. Sin embargo, es importante mencionar que este valor es una estimación estadística lineal, sujeta a las variaciones y tendencias climáticas futuras a nivel global. Gráfico 16.

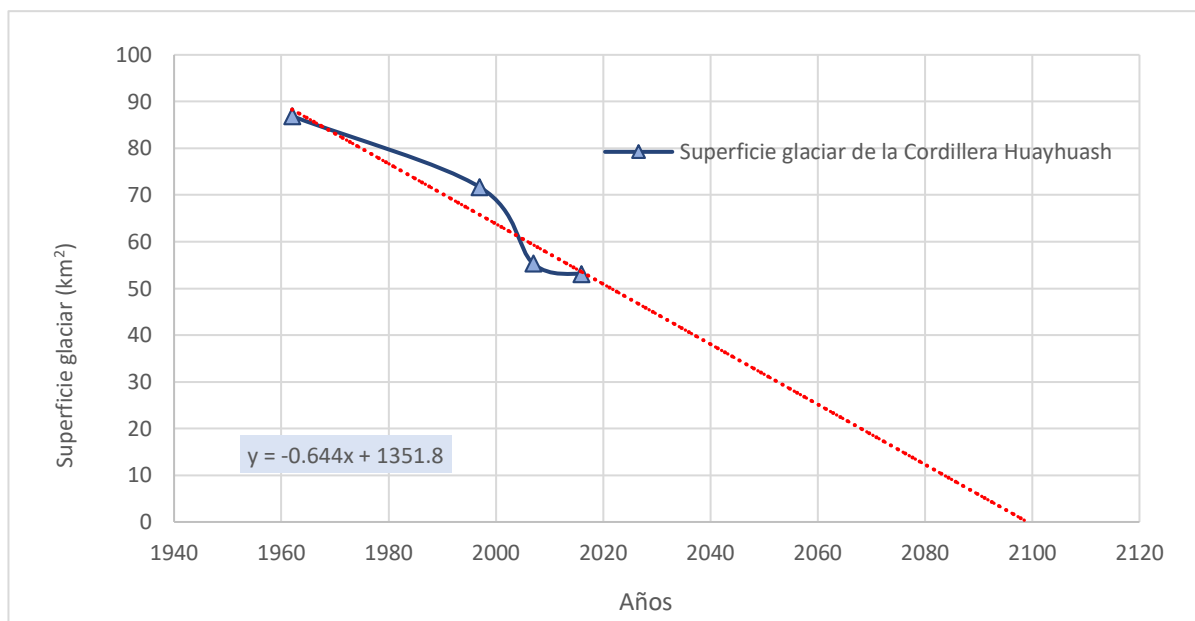


Gráfico 16. Tendencia estimada de reducción de la superficie glaciar de la Cordillera Huayhuash.

Resumen

- En la Cordillera Huayhuash la reducción del área glaciar ha sido de 86.89 km² (1962) a 53.06 km² (2016), con una pérdida de 33.83 km² equivalente al 38.93%, en 54 años.
- Los glaciares de la Cordillera Huayhuash presentan en su mayoría superficies libres de detritos o escombros, los cuales representan el 96.13% de la superficie total, y las lenguas o superficies glaciares cubiertas parcial o totalmente representan sólo el 3.87%.
- Con los datos del inventario glaciar, en la Cordillera Huayhuash se tiene una tasa de reducción de 0.64 km²/año; con esta tasa los glaciares de la cordillera desaparecerán hacia el año 2099 de continuar la tendencia actual.
- Los recursos hídricos almacenados en la Cordillera Huayhuash sirven a la central hidroeléctrica de Cahua y al proyecto hidroeléctrico de la central de Sheque.
- La población existente en el área de influencia de la cordillera se estima en 13,255 habitantes con una densidad poblacional de 11 habitantes por km²; con una tasa de crecimiento promedio anual de 0.73%.

4.1.4. CORDILLERA RAURA

4.1.4.1. Ubicación

La Cordillera Raura forma parte de las cordilleras ubicadas en la zona norte del país y se ubica entre las cordilleras Huayhuash y La Viuda, al sureste y noroeste, respectivamente. El ámbito de influencia de la cordillera tiene un área de 1,100 km² y una longitud aproximada de 55 km, sus límites geográficos están comprendidos entre las coordenadas de 10°44'56.82" y 10°10'51.44" de latitud sur y 77°5'44.59" y 76°30'39.40" de longitud oeste.

Políticamente el ámbito se extiende parcialmente sobre los departamentos de Lima (provincias de Cajatambo y Oyón), Huánuco (provincia de Lauricocha) y Pasco (provincia Daniel Alcides Carrión). Mapa 15.

4.1.4.2. Acceso

Para acceder a los territorios de la Cordillera Raura se cuenta con cuatro rutas principales: desde el oeste, partiendo de la ciudad de Lima por vía asfaltada hasta Sayán y Churín, continúa por vía afirmada hacia Oyón y luego a Raura; desde el noreste, partiendo de Pativilca hasta Cajatambo, para luego ir hacia Oyón y Raura, todo el recorrido por vía afirmada; desde el este, partiendo de Huánuco por vía afirmada hacia Margas, luego a San Miguel de Cauri, para continuar hasta Antacolpa y luego hacia el interior de la cordillera; y desde el sureste, partiendo de Cerro de Pasco hacia Pacoyán y Oyón, para luego finalmente arribar hacia Raura, todo por vía afirmada.

4.1.4.3. Aspectos físicos

4.1.4.3.1. Hidrografía y climatología

Hidrográficamente constituye la divisoria continental de aguas entre la vertiente del Pacífico (cuencas de Pativilca y Huaura) y la vertiente del Atlántico (cuencas del Alto Marañón V y Alto Huallaga). Además, en esta cordillera nacen los ríos Huaura y Marañón (que se inicia en la pequeña laguna Niñococha).

En el flanco occidental en el norte tenemos los ríos Pumarinri y Rapay, que forman el río Pativilca, y son parte de la cuenca Pativilca; y en el sur al río Huaura que forma parte de la cuenca del mismo nombre.

Las precipitaciones se concentran en la zona nor-oriental de la cordillera, donde se tiene una media anual mayor a los 800 mm en lugares por encima de los 4,000 m s.n.m., que se dan principalmente en la estación de verano y son del tipo orográficas. Sin embargo, estas precipitaciones tienden a disminuir hacia el lado occidental donde los

valores más bajos se dan alrededor de los 3,500 y 4,000 m s.n.m., teniendo una media anual de 500 mm.

En el flanco oriental, el río Huallaga recibe el aporte del río Huascacocha, el cual se origina de la escorrentía glaciar; otro río, el Carhuacocha, es afluente del río Marañón.

De acuerdo a la clasificación climática de Thornthwaite (SENAMHI, 1988), sobre la cordillera predomina un clima semifrío, lluvioso en verano y deficiente en invierno. Según los datos grillados del proyecto PISCO, la temperatura media anual oscila entre los 10 °C y 12 °C para zonas entre los 3,000 m s.n.m., que es donde se encuentran la ciudad de Cajatambo. Luego, se observan temperaturas menores a mayores altitudes, llegando a una temperatura media anual de alrededor de 4 °C, sobre los 4,500 m.s.n.m. (Lavado, et al., 2016). Mapa 16.

4.1.4.3.2. Geología y geomorfología

En la zona oriental de la Cordillera Raura afloran estratos sedimentarios cretácicos compuestos litológicamente por areniscas, arcilitas, calizas, limoarcilitas y margas (INGEMMET, 1996). Hacia el sector occidental de la cordillera sobresalen formaciones sedimentarias cretácicas, conformado litológicamente por areniscas, arcilitas, calizas, lutitas con niveles de carbón, cuarcitas y calizas margosas negras. Sobreyaciendo, se tienen nuevamente rocas volcánicas y stock intrusivos de naturaleza cuarzomonzonita a granodioritas y ródacitas con buena competencia geotécnica. Los depósitos cuaternarios de origen glaciar y fluvio-glaciar cubren gran parte del basamento rocoso aflorante.

Estructuralmente, las rocas sedimentarias tienen una clara orientación andina, así como las estructuras existentes (anticlinales y sinclinales), visualizándose plegamientos y sobre escurrimientos.

La Cordillera Raura se ubica también en la Cordillera Occidental y se caracteriza por tener una variada distribución morfológica, sobresaliendo montañas altas con laderas fuertemente empinadas y cimas con cotas mayores a los 5,000 m s.n.m., hacia el este y norte del área de estudio. Hacia la parte sur y suroeste, se ha identificado la presencia de montañas bajas o de menor altura con mayor modelamiento regional. Los valles típicos en "U", de origen glaciar y amplios fondos de valle, se observa en todo el ámbito de la cordillera, los cuales han sido originados por procesos de erosión y acumulación cuaternaria.

Los principales procesos geodinámicos que han modelado el paisaje actual son de origen glaciar y han facilitado la formación de geoformas agradacionales y degradacionales. También existen procesos de origen hídrico-gravitacional con elevados niveles de erosión.

4.1.4.4. Ecosistemas de montaña

En la Cordillera Raura se presentan cuatro ecosistemas que brindan servicios ecosistémicos importantes dentro de sus áreas de influencia. Estos ecosistemas son: bofedales, bosque relicto altoandino, matorral arbustivo y pajonal andino. Los servicios que brindan estos ecosistemas están orientados a la regulación hídrica, mantenimiento de la biodiversidad, secuestro de carbono, belleza paisajística y formación de suelos, entre otros (MINAM, 2017).

El pajonal andino, ocupa el 47% del territorio seguido de los bofedales con el 5% y el porcentaje restante lo ocupan los otros dos ecosistemas: el matorral arbustivo con el 3% y el bosque relicto altoandino con el 1%.

En esta cordillera se encuentran comunidades arbustivas con follaje caducifolio, siendo las más comunes las siguientes: chilca (*Baccharis latifolia*) chamana (*Dodonea viscosa*), huarumo (*Tecoma sambucifolia*), retama (*Spartium junceum*), agave (*Agave americana*) y puya (*Puya* sp.), como las más representativas.

En los límites superiores el matorral tiene follaje siempre verde, siendo representado por las siguientes especies: huarumo, manzanita (*Hesperomeles* sp.), mutuy (*Senna* sp.), roque (*Colletia spinosissima*), chilca y tiri (*Miconia* sp.). Este matorral constituye una fuente energética (leña) para los pobladores del campo y al mismo tiempo es un refugio para la fauna silvestre. Igualmente, el estrato herbáceo que tapiza los suelos, está constituido por gramíneas perennes que sirven de sustento al ganado.

El pajonal andino está formado por las especies: *Stipa obtusa*, *Calamagrostis* spp., *Stipa hans-meyeri* y *Festuca weberbaueri*. En las áreas con mayor humedad en el suelo prosperan las especies *Juncus arcticus*, *Calamagrostis* spp., *Carex* spp., *Gentiana sedifolia*, *Gentianell* spp., *Castilleja* spp. y *Werneria* spp. En esta unidad de vegetación, también existen inclusiones de comunidades arbustivas tales como: *Baccharis tricuneata*, *Lupinus tarapacensis*, *Chuquiraga spinosa* y *Senecio* sp.

Sobre los 4,500 m s.n.m. el relieve es abrupto, producto del intenso modelaje glaciario, con gran cobertura de rocas.

Algunas de las especies del tipo de césped de puna se repiten, pero con menor desarrollo, así, por ejemplo, es dominante la especie *Oreobolus obtusangulus*, *Distichia muscoides*, *Alchemilla diplophylla*, *Calamagrostis* sp., *Lysipomia montioides* y *Ourisia muscosa*. Mapa 17.

4.1.4.5. Aspectos socio económicos culturales

4.1.4.5.1. Población

Con respecto a la población, se trata de una de las cordilleras con menor población y en franco decrecimiento, se tiene un total de 13,697 habitantes al año 2015, cantidad que se ha reducido en 216 respecto del año 2000 en donde se tenían 13,913 habitantes (INEI, 2018).

Estos datos indican un fuerte proceso migratorio recurrente para las áreas rurales. La población se traslada hacia las ciudades tanto de la sierra como de la costa, pero principalmente hacia Barranca, Huacho y Lima en busca de nuevas oportunidades y de progreso. Lo anterior, ante el abandono del campo respecto de políticas y planes de desarrollo sostenibles.

La Cordillera Raura tiene una densidad poblacional de 12 habitantes por km² al 2015 y una tasa promedio poblacional anual de -0.104%. Estos cálculos han sido realizados con cifras oficiales del INEI. Tabla 16.

4.1.4.5.2. Energía y minería

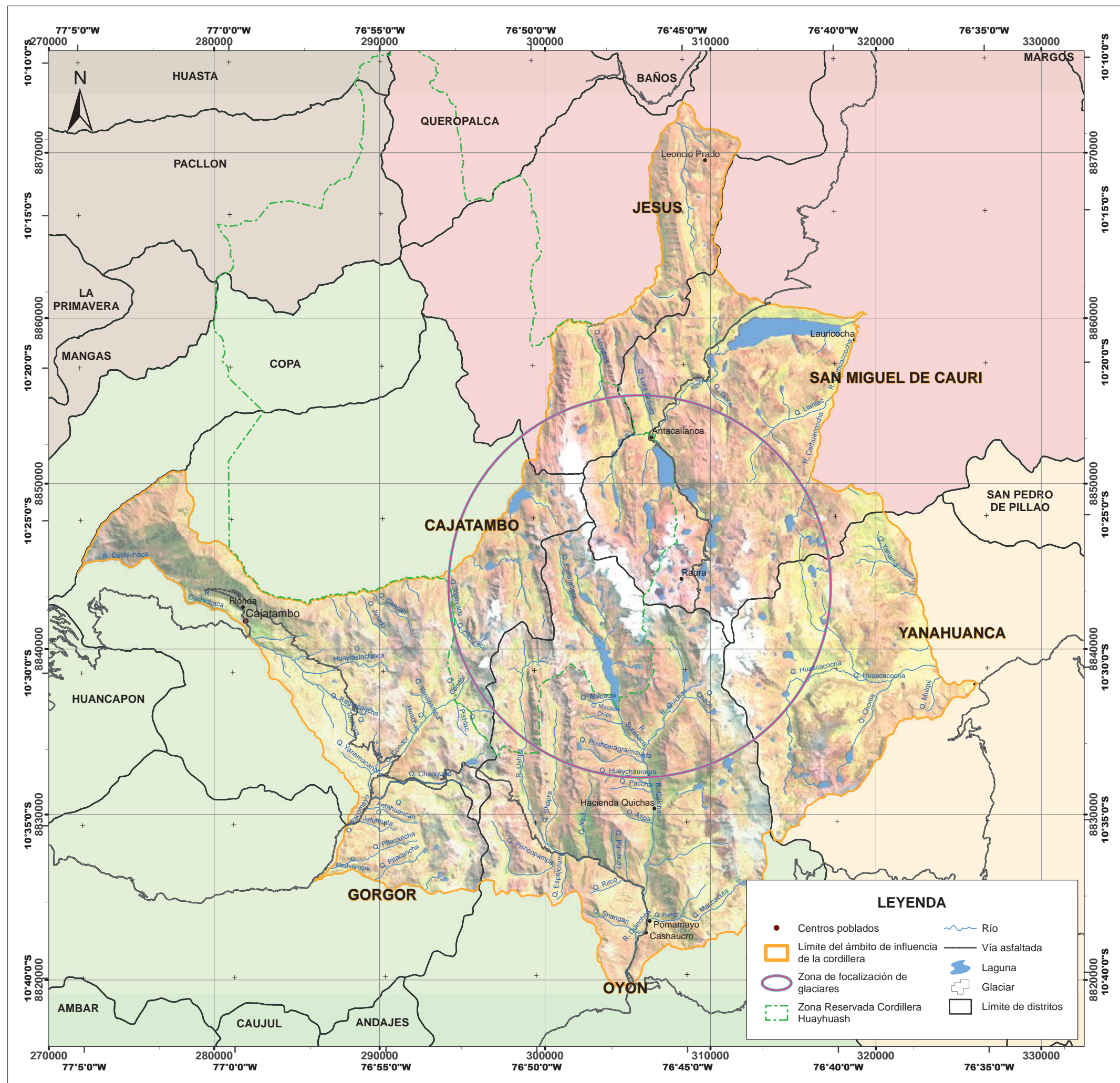
El distrito de Cajatambo aprovecha la energía eléctrica producida por la central hidroeléctrica de Cahua que opera con las aguas del río Pativilca, las mismas que provienen de los deshielos de las cordilleras Raura, Huayhuash y Huallanca. Esta central fue automatizada a fines del 2014, por lo que es operada de manera remota desde el centro de control en Lima.

Por su parte, el distrito de Oyón usa la energía de las centrales hidroeléctricas de Bella Luz y Cashaucro, abastecidas con las aguas del río Raura, que también provienen de la cordillera Raura. El servicio está

Tabla 16. Población de los Distritos de la Cordillera Raura

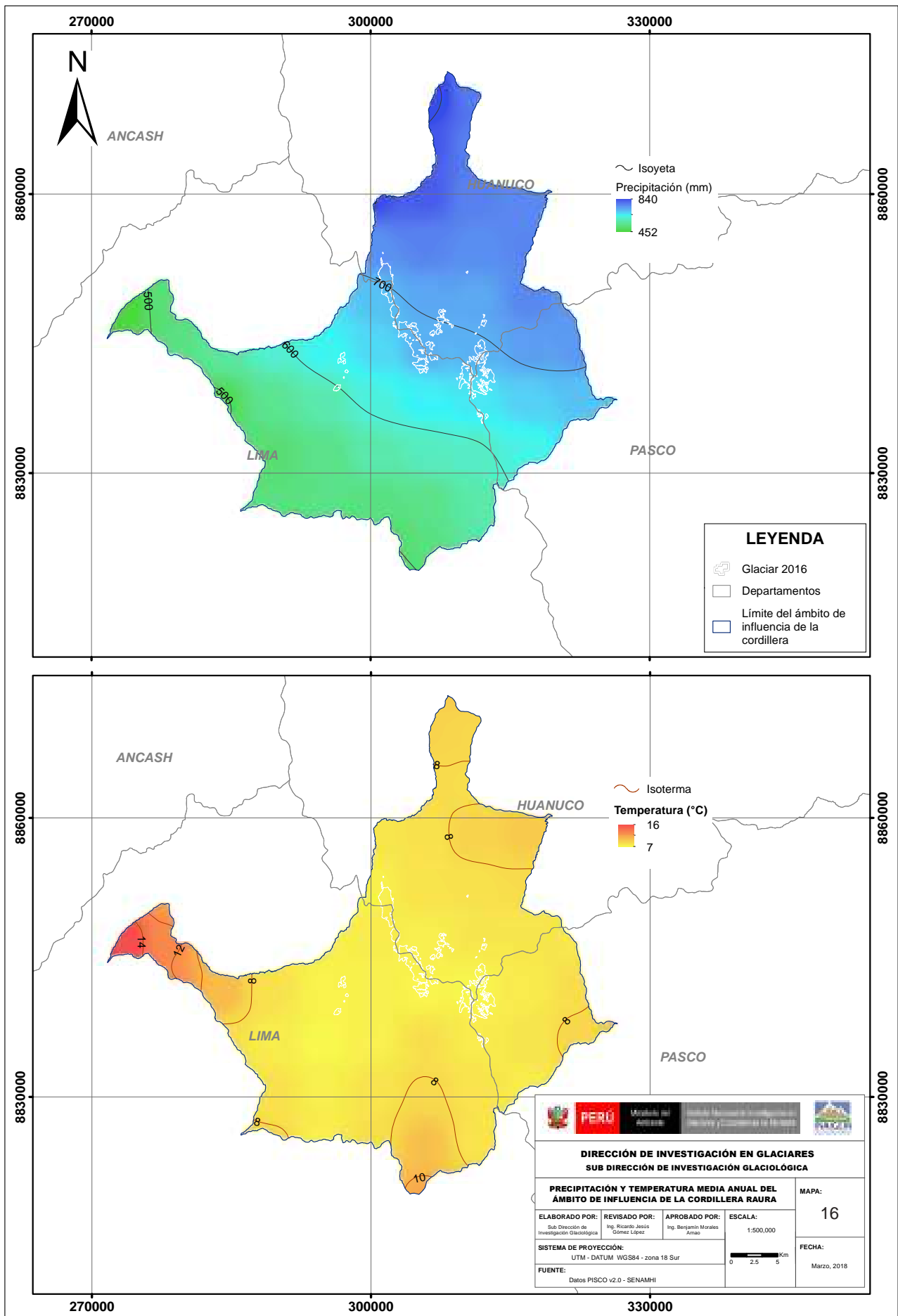
Años	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
OYÓN - Lima																
Oyón (0.37*)	4,443	4,516	4,586	4,654	4,719	4,781	4,838	4,893	4,943	4,996	5,051	5,110	5,170	5,232	5,295	5,357
CAJATAMBO - Lima																
Cajatambo (0.43*)	1,515	1,480	1,444	1,408	1,370	1,333	1,296	1,257	1,219	1,183	1,146	1,112	1,078	1,044	1,012	981
Gorgor (0.14*)	278	286	294	301	309	316	322	329	335	341	347	353	359	365	370	376
DAC - Pasco																
Yanahuanca (0.22*)	3,425	3,402	3,376	3,347	3,317	3,284	3,249	3,213	3,174	3,134	3,090	3,044	2,996	2,946	2,895	2,843
Lauricocha - Hco.																
San Miguel (0.29*)	2,818	2,845	2,871	2,894	2,914	2,932	2,949	2,964	2,976	2,986	2,993	2,996	2,997	2,996	2,991	2,983
Jesús (0.20*)	1,433	1,422	1,407	1,391	1,376	1,359	1,342	1,325	1,306	1,287	1,267	1,247	1,225	1,203	1,180	1,157
TOTAL	13,913	13,952	13,978	13,996	14,004	14,006	13,997	13,980	13,955	13,926	13,894	13,862	13,825	13,787	13,743	13,697

Fuente: INEI. (*) Factor de incidencia territorial.



		DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN EN GLACIARES SUB DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN GLACIOLÓGICA	
UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁMBITO DE INFLUENCIA DE LA CORDILLERA RAURA		MAPA: 15	
ELABORADO POR: Sub Dirección de Investigación Glaciológica	REVISADO POR: Ing. Ricardo Jesús Gómez López	APROBADO POR: Ing. Benjamín Morales Arnao	ESCALA: 1:240,000
SISTEMA DE PROYECCIÓN: UTM - DATUM WGS84 - zona 18 Sur			FECHA: Marzo, 2018

Mapa 15. Ubicación geográfica del ámbito de influencia de la Cordillera Raura



Mapa 16. Precipitación y temperatura del ámbito de influencia de la Cordillera Raura.



administrado por la Municipalidad Provincial de Oyón, a través de la Unidad de Distribución de Energía Eléctrica (UNDEEL), con una cobertura que alcanza el 87% de las viviendas del distrito (MEM, 2016). El mayor déficit se encuentra en las viviendas de las zonas rurales. Además, se encuentra en proceso el proyecto de inversión pública “Sistema Eléctrico Rural Huánuco Dos de Mayo”, que incluye la electrificación de las provincias de Huamálles, Yarowilca y Lauricocha. Se cuenta también la central hidroeléctrica sobre Churín que es propiedad de la compañía minera Raura.

Con respecto a la minería, los distritos de Cajatambo, Gorgor y Copa son los que cuentan con el mayor número de concesiones, habiéndose registrado 82, 45 y 44, respectivamente, según información del Registro Público Minero (1998). La mayoría de estas concesiones están autorizadas para la explotación de yacimientos de plata, plomo, cobre y zinc. En Oyón la minería es una de las actividades económicas principales; entre las empresas se tienen a Buenaventura, los Quenuales y Raura, las mismas que han invertido en la construcción de la carretera Huaura-Sayán-Churín-Oyón en un convenio firmado con el Ministerio de Transportes y Comunicaciones y el Gobierno Regional de Lima, que beneficia a 70 mil pobladores de la costa y sierra norte de Lima.

También existen importantes concesiones mineras en los distritos de Yanahuanca y San Miguel de Cauri, la compañía de Minas Buenaventura S.A.A., la compañía de Exploraciones Orión S.A.C., la empresa minera Paragsha S.A.C. y Daniel Víctor Balladarez Espinoza; además, está la mina Raura, cuya mineralización consiste en minerales de plomo, plata y zinc. En el distrito de Jesús, se localizan los lavaderos de oro de Ranchog, la mina de Minalpunta y las salitreras de Cachicachi.

4.1.4.5.3. Agricultura y ganadería

La actividad agropecuaria es la principal actividad económica de la zona, siendo realizada por lo general en forma tradicional presentando en su desarrollo muchas limitaciones. Según el CENAGRO al 2012, la provincia de Cajatambo cuenta con una superficie agropecuaria de 91,127 ha, de las cuales solo 5,662 ha son aprovechables para actividades agrícolas, representando el 6.2% del total. La superficie agrícola bajo riego está conformada por 4,759 ha, que representan el 84%.

Dentro de la superficie no agrícola (93.8% de la superficie total) se puede encontrar a la superficie conformada por pastos naturales con una extensión de 71,999 ha, de las cuales sólo el 7% son manejadas. Destaca la producción de ovinos, seguido por vacunos, camélidos (llamas y alpacas), caprinos, porcinos, equinos, cuyes y aves (CENAGRO, 2012). Cabe señalar la importancia de esta actividad por estar ligada a la economía de mercado,

resaltando la explotación de ovinos y vacunos, ya que su desarrollo está influenciado por la venta del producto en los centros de consumo urbano de la costa (Barranca, Huacho y Lima, entre otros).

Sin embargo, la descapitalización del sector pecuario y la restringida disponibilidad de recursos financieros impiden adquirir animales con fines de mejoramiento genético, así como la construcción de una infraestructura que permita su adecuado manejo.

Los cultivos más importantes son: papa, maíz, cebada, trigo, habas y otros cultivos andinos como la oca, el olluco y la mashua. Entre los cultivos forrajeros destacan la alfalfa y el trébol. Además, también existe el cultivo de algunos frutales que se desarrollan en condiciones ecológicas no siempre favorables.

Respecto del uso de la tierra, según los datos del Censo Nacional Agropecuario del año 2012, aproximadamente el 10.2% de la superficie de la cordillera se encuentra en uso directo, en los porcentajes siguientes (CENAGRO, 2012):

• Superficie con cultivos	: 5.41%
• Superficie agrícola sin cultivo y va a ser sembrada	: 0.88%
• Superficie agrícola sin cultivo y no va a ser sembrada	: 0.97%
• Superficie agrícola en descanso	: 4.28%
• Pastos naturales manejados	: 5.18%
• Pastos naturales no manejados	: 78.88%
• Montes y bosques	: 0.52%
• Superficie dedicada a otros usos	: 3.88%

Llama la atención la reducida área existente de montes y bosques, con 199.83 ha.

4.1.4.5.4. Turismo y cultura

Cajatambo posee importantes recursos turísticos tanto de aventura como de ecoturismo, con áreas de conservación privada, restos arqueológicos y aguas termales, entre otros. En Oyón, se tiene la gran laguna de Patón y la zona arqueológica del cerro Killahuaca; además, la zona es considerada la cuna del arpa en el folklore peruano y sus paisajes de insospechada belleza deberían poder atraer más turismo. En Jesús, destacan la laguna de Lauricocha y su folklore, con las Pallas, las Inca Danzas, los Pasacalles, el Ruco, las Mojigangas y el Huayno. Las festividades más importantes son: Negritos (1 enero), Fiesta Patronal (24 junio) Semana Santa (marzo/abril), Capitán (30 agosto), Apu Inca (8 setiembre), Niño Jesús (4 enero y 25 diciembre) y la Danza costumbrista del Tucumán.

En lo que a cultura se refiere, los restos más antiguos provienen de las cuevas de Lauricocha (distrito de Jesús, provincia de Lauricocha, departamento de Huánuco),

donde se han hallado los restos más antiguos de la presencia humana en la zona. Las cuevas se ubican a 3,900 m s.n.m., cerca de la laguna Lauricocha que mide 7 km de largo por 1.5 km y fue formado cuando los glaciares retrocedieron de esta zona. Los primeros cazadores llegaron hace 12000 años, atraídos por las tarugas y vicuñas que formaron la base de su subsistencia. El arqueólogo Augusto Cardich documentó la presencia humana en sus excavaciones en 1958 y 1959, encontrando evidencia de entierros humanos e implementos de piedra y hueso, clasificados en tres fases entre 10000 y 4000 años a. C. (Cardich, 1982). Fotografía 32.



Fotografía 32. Una de las cuevas de Lauricocha.

En la cueva N° 3 de Chaclaragra (zona de Lauricocha) se puede observar las pinturas rupestres pintadas en rojo oscuro, representan una fila de camélidos acosados por ambos extremos por cazadores que llevan lanzas; dos de las vicuñas han sido heridas y llevan las lanzas incrustadas en su cuerpo. Estas pinturas atestiguan a la vez el método de cacería del hombre de Lauricocha. Figura 12.



Figura 12. Pintura rupestre en la cueva No 3 de Chaclaragra, en Lauricocha. Mide 140 cm de un extremo a otro (Cardich. 1964).

Los proyectiles líticos encontrados en Lauricocha se asemejan mucho a los ubicados en el complejo de Ayampitín de la sierra argentina, lo que sugiere que formaron parte de una gran tradición lítica de cazadores avanzados de la cordillera andina. La secuencia cultural, realizada a partir de las herramientas y proyectiles encontrados, posibilitó la identificación de tres fases.

La primera fase, denominada Lauricocha I (10000 - 8000 a. C.) se caracterizó por el predominio de puntas foliáceas (forma hoja de árbol) y cuchillos bifaciales; la segunda fase, Lauricocha II (8000 - 5000 a. C.) por la presencia de puntas "hojas de sauce" y otras de forma triangular y base recta; y la tercera fase, Lauricocha III (5000 - 4000 a. C.) se caracterizó por la utilización de pequeñas puntas y herramientas de hueso, aunque hay menos evidencia de artefactos líticos. En Lauricocha existía una organización del trabajo y empezaban a aparecer las primeras jerarquías, la defensa colectiva de su círculo de supervivencia y evidencia de la práctica funeraria (Silva, 2000).

En tiempos ulteriores, se construyó un puente Inca sobre el río Lauricocha. Se encuentra ubicado en la zona norte de la laguna de Lauricocha, al inicio del río del mismo nombre, a una altitud de 3,885 m s.n.m. Construido en el gobierno del Inca Huayna Capac, fue una vía de comunicación de gran importancia que interconectaba al valle de Lauricocha con el camino real que se dirige de Huarautambo a Huanucomarca (Huanucopampa o Huánuco Viejo), el cual se encuentra muy próximo. Su arquitectura es de alta ingeniería, construida a base de piedras labradas, talladas y acomodadas secuencialmente. (MINCETUR, 2018). Fotografía 33.



Fotografía 33. Puente Inca de Lauricocha. Foto: Eduardo Figari.

4.1.4.6. Inventario de la superficie glaciar

4.1.4.6.1. Antecedentes

En el año 1989, se realizó el inventario de dieciocho cordilleras glaciares del Perú, usando fotografías aéreas del proyecto N° AF-60-17 de 1962-1963 y 62336-002 (44) de 1955, donde se determinó un área de cobertura glaciar de 55.20 km² y 92 glaciares para la Cordillera Raura (Hidrandina S.A., 1989). En un nuevo análisis de esta superficie por el INAIGEM a través de la reconstrucción de superficies glaciares con imágenes satelitales LANDSAT de 1975, se encontró 55.31 km² de cobertura glaciar para la Cordillera Raura.

En 1997 se llevó a cabo un nuevo inventario. El material básico de trabajo fueron las imágenes del satélite LANDSAT tomadas en el período 1995-1997, obteniendo un área de cobertura glaciar de 28.92 km² para la cordillera (CONAM, 2001).

Entre los años 2003 al 2014, se efectuó el tercer inventario de glaciares y lagunas realizado por la Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos (UGRH), en base al procesamiento imágenes satelitales SPOT, ASTER, LANDSAT y LISS III, de diecinueve cordilleras del Perú (se incluyó a la Cordillera Volcánica que en la actualidad es considerada extinta, con acumulación estacional de nieve). Se obtuvo un área de cobertura glaciar de 28.34 km² y 102 glaciares para la Cordillera Raura (ANA, 2014).

En el año 2016, el INAIGEM efectuó el cuarto inventario de las coberturas glaciares de las dieciocho cordilleras glaciares del Perú, registrando un área de cobertura glaciar de 25.62 km² para la Cordillera Raura.

4.1.4.6.2. Descripción de los glaciares

Los glaciares en la Cordillera Raura se encuentra distribuidos a lo largo de 21 km, ubicados en la cadena montañosa de los andes occidentales, entre el cerro Cushuropata—donde se localiza el glaciar Cushuropata—perteneciente al sistema de montaña Santa Rosa, ubicada al sur de la cordillera, y el nevado Azuljanca perteneciente al sistema de montaña Caudalosa que se localiza al norte de la cordillera.

La cordillera presenta principalmente glaciares de tipo montaña, los cuales se encuentran adheridos a los flancos de las laderas. La mayoría no muestra una cuenca definida de valle. Fotografía 34.

La cordillera presenta tres sistemas de montaña que son: Milpo, Caudalosa y Santa Rosa; el sistema de montaña Santa Rosa se ubica en la parte sur, Caudalosa en la parte norte y Milpo en la parte oeste.

Dentro de la Cordillera Raura, se encuentran cumbres importantes, siendo el nevado Santa Rosa el más representativo con una altitud de 5,701 m s.n.m., además de los nevados Torre de Cristal, Siete Caballeros, Milpo, Azuljanca, León Huaccanan, Quesillojanca, Matador y Patrón.



Fotografía 34. Vista del nevado Torre de Cristal en la Cordillera Raura.

4.1.4.6.3. Monitoreo de glaciares

El principal estudio que se realizó fue el balance de masa neto en la lengua glaciar Santa Rosa, a través de perforaciones térmicas de profundidad de 10 m en la instalación de balizas y pozos de acumulación. Luego, se realizó el levantamiento topográfico del perímetro de la superficie glaciar (a una escala 1:5,000).

En el año 1980, el glaciar tenía una longitud de 2.5 km de largo con un área de 1.77 km²; la velocidad superficial en el eje central fue de 31 m/año. Las mediciones se establecieron entre 1,000 y 2,500 m de distancia, mientras que los valores de 1,000 m fueron obtenidos por extrapolación de velocidad cero a cotas superiores del glaciar (Ames & Hastenrath, 1996). Fotografía 35.



Fotografía 35. Glaciar Santa Rosa - Cordillera Raura.

No se tiene registro de la concentración de carbono negro en los glaciares de la Cordillera Raura, haciéndose meritorio el monitoreo debido a influencia de la actividad minera al pie de los glaciares, además de su cercanía a la ciudad de Cerro de Pasco.

4.1.4.6.4. Lagunas de origen glaciar

Las principales lagunas que resaltan por sus dimensiones en esta cordillera son las lagunas Lauricocha, Surasaca, Patarcocha, Viconga, Caballococha, Santa Ana y Locococha.

Los glaciares de la cordillera drenan sus aguas hacia cuatro cuencas principales que son: Pativilca, Huaura, Marañón y Alto Huallaga. Observando la distribución por cuencas, la laguna Viconga (1.20 km²) es la de mayor superficie que alimenta a la cuenca Pativilca, seguido de la laguna Tocto. Por otro lado, la cuenca Huaura posee una laguna de gran dimensión que es Surasaca con un área de 2.21 km²; de la misma manera, la cuenca del Marañón presenta dos lagunas de gran tamaño como son Lauricocha (6.6 km²) (Fotografía 36) y Patarcocha (2.06 km²). Por último, la cuenca del Alto Huallaga no posee lagunas de gran magnitud en comparación con las demás cuencas, la gran mayoría posee áreas de superficie por debajo de los 0.25 km².

Es importante mencionar la situación ambiental que viene atravesando la laguna Caballococha debido al vertimiento de relaves mineros.

4.1.4.6.5. Riesgos de origen glaciar

Se han detectado dos tipos de riesgos de origen glaciar en la Cordillera Raura, el primero por el peligro de avalancha de un glaciar colgado del nevado Patrón, ubicado sobre las oficinas administrativas de la mina Raura. La segunda, consiste en un peligro potencial de revalse de la laguna Locococha sobre las operaciones mineras también de la misma mina Raura.

El Ing. Benjamín Morales Arnao realizó para la compañía minera Raura, estudios de riesgos en el glaciar Rozzoni sobre la laguna Santa Ana y sobre operaciones mineras que fueron afectadas por un desborde de la laguna Locococha por efecto de grandes desprendimientos de hielo del frente glaciar en contacto con esta laguna en crecimiento. Se recomendó vaciar la laguna para prevenir desbordes posteriores, así como efectuar levantamientos geofísicos de la lengua glaciar para prever el crecimiento de esta laguna. Del mismo modo, se recomendó reubicar las oficinas administrativas de la mina al estar bajo el nevado Patrón que podría desprenderse sobre ella.



Fotografía 36. Laguna Lauricocha - Cordillera Raura.

4.1.4.6.6. Resultados del inventario

La Cordillera Raura cubre una superficie glaciar total de 25.62 km² al 2016, que incluye el área glaciar cubierto de escombros con 0.46 km² y área glaciar libre de detritos o escombros con 25.16 km². Tabla 17 y Gráfico 17.

Tabla 17. Superficie glaciar 2016 - Cordillera Raura.

Unidad	Superficie Glaciar		
	Libre de detritos o escombros	Cubierto	Total
Km ²	25.16	0.46	25.62
%	98.21	1.79	100.00

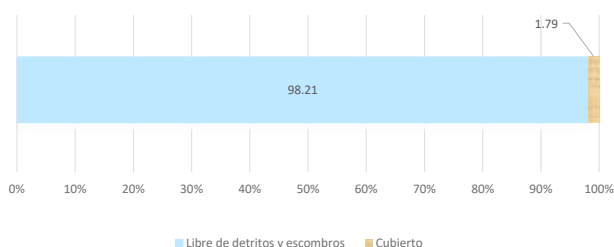


Gráfico 17. Proporción de superficies glaciares 2016 - Cordillera Raura.

En el análisis de cambio de superficie, se determinó que en 54 años (1962-2016), el área glaciar disminuyó en 29.69 km². Gráfico 18 y Figura 13.

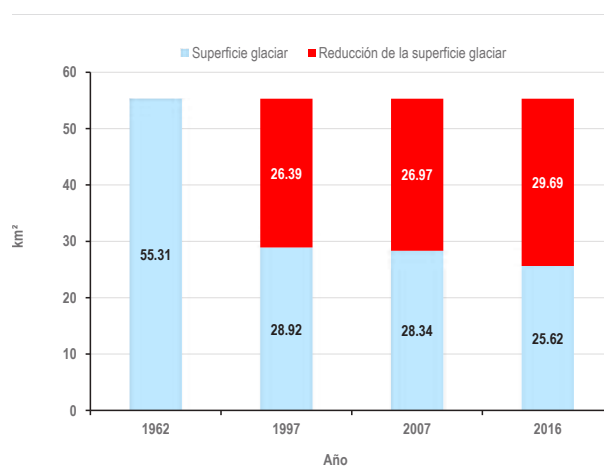


Gráfico 18. Reducción del área glaciar por períodos (1962-2016) - Cordillera Raura.

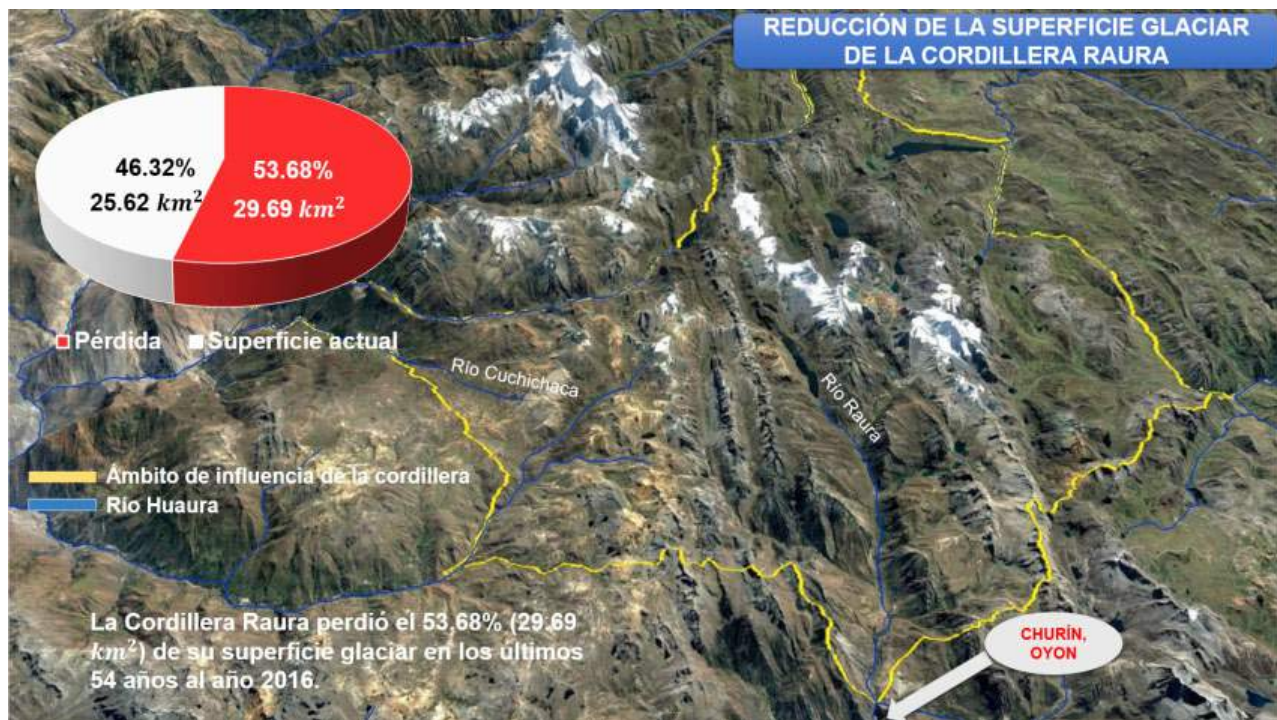


Figura 13. Reducción de la superficie glaciar en la Cordillera Raura.

4.1.4.6.7. Tendencia estimada de la reducción de la superficie glaciar

Considerando los resultados de los inventarios de 1989 (publicado por Hidrandina S.A. & y reanalizado por INAIGEM al 2016), de 2001 (CONAM), de 2014 (ANA-UGRH) y del 2017 (INAIGEM), se obtiene

una tasa de retroceso de 0.57 km²/año. De acuerdo con estos datos se estima que los glaciares de la Cordillera Raura desaparecerían en el año 2056. Sin embargo, es importante mencionar que este valor es una estimación estadística lineal, sujeta a las variaciones y tendencias climáticas futuras a nivel global. Gráfico 19.

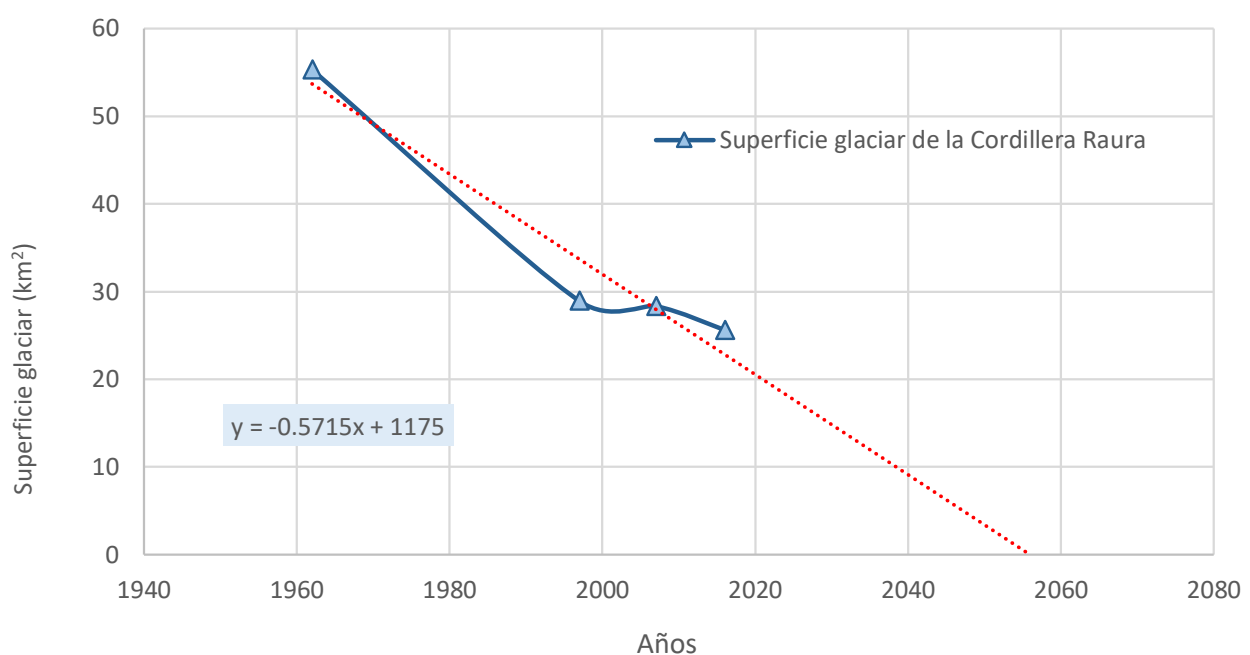


Gráfico 19. Tendencia estimada de reducción de la superficie glaciar de la Cordillera Raura.

Resumen

- En el análisis de cambio de superficie, basado en fotografías aéreas (1962) e imágenes de Sentinel 2 (2016), se muestra que el área glaciar ha disminuido de 55.31 km² a 25.62 km² con una pérdida de 29.69 km², equivalente al 53.68%. Sin embargo, hay que tener en cuenta que, en los últimos años, este proceso se ha acelerado considerablemente.
- La Cordillera Raura cubre una superficie glaciar total de 25.62 km² en el 2016, que incluye área glaciar cubierto con 0.46 km² (1.78%) y área glaciar libre de detritos y escombros con 25.16 km² (98.21%).
- Es importante mencionar sobre la situación ambiental que viene atravesando la laguna Caballococha, una de las lagunas más importantes de la Cordillera Raura, debido a que en esta laguna glaciar se está realizando el vertimiento de relaves mineros aprovechando la presencia del dique natural de la laguna para la deposición de sus relaves de forma directa, situación que se debe investigar.
- En la Cordillera Raura se ubica una de las lagunas más grandes de origen glaciar, Lauricocha, que es emblemática por el descubrimiento de la *Cueva de Lauricocha*, catalogada como importante vestigio de la presencia humana en sus primeros 12,000 años de su evolución y desarrollo en el país.
- La Cordillera Raura presenta riesgos de origen glaciar por avalancha de hielo del nevado Patrón y el revalse de la laguna Locococha sobre las instalaciones operativas de la mina Raura, aspectos que requieren atenderse.
- La población estimada en el área de influencia de la cordillera es de 13,697 habitantes, distribuidas en las provincias de Oyón y Cajatambo (Lima) y Daniel A. Carrión (Pasco). La densidad poblacional estimada es de 12 habitantes por km².

4.2. CORDILLERAS GLACIARES DEL CENTRO DEL PERÚ

4.2.1. CORDILLERA HUAGORUNCHO

4.2.1.1. Ubicación

La Cordillera Huagoruncho forma parte de las cordilleras ubicadas en la zona centro del país y se ubica al este de las cordilleras Huayhuash, Raura y parte de La Viuda. El ámbito de influencia de la cordillera tiene un área de 5,880 km² y una longitud aproximada de 134 km. Sus límites geográficos están comprendidos entre las coordenadas de 10°57'10.12" y 09°40'7.01" de latitud sur y 76°17'27.97" y 75°16'42.05" de longitud oeste.

Políticamente el ámbito se extiende parcialmente sobre el departamento de Huánuco, en las provincias de Pachitea, Ambo y Huanuco, y el departamento de Pasco, en las provincias de Oxapampa y Pasco. Mapa 18.

4.2.1.2. Acceso

Los principales accesos a la Cordillera Huagoruncho son, desde la carretera Central en el tramo La Oroya-Huánuco, principalmente siguiendo dos rutas: desde Ninacaca, al este de la cordillera, hasta Huachón, y desde Tlacayán directamente hacia la cordillera por vía afirmada. Otra vía es subiendo de Oxapampa hacia la central hidroeléctrica de Yaupi, y caminando hacia la cordillera.

4.2.1.3. Aspectos Físicos

4.2.1.3.1. Hidrografía y climatología

La red hidrográfica de la Cordillera se encuentra dentro de la vertiente del Atlántico, abarcando las cabeceras de las cuencas de los ríos Perené, Pachitea y Alto Huallaga. En la cuenca Perené se encuentran los ríos Huachón y Paucartambo, los cuales limitan con el ámbito de la Cordillera Huagoruncho, conformando el río Perené que posee corto recorrido y caudal considerable todo el año, haciéndolo propicio para proyectos de generación eléctrica. En este ámbito encontramos a las centrales hidroeléctricas de Yuncán y Yaupi; en la cuenca Pachitea, tenemos a los ríos Chorobamba, Pozuzo y Santa Cruz, los cuales drenan sus aguas hacia el río Pachitea; y en la cuenca del Alto Huallaga, los ríos que limitan con la cordillera son el Blanco y el Huallaga.

Las precipitaciones se presentan con mayor intensidad al lado este (selva alta) llegando a tener valores superiores a los 1,500 mm de media anual. En cambio, hacia el lado oeste, se tienen valores de media anual de 800 mm para zonas ubicadas por encima de los 4,000 m s.n.m. Mapa 19.

De acuerdo con la clasificación climática de Thornthwaite (SENAMHI, 1988) sobre la cordillera predomina un clima frío lluvioso, con lluvia deficiente en otoño e invierno. Según los datos grillados del proyecto PISCO, la temperatura media anual se halla entre los 16 °C y 18 °C para zonas ubicadas alrededor de los 3,500 m s.n.m. En la zona oriental se tienen valores de 22 °C, esto debido a que se encuentra a una altura de 2,500 m s.n.m. en territorio de selva alta. Luego los valores van disminuyendo mientras se incrementa la altitud llegándose a tener, por sobre los 4,500 m s.n.m., una temperatura media anual de alrededor de 4 °C. (Lavado, et al., 2016).

4.2.1.3.2. Geología y geomorfología

En la Cordillera Huagoruncho, en su zona norte y noroeste, afloran rocas metamórficas precámbricas compuestas por esquistos y gneis en menor proporción, e intruídas por rocas intrusivas tipo granito. Estos afloramientos están cubiertos parcialmente por depósitos cuaternarios glaciares y fluvio-glaciares, que en conjunto tienen una baja competencia geotécnica (INGEMMET, 1996a).

Hacia el sureste de la cordillera, sobresalen afloramientos de rocas intrusivas paleozoicas de naturaleza granítica y monzogranítica. Hacia el sector más oriental de la cordillera, en los alrededores de las provincias de Oxapampa y Pozuzo, sobresalen las formaciones sedimentarias jurásicas y cretácicas conformadas por calizas, areniscas y conglomerados.

Estructuralmente, se visualizan fallas y lineamientos paralelos al rumbo andino, como resultado de la geodinámica compresional entre las placas tectónicas de Nazca y Sudamericana.

La Cordillera Huagoruncho se ubica en la Cordillera Oriental y se caracteriza por tener una variada distribución morfológica, sobresaliendo montañas altas con laderas de montaña fuertemente empinadas y cimas con cotas a partir de los 4,574 m s.n.m. Los valles típicos en "U", de origen glaciar y amplios fondos de valle, se observan en gran parte del ámbito de la cordillera, los cuales han sido originados por procesos de erosión cuaternaria.

Los principales procesos geodinámicos son de origen glaciar denudacional con diferentes niveles de erosión. Los procesos de origen hídrico-gravitacional han generado flujos de detritos, avalanchas e inundaciones, y los procesos de origen gravitacional generan movimientos en masa.

4.2.1.4. Ecosistemas de montaña

En la Cordillera Huagoruncho se presentan siete ecosistemas que cumplen funciones ecosistémicas importantes dentro de sus áreas de influencia. Estos ecosistemas son: bofedales, bosque de montaña altimontano, bosque de montaña basimontano, bosque de montaña montano, bosque relicto mesoandino, matorral arbustivo y pajonal andino (MINAM, 2017). El pajonal andino es el ecosistema que predomina ya que ocupa el 38,4% del territorio y el porcentaje restante se reparten los otros ecosistemas resaltando las áreas de no bosque amazónico con un 25%.

Las áreas amazónicas sin bosques han sido convertidas en áreas agropecuarias, es decir, de uso agrícola y pastos cultivados. Asimismo, comprenden todas las áreas cubiertas actualmente con vegetación secundaria ("purma") y que están en descaso por un determinado número de años hasta que retorne la fertilidad natural del suelo, para ser nuevamente integradas a la actividad agropecuaria.

Las comunidades arbóreas que destacan en esta cordillera son de porte bajo y con abundante epifitismo. Entre las familias y géneros se mencionan a las siguientes: Myricaceae (*Myrica*), Myrsinaceae (*Myrsine*), Melastomataceae (*Miconia*), Clethraceae (*Clethra*), Rosaceae (*Polylepis* y *Hesperomeles*), Bignoniaceae (*Delostoma*), Grossulariaceae (*Escallonia*), Araliaceae (*Aralia*, *Schefflera* y *Oreopanax*), Myrtaceae (*Calyptanthus* y *Myrcianthes*), Clusiaceae (*Clusia*), Cunoniaceae (*Weinmannia*), Solanaceae (*Solanum*), Brunelliaceae (*Brunellia*), Hedyosmum, Siparunaceae (*Siparuna*) y Elaeocarpaceae (*Vallea*).

Por otro lado, las actividades humanas que se realizan, tanto en la Cordillera Huagoruncho como en los bosques tropicales altos de sus vertientes orientales, tienen

significativos impactos ambientales y sociales. Estos impactos son generados por actividades productivas como la agricultura, la ganadería y actividades extractivas como la pesca, la caza, la tala y la minería. Uno de los mayores impactos sobre los ecosistemas es el producido por la actividad hidroenergética cuyo represamiento y desvío del agua de varias lagunas ubicadas al pie de la cordillera han ocasionado impactos negativos sobre la biodiversidad. Mapa 20.

4.2.1.5. Aspectos socio económicos culturales

4.2.1.5.1. Población

La zona de influencia de la cordillera abarca un área de 5,880 km², que es el 64% del total del área de los distritos mencionados.

En cuando a población, ésta se ha incrementado en 24,885 habitantes en 16 años (2000-2015), (INEI, 2018). La densidad poblacional estimada para la cordillera es de 37 habitantes por km². La tasa poblacional de crecimiento anual es de 0.82%. Tabla 18.

4.2.1.5.2. Energía y minería

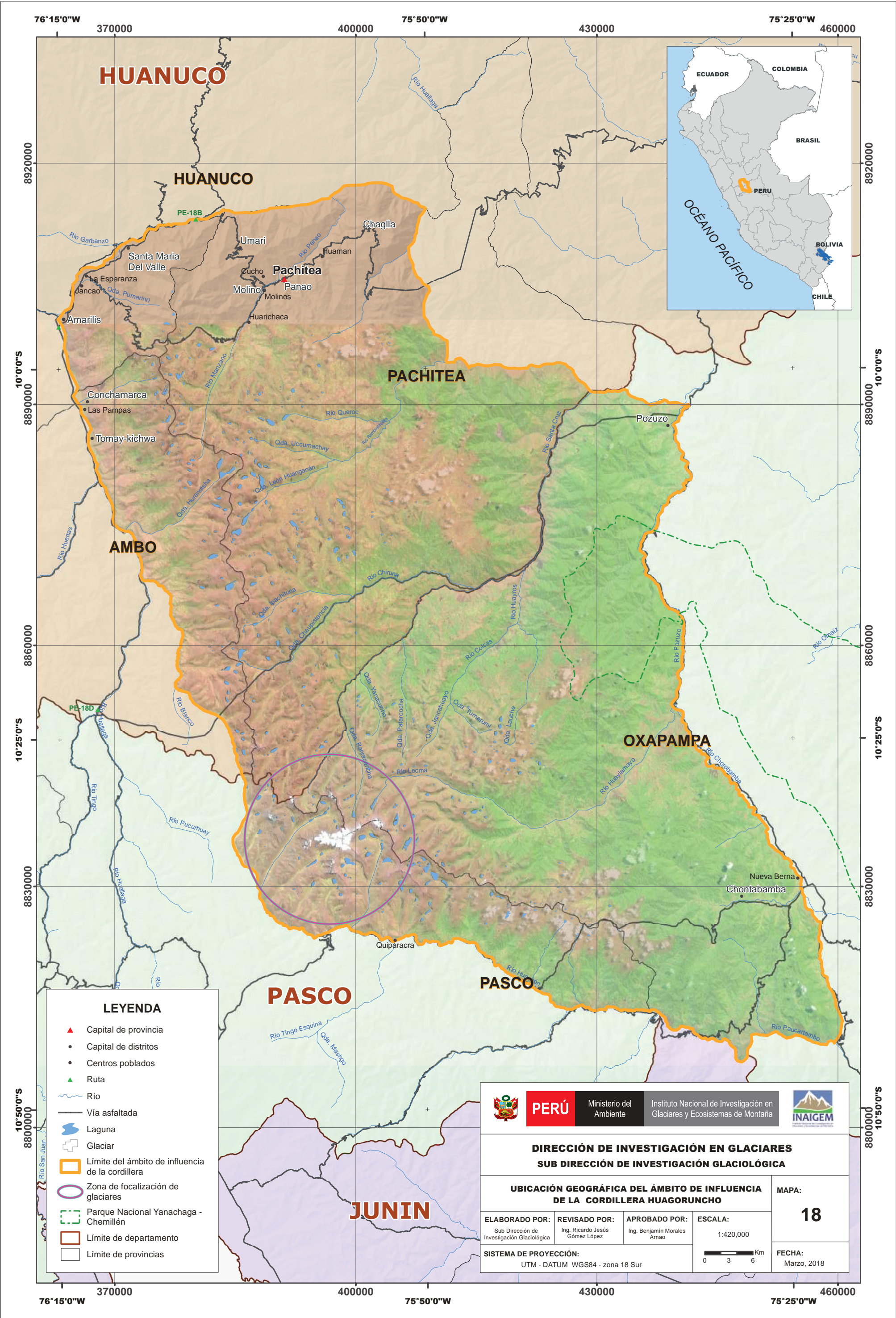
El suministro de energía eléctrica del distrito de Huachón es abastecido por la central hidroeléctrica Yuncán -alimentada por las presas Uchuhuerta y Huallamayo-, que inició sus operaciones en el año 2005. Se encuentra localizada entre las cuencas de los ríos Paucartambo y Huachón a 2,500 m s.n.m., con una capacidad instalada de 134 MW. (MEM, 2016).

El suministro de energía eléctrica del distrito de Huancabamba es abastecido por la central hidroeléctrica Yaupi. La central capta el agua proveniente de las aguas turbinadas por la central hidroeléctrica Yuncán, aguas arriba de Yaupi, la toma Yuncán y los reservorios para la

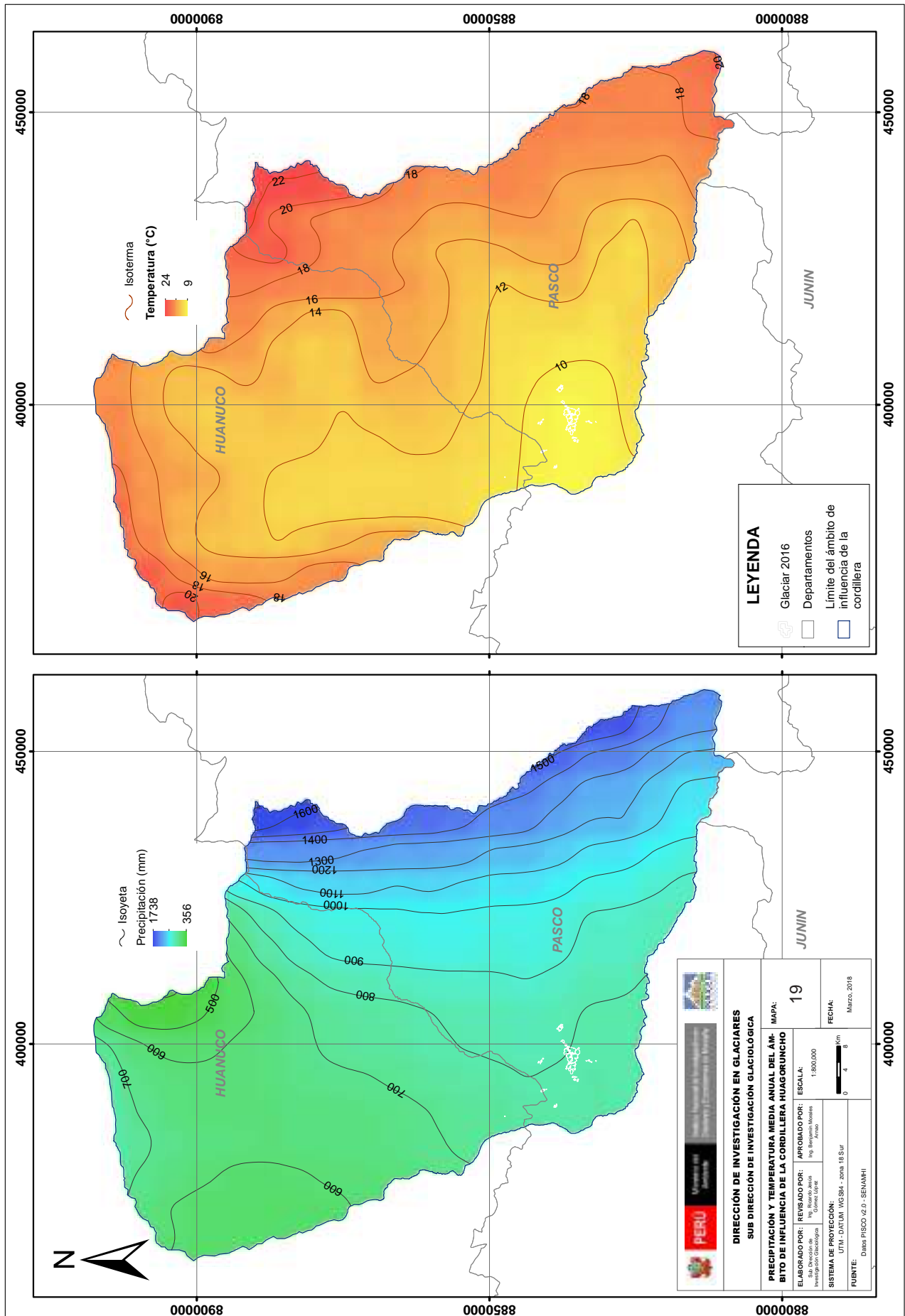
Tabla 18. Población de los distritos de la Cordillera Huagoruncho.

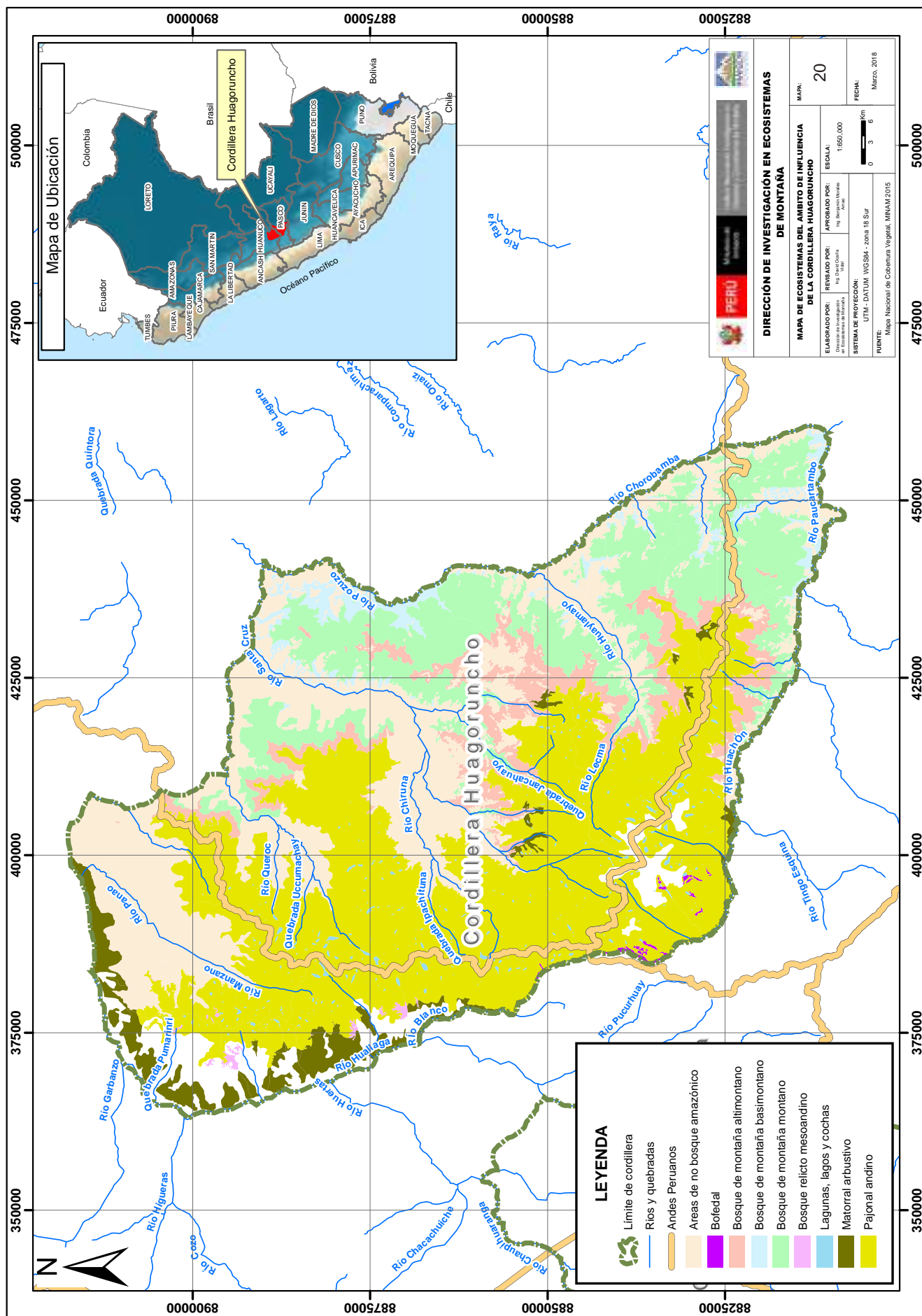
Años	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Huánuco																
Ambo(0.78*)	12,231	12,365	12,481	12,583	12,675	12,765	12,851	12,935	13,014	13,085	13,147	13,199	13,247	13,290	13,330	13,368
Amarilis(1*)	68,735	69,340	69,853	70,290	70,666	70,993	71,271	71,485	71,627	71,692	71,745	71,788	71,828	71,865	71,899	71,932
Chaglla(0.23*)	2,643	2,655	2,664	2,671	2,677	2,683	2,688	2,692	2,695	2,698	2,700	2,702	2,704	2,706	2,708	2,710
Churubamba(0.06*)	1,294	1,332	1,369	1,406	1,442	1,478	1,513	1,548	1,583	1,615	1,614	1,633	1,652	1,671	1,688	1,704
Conchamarca(0.56*)	3,093	3,148	3,201	3,252	3,303	3,353	3,404	3,455	3,504	3,553	3,601	3,647	3,692	3,736	3,779	3,820
Huánuco(0.02*)	1,550	1,560	1,567	1,573	1,577	1,580	1,582	1,582	1,581	1,578	1,648	1,667	1,687	1,706	1,723	1,740
Molino(1*)	11,137	11,386	11,631	11,873	12,116	12,361	12,609	12,860	13,111	13,363	13,611	13,859	14,106	14,353	14,597	14,840
Panao(1*)	15,338	15,730	16,117	16,503	16,893	17,287	17,689	18,096	18,507	18,919	19,330	19,743	20,156	20,570	20,984	21,398
Pillco Marca(0.02*)	232	259	289	322	359	399	442	490	542	598	523	529	536	542	547	552
San Rafael(0.38*)	4,687	4,688	4,689	4,689	4,690	4,689	4,689	4,686	4,683	4,678	4,672	4,666	4,658	4,650	4,641	4,631
Sta María del Valle(0.1*)	6,599	6,584	6,569	6,553	6,536	6,517	6,498	6,478	6,457	6,436	6,414	6,393	6,373	6,351	6,329	6,306
Tomay Kichwa(1*)	5,362	5,284	5,201	5,117	5,032	4,946	4,861	4,777	4,691	4,606	4,519	4,432	4,345	4,257	4,170	4,082
Umarí(1*)	24,225	24,216	24,204	24,187	24,167	24,142	24,115	24,084	24,043	24,003	23,965	23,927	23,888	23,848	23,804	23,754
Pasco																
Chontabamba(1*)	2,980	3,016	3,054	3,092	3,129	3,166	3,203	3,241	3,278	3,313	3,348	3,381	3,413	3,444	3,474	3,504
Huachón(0.97*)	4,448	4,466	4,480	4,495	4,507	4,516	4,525	4,533	4,540	4,545	4,551	4,557	4,563	4,569	4,575	4,580
Huancabamba(0.74*)	4,766	4,772	4,778	4,783	4,788	4,792	4,797	4,801	4,806	4,810	4,814	4,819	4,823	4,828	4,832	4,837
Oxapampa(1*)	14,402	14,421	14,438	14,450	14,461	14,467	14,472	14,474	14,472	14,464	14,447	14,420	14,387	14,348	14,304	14,257
Pozuzo(0.81*)	5,389	5,521	5,657	5,795	5,935	6,076	6,221	6,368	6,517	6,668	6,818	6,967	7,116	7,265	7,416	7,567
Tilacayán(0.22*)	935	1,016	1,103	1,197	1,298	1,406	1,521	1,644	1,776	1,916	2,063	2,217	2,381	2,552	2,732	2,923
TOTAL	190,047	191,759	193,345	194,831	196,250	197,616	198,951	200,229	201,426	202,540	203,627	204,681	205,702	206,702	207,681	208,632

Fuente: INEI. (*) Factor de incidencia territorial.



Mapa 18. Ubicación geográfica del ámbito de influencia de la Cordillera Huagoruncho





Mapa 20. Ecosistemas en el ámbito de influencia de la Cordillera Huagoruncho.

regulación diaria de generación de energía están ubicados en el departamento de Pasco.

Respecto a la actividad minera en el distrito de Huachón, se tiene allí la empresa Tarata que produce oro. En Huancabamba las mineras que existen son Horizonte y San Vicente, que explotan oro y zinc, respectivamente. En Ticlacayán, están Umanrauca, Chuqitambo y Carbón-Mina Chola que explotan oro, plata y carbón (MEM, 2018).

4.2.1.5.3. Agricultura y ganadería

En el ámbito de la cordillera, los terrenos con aptitud agrícola son escasos, mientras que los terrenos con aptitud ganadera constituyen la mayor cantidad de área, con buenas condiciones para la ganadería altoandina. Además, se debe mencionar que los pobladores tienden a realizar controles biológicos de diversas plagas o enfermedades que se pueden presentar en una campaña agrícola, los conocimientos de estos métodos fueron heredados de sus ancestros. La población complementa la agricultura con crianzas de animales menores y aves de corral en pequeña escala, con fines de autoconsumo y en muy pequeña proporción para el mercado.

Entre los principales cultivos se encuentran: la papa (blancas y nativas), maíz, rocoto, zapallo, frijol, yuca, etc. con un área sembrada del 2%. Entre los cultivos permanentes tenemos: anona, limón, lúcumo, paca, palto, plátano, capulí, sauco y café, dependiendo de la ubicación de los predios. Incluso en las zonas cercanas a la selva se cultiva arroz de manera intensiva (Pozuzo).

Respecto del uso de la tierra según los datos del Censo Nacional Agropecuario del año 2012, aproximadamente el 31.4% de la superficie de la cordillera se encuentra en uso directo, en los porcentajes siguientes:

• Superficie con cultivos	: 10.77%
• Superficie agrícola sin cultivo y va a ser sembrada	: 2.18%
• Superficie agrícola sin cultivo y no va a ser sembrada	: 1.13%
• Superficie agrícola en descanso	: 10.40%
• Pastos naturales manejados	: 10.25%
• Pastos naturales no manejados	: 29.99%
• Montes y bosques	: 30.00%
• Superficie dedicada a otros usos	: 5.26%

Como podemos observar, el mayor porcentaje de tierras lo ocupan los montes y bosques, y los pastos naturales no manejados, ambos bordean el 60%; en tanto, que las áreas con cultivo alcanzan casi el 11% (31,222 ha). Las áreas agrícolas sin cultivo, pero con posibilidades de ser sembradas, solo alcanzan el 2.18%, bordeando así unas 6,000 ha (CENAGRO, 2012).

4.2.1.5.4. Turismo y cultura

Entre los principales atractivos del distrito de Huachó está el nevado Huagoruncho, ubicado a 87 km de la ciudad de Cerro de Pasco. Este nevado tiene forma piramidal, está constituido por siete glaciares, siendo su cima máxima 5,730 m s.n.m. y es el que da origen a los ríos Huancabamba y Santa Cruz que al unirse forman el río Pozuzo. Para llegar al Huagoruncho es necesario partir de Huachón, el pueblo más cercano, ubicado a 6 km y al que se baja desde la carretera Central en Ninacaca, a 12 km del cruce de Huayllay.

Al pie de la montaña, destacan las lagunas Huagoruncho, Leche Cocha, Suyro Cocha, Talaya y Pacchapata. Los nevados Jacahuay, Ranrajanca, Carhuaraj e Incatama, tienen más de 5,000 m s.n.m.

Entre otras atracciones turísticas se tiene al camino inca (Qhapac Ñan), los restos arqueológicos de Shaukamarca y algunas pinturas rupestres. Huancabamba es el distrito más antiguo de la provincia de Oxapampa, su principal atractivo turístico es la catarata Encantada, que tiene una caída de 45 m. Entre los principales atractivos del distrito de Panao están: La Campana (reliquia arqueológica); la iglesia de Panao, edificada en la época de la Colonia en cuyo interior alberga a la imagen del Cristo Crucificado y San Simón (Patrón de Panao), traídos de España entre 1590 o 1591; y el Ichu, centro pre inca construido a base de piedra con barro y con techo de paja, por ello el nombre de “Ichu”.

El pueblo de Huachón en la provincia y departamento de Pasco es uno de los pueblos más cercanos a la Cordillera Huagoruncho. Las exploraciones arqueológicas, en las cuencas de Quiparacra-Huachón y Paucartambo, encontraron sitios del grupo étnico conocido como los Pumpus o Chinchaycochas del período Intermedio Tardío (1000 – 1470 d. C.). Los Chinchaycochas tenían su núcleo geográfico en la meseta de Bombón y en todo el altiplano de Junín. Un ramal del camino Inca que conectaba la meseta de Bombón y el importante sitio arqueológico Pumpu con la zona de Huancabamba pasaba cerca de la Cordillera Huagoruncho (Vega, 2012).

4.2.1.6. Inventario de la superficie glaciar

4.2.1.6.1. Antecedentes

Entre 1970 y 1989, se realiza el primer inventario de las dieciocho cordilleras glaciares del Perú, usando fotografías aéreas del proyecto N° AF-60-17 de 1962–1963 y 62336-002 (44) de 1955, donde se determinó un área de cobertura glaciar de 23.40 Km² y 80 glaciares para la Cordillera Huagoruncho (Hidrandina S.A., 1989). A partir de un nuevo análisis realizado por el INAIGEM a través de la reconstrucción de superficies glaciares con imágenes satelitales LANDSAT de 1976, se determinó 23.70 km² de cobertura glaciar para la cordillera.

En 1997 se llevó a cabo un nuevo inventario. El material básico de trabajo fueron las imágenes del satélite LANDSAT tomadas en el período 1995-1997 obteniendo un área de cobertura glaciar de 13.38 km² para la Cordillera Huagoruncho (CONAM, 2001).

Entre los años 2003 al 2014, se efectuó el tercer inventario de glaciares y lagunas de las cordilleras nevadas del Perú, realizado por la Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos (UGRH), en base al procesamiento de imágenes satelitales SPOT, ASTER, LANDSAT y LISS III, obteniéndose un área de cobertura glaciar de 9.71 km² y 41 glaciares para la Cordillera Huagoruncho (ANA, 2014).

En el año 2016, el INAIGEM efectuó el cuarto inventario de las coberturas glaciares de las dieciocho cordilleras glaciares del Perú, registrando un área de cobertura glaciar de 7.58 km² para la Cordillera Huagoruncho.

4.2.1.6.2. Descripción de los glaciares

Los glaciares en esta cordillera se encuentran dispersos en 19 km de la cadena montañosa del ramal oriental, entre el pico Hualgashjanka en su extremo norte (ya extinto) al pico Jochojanka en su extremo sur. Dentro de la cordillera encontramos glaciares de tipo montaña, los cuales se encuentran adheridos a los flancos de las laderas. La mayoría no muestra una cuenca definida de valle, pero es importante mencionar que la zona de acumulación

está claramente definida. Los grupos importantes son el nevado Huagoruncho y Tarata que alberga la mayor área glaciar, drenando este último sus aguas hacia la quebrada de Huarancayoc, que es el más extenso de la masa de hielo del nevado Huagoruncho. Fotografía 37.

Las masas glaciares se distribuyen desde los 4,574 hasta los 5,634 m s.n.m., donde el punto más alto es el nevado Tarata con 5,723 m s.n.m. Otros picos importantes que conforman la cordillera son el nevado Huagoruncho y el Añilcocha, con 5,328 y 5,017 m s.n.m., respectivamente.

Los glaciares presentan en su mayoría superficies libres de detritos y escombros, los cuales representan el 99.74% de la superficie total, y las lenguas o superficies glaciares cubiertas parcial o totalmente por materiales detríticos o escombros, representan el 0.26%.

No se realizaron estudios glaciológicos en esta cordillera, pero se realizó una inspección, en donde se constató que hay reducción en la superficie glaciar, incluso llegando a desaparecer en la cuenca hidrográfica de Huagoruncho. (Morales B. , 1997)

Existen estudios referentes a la variación de la superficie glaciar en la cuenca del Huallaga, donde existía un total de 58 glaciares con una extensión de 18.62 km²; y en la cuenca de Pachitea, que posee 22 glaciares con una extensión de 4.78 km² (Bernex & Tejada, 2010).



Fotografía 37. Glaciar Huagoruncho. Fuente: Pavelcom – Google Earth.

El INAIGEM realizó una evaluación de las características de la Cordillera Huagoruncho en el 2017, delimitando siete cuencas glaciares, de las cuales, tres de ellas tienen un importante aporte de caudal y están asociadas directamente a las actividades económicas, estas cuencas glaciares son: Puco, Huagoruncho y Huarancayoc.

4.2.1.6.3. Lagunas de origen glaciar

Se han formado una serie de lagunas por el retroceso de los glaciares, las cuales se localizan generalmente en las partes altas de las quebradas de la cordillera que, por su magnitud y belleza, son recursos hídricos de gran importancia para las comunidades que habitan la región. Huampa es la laguna más grande de la Cordillera Huagoruncho, tiene una extensión de 0.80 km² y se encuentra dentro de la cuenca hidrográfica de Huallaga, en la quebrada de Huranuisha.

La ubicación hidrográfica de los glaciares de la cordillera se localiza en su totalidad en la vertiente del Atlántico, donde se encuentran todas las lagunas que aportan a las tres cuencas principales, como son Pachitea, Perené y Huallaga. Dentro de las cuencas se encuentran lagunas importantes por su extensión como Huampa, Tacpu, Huangush Alto, Negra y Jaico (Fotografía 38); todas estas lagunas poseen áreas superiores a 0.62 km² y como máximo 0.80 km². Varias de estas lagunas están embalsadas con fines de regulación para las centrales hidroeléctricas de Yaupi y Yuncán.

Al realizar la evaluación de las características de la Cordillera Huagoruncho, el INAIGEM identificó las lagunas en formación del nevado Añilcocha. En la actualidad, la mencionada laguna se encuentra en contacto con la lengua glaciar, esta laguna debe ser evaluada con la finalidad de descartar posibles casos de desbordes, producto de los desprendimientos del glaciar.

4.2.1.6.4. Riesgos de origen glaciar

No se tiene documentado incidente alguno de riesgo asociado a glaciares o lagunas de origen glaciar.

4.2.1.6.5. Resultados del inventario

La Cordillera Huagoruncho cubre una superficie glaciar total de 7.58 km² en el 2016, que incluye área glaciar cubierto de escombros con 0.02 km² y área glaciar libre de detritos o escombros con 7.56 km². Tabla 19 y Gráfico 20.

Tabla 19. Superficie glaciar 2016 - Cordillera Huagoruncho.

Unidad	Superficie Glaciar		
	Libre de detritos o escombros	Cubierto	Total
Km ²	7.56	0.02	7.58
%	99.74	0.26	100.00



Fotografía 38. Nevado Tarata, vista del glaciar Huagoruncho 3, también se observa la laguna Jaico. Fuente: Pavelcom – Google Earth.

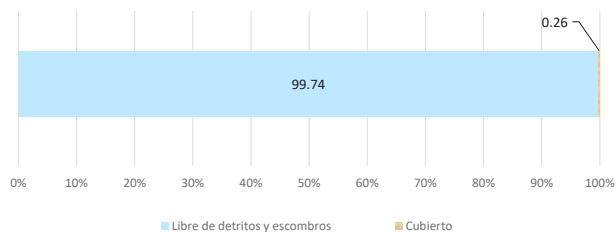


Gráfico 20. Proporción de superficies glaciares 2016 - Cordillera Huagoruncho.

En el análisis de cambio de superficie, se determinó que en 54 años (1962-2016), el área glaciaria disminuyó en 16.12 km². Gráfico 21 y Figura 14.

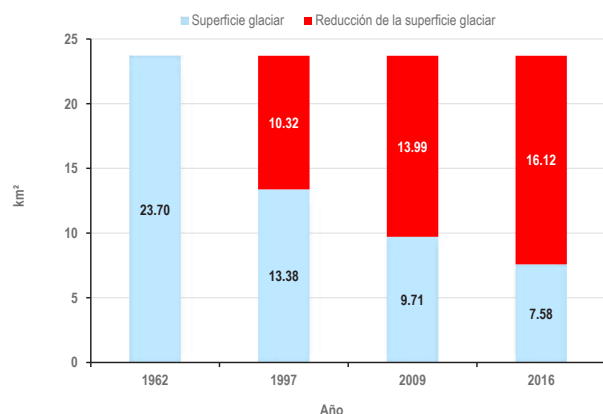


Gráfico 21. Reducción del área glaciaria por periodos (1962-2016) - Cordillera Huagoruncho.



Figura 14. Reducción de la superficie glaciaria en la Cordillera Huagoruncho.

4.2.1.6.6. Tendencia estimada de la reducción de la superficie glaciaria

Considerando los resultados de los inventarios de 1989 (publicado por Hidrandina S.A. & y reanalizado por INAIGEM al 2016), de 2001 (CONAM), de 2014 (ANA-UGRH) y del 2017 (INAIGEM), se obtiene una tasa de

retroceso de 0.29 km²/año. De acuerdo con estos datos, se estima que los glaciares de la Cordillera Huagoruncho desaparecerían en el año 2042; sin embargo, es importante mencionar que este valor es una estimación estadística lineal, sujeta a las variaciones y tendencias climáticas futuras a nivel global. Gráfico 22.

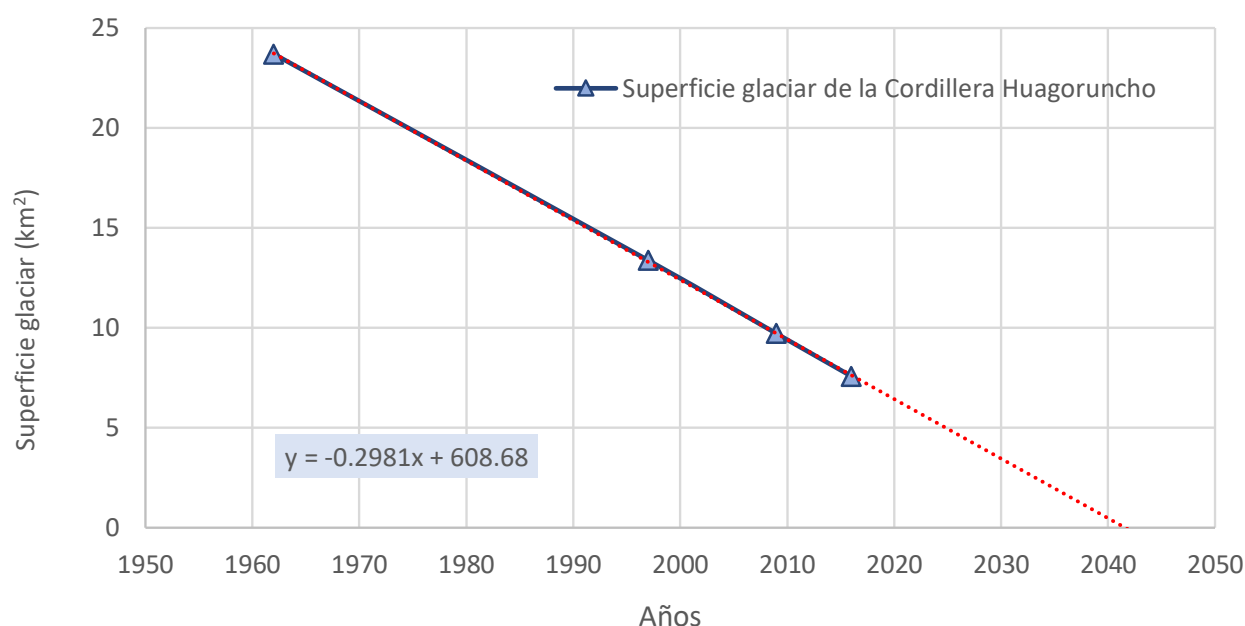


Gráfico 22. Tendencia estimada de reducción de la superficie glaciar de la Cordillera Huagoruncho.

Resumen

- En el análisis de cambio de superficie, basado en fotografías aéreas de 1962 e imágenes de Sentinel 2 de 2016, se muestra que el área glaciar ha disminuido de 23.70 km² a 7.58 km², con una pérdida de 16.12 km² equivalente al 68.02%, en 54 años. Sin embargo, esta tendencia se ha agudizado en los últimos años.
- La Cordillera Huagoruncho cubre una superficie glaciar total de 7.58 km² en el 2016, que incluye el área glaciar cubierta de detritos y escombros con 0.02 Km² y el área de glaciar libre de detritos y escombros con 7.56 km², representando el 0.26 y el 99.74%, respectivamente.
- Considerando los datos registrados en los inventarios, se obtiene una tasa de retroceso de 0.29 km²/año, de acuerdo con esta información, se estima que los glaciares de la Cordillera Huagoruncho desaparecerán en el año 2042 de continuar la tendencia actual.
- Con los recursos hídricos almacenados y regulados por esta cordillera, se generan aproximadamente 134 MW en las centrales Yuncán y Yaupi.
- La población estimada existente en el área de influencia de la cordillera es de 214,932 habitantes. La densidad poblacional estimada es de 37 habitantes por km², siendo una de las cordilleras más pobladas. La tasa poblacional de crecimiento anual es de 0.82%.

4.2.2. CORDILLERA LA VIUDA

4.2.2.1. Ubicación

La Cordillera La Viuda forma parte de las cordilleras ubicadas en la zona centro del país y se ubica entre las cordilleras Raura y Central, colinda con estas por el noroeste y sureste respectivamente. El ámbito de influencia de la cordillera tiene un área de 10,577 km² y una longitud aproximada de 181 km, sus límites geográficos están comprendidos entre las coordenadas de 11°58'42.97" y 10°17'43.47" de latitud sur y 77°10'54.98" y 75°50'58.61" de longitud oeste.

Políticamente el ámbito se extiende sobre el territorio del departamento de Lima, en las provincias de Oyón, Huaura, Huaral, Canta y Huarochiri; y en el departamento de Junín, en la provincia de Yauli, y en el departamento de Pasco, en las provincias Daniel Alcides Carrión y Pasco. Mapa 21.

4.2.2.2. Acceso

Para acceder a la Cordillera La Viuda, se tienen varias opciones, las más importantes: desde el oeste, partiendo de Lima por la carretera central hasta Chosica, para luego tomar la carretera a Santa Eulalia, Callahuanca, San Pedro de Casta, Huanza, Laraos y Marcapomacocha; desde el suroeste, partiendo de la ciudad de Lima hacia Santa Rosa de Quives, Canta, Huaraos y Yantac; desde el oeste, partiendo de Huaral hasta Huayopampa, para luego continuar hasta Huascoy, Pracaos y Viscas; desde Huacho, al oeste, hasta Sayán y luego hasta Huanangui y Anco; desde el este, partiendo de Junín, Óndores, Palcán, Carhuacayán y Chungar; y desde el este, partiendo de Cerro de Pasco a Huayllay, Viscas y Pacaraos.

4.2.2.3. Aspectos físicos

4.2.2.3.1. Hidrografía y climatología

Las aguas de esta cordillera drenan hacia el Pacífico por medio de los ríos Huaura, Chancay, Chillón y Rímac; mientras que, hacia el oriente, los riachuelos que nacen en las alturas fluyen hacia los ríos Huallaga y Mantaro.

El ámbito de esta cordillera abarca todas las cabeceras de cuenca que abastecen de agua al embalse de Marcapomacocha, fuente principal de agua para la ciudad de Lima.

Hidrográficamente limita por el norte con la cuenca Huaura; por el sur, con el río Alto Huallaga y con las cuencas del Rímac y el Mantaro; por el este, con la cuenca del Mantaro; y por el oeste, con las cuencas de Chancay, Chillón y Rímac.

Las precipitaciones se concentran hacia el lado oriental de la cordillera, donde se tiene una media anual entre

los 700 a 800 mm en lugares por encima de los 4,000 m s.n.m. Éstas se dan principalmente en la estación de verano y son del tipo orográficas. Sin embargo, éstos valores disminuyen hacia el lado occidental, donde se tiene una media anual de precipitación de entre 200 y 300 mm para zonas que se encuentran por debajo de los 3,000 m s.n.m. Mapa 22.

De acuerdo con la clasificación climática de Thornthwaite (SENAMHI, 1988), sobre la cordillera predomina un clima semifrío, lluvioso en verano y deficiente en invierno. Según los datos grillados del proyecto PISCO, la temperatura media anual en el lado oriental de la cordillera es entre los 6 y 8 °C para zonas ubicadas por encima de los 4,000 m s.n.m. En cambio, para el lado occidental se tienen valores de temperatura media anual entre 16 °C y 18 °C para las zonas más bajas (Lavado, et al., 2016).

4.2.2.3.2. Geología y geomorfología

En la Cordillera La Viuda, en la zona noreste, afloran rocas metamórficas paleozoicas conformadas litológicamente por pizarras y metareniscas. Sobreyaciendo a estos afloramientos, tenemos rocas sedimentarias cretácicas y cenozoicas compuestas por areniscas rojizas, conglomerados, calizas grises, horizontes con nódulos de chert, areniscas, lutitas y limolitas; y sobre estas, sobreyacen afloramientos rocosos de origen volcánico compuestos por lavas andesíticas, piroclastos y dacitas. Intruyendo a estos afloramientos, en algunas zonas, existen rocas intrusivas como: monzogranito, diorita y dacita (INGEMMET, 1973), (INGEMMET, 1992). Hacia el sector occidental de la cordillera, sobresalen afloramientos de rocas volcánicas cenozoicas, tales como rocas piroclásticas, tufos finamente estratificados, basaltos, riolitas y dacitas; suprayaciendo, se tienen rocas sedimentarias cretácicas conformadas por areniscas, lutitas y calizas. Estas unidades han sido intruídas parcialmente por plutones tipo tonalita y otros stocks intrusivos. También existen depósitos cuaternarios de origen glaciar y fluvio-glaciar cubriendo gran parte del basamento rocoso descrito.

En general, se presentan fallas regionales acompañadas de un fuerte plegamiento con los ejes de los anticlinales y sinclinales de rumbo andino.

La Cordillera La Viuda se ubica en la Cordillera Occidental y se caracteriza por tener una variada distribución morfológica, sobresaliendo montañas altas y cimas con cotas máximas de 5,000 m s.n.m. Se observan valles glaciares en todo el ámbito de la cordillera, los cuales han sido originados principalmente por procesos de erosión; son valles en "U", cercanos a las áreas glaciares. La geodinámica que ha modelado el área actual de esta cordillera es de origen glaciar denudacional con diferentes niveles de erosión, generando inestabilidad de las laderas.

4.2.2.4. Ecosistemas de montaña

En la Cordillera La Viuda se presentan seis ecosistemas que brindan servicios ecosistémicos importantes dentro de sus áreas de influencia. Estos ecosistemas son: bofedales, bosque relicto altoandino, bosque relicto mesoandino, cardonal, matorral arbustivo y pajonal andino (MINAM, 2017). Los servicios que brindan estos ecosistemas están orientados a la regulación hídrica, mantenimiento de la biodiversidad, secuestro de carbono, belleza paisajística y formación de suelos, entre otros.

El pajonal andino, ocupa el 55.5% del territorio, seguido del matorral arbustivo con el 16%, y el porcentaje restante lo ocupan los otros ecosistemas, resaltando el bofedal con el 4%.

Los pajonales son asociaciones vegetales compuestas principalmente de gramíneas. Se asocian al chocho o tarwi (*Lupinus mutabilis*, L. spp.), que es una planta de porte arbóreo o algunas veces arbustiva; su flor tiene la corola azul, y los verticilos amarillos o rojos. También se puede encontrar yorac yorac (*Senecio nivalis*), que es una planta pequeña con pubescencia blanca, con tallos que sirven como raíces (rizomas) y pertenece a la familia Asteraceae; todas las plantas de este género contienen alcaloides senecionina y senifilina. La chaca o huamanpinta (*Chuquiraga spinosa*) es un arbusto espinoso, con flores rojas o amarillas agrupadas. La oreja de venado o wira wira (*Senecio canescens*) es una hierba lanosa con hojas pubescentes, empieza a aparecer entre los 3,900 a 4,000 m s.n.m. Sus raíces son tipo rizomas, es decir salen del tallo, y la planta es usada por los pobladores en infusión para tratar afecciones a los bronquios y la gripe común. Mapa 23.

4.2.2.5. Aspectos socio económicos culturales

4.2.2.5.1. Población

Con respecto a la población, en el área de influencia de la cordillera, esta tiene una tendencia al crecimiento, pero que es reducido respecto al promedio nacional. En 16

años se ha incrementado en 8,090 habitantes, de 168,892 en el año 2000 a 176,982 para el año 2015 (INEI, 2018). Cabe señalar que esta población se ha estimado de manera proporcional al territorio de influencia en la cordillera por cada provincia. Incluso, en algunas provincias, hay un decrecimiento poblacional tal como ocurre en Ambo, Junín y Yauli. Este comportamiento de la población indica una fuerte migración del campo hacia las principales ciudades de la costa, tales como Lima, Huacho, Barranca y Pativilca, entre otras. Tabla 20.

La densidad poblacional para la cordillera es de 17 habitantes por km². Una tasa de incremento poblacional medio anual de 0.31%.

4.2.2.5.2. Energía y minería

En esta cordillera, que comparte la cuenca del río Rímac con la Cordillera Central, se ubica el complejo hidroenergético del centro, que es parte importante del sistema interconectado de la ciudad de Lima y el país, en los ríos Santa Eulalia y Rímac. Además, se tiene la central de Canta y las centrales de La Oroya y Malpaso. La energía eléctrica para el distrito de Atavillos Alto proviene de las centrales hidroeléctricas de Baños en el río Chancay.

En esta cordillera se concentra una importante actividad minera, con empresas como La Poderosa, Chinalco Perú S.A. (Toromocho), Minera Casapalca, Huacanal y Alpamarca, entre otras (MEM, 2018).

4.2.2.5.3. Agricultura y ganadería

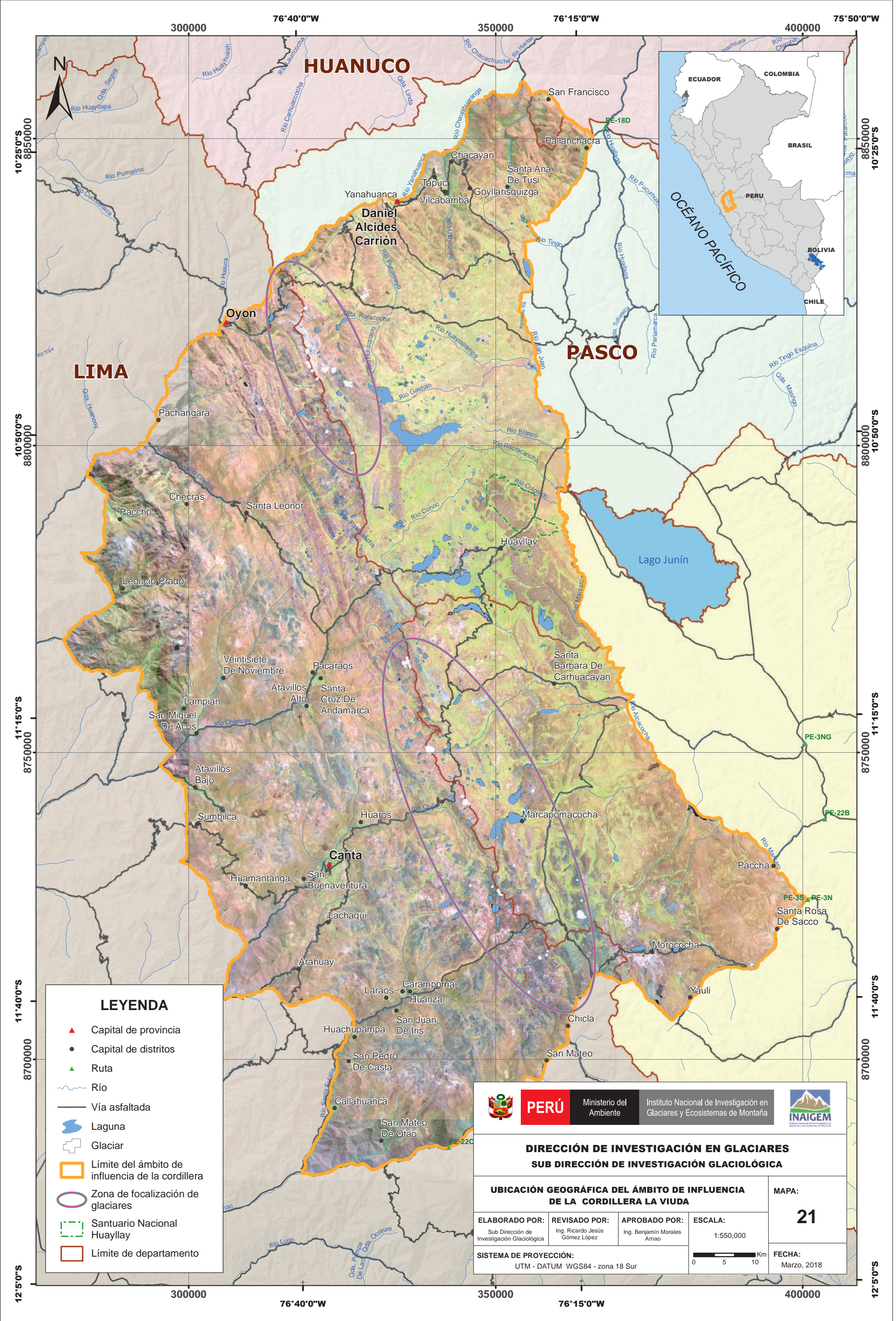
En la agricultura, predomina el cultivo de habas, maíz, papa, olluco, maíz choclo, alcachofa, espinaca, zanahoria, arveja grano, arveja verde, habas grano, haba verde, mashua, oca y olluco; también los cultivos permanentes, como el tumbo y otros frutales entre los que destacan el manzano, el melocotonero, el peral y la palta. En su mayoría son productos de autoconsumo.

También se dedican a la ganadería y al comercio, los animales que se crían son los camélidos sudamericanos

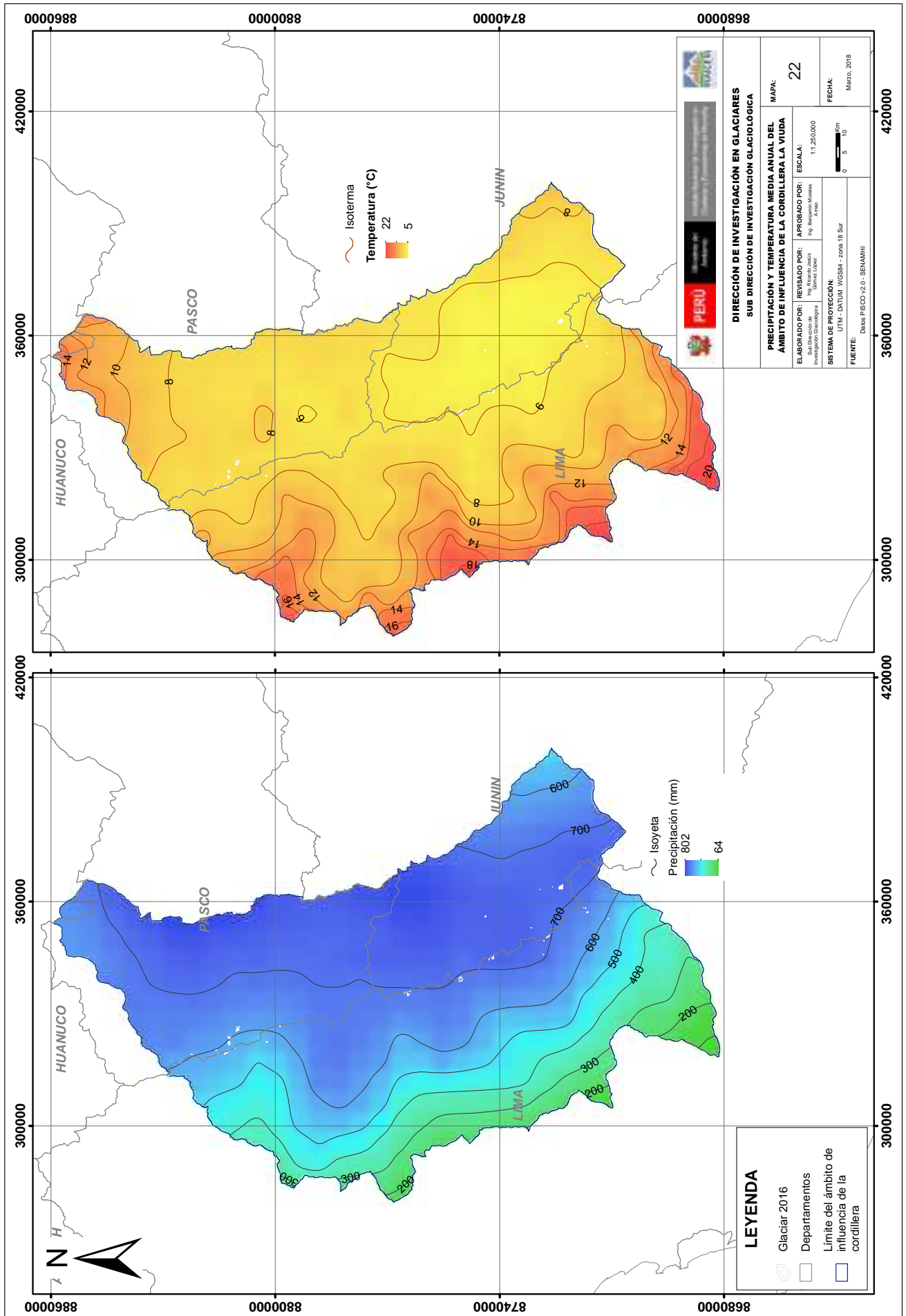
Tabla 20. Población de las provincias de la Cordillera La Viuda.

Años	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Lima																
CANTA(0.62*)	4,963	5,029	5,094	5,157	5,217	5,275	5,329	5,378	5,427	5,475	5,527	5,582	5,639	5,697	5,755	5,813
HUARAL(0.45*)	30,866	31,418	31,961	32,494	33,016	33,525	34,013	34,479	34,938	35,406	35,895	36,409	36,938	37,478	38,025	38,576
HUAROCHIRI(0.25*)	4,341	4,400	4,458	4,515	4,568	4,620	4,669	4,713	4,757	4,801	4,848	4,897	4,949	5,001	5,053	5,106
HUAURA(0.17*)	5,493	5,561	5,627	5,690	5,750	5,807	5,860	5,909	5,955	6,002	6,052	6,106	6,161	6,217	6,274	6,331
OYÓN(0.36*)	2,591	2,621	2,650	2,678	2,704	2,728	2,751	2,771	2,791	2,811	2,832	2,855	2,879	2,904	2,928	2,953
Huánuco																
AMBO(0.02*)	1,183	1,183	1,183	1,182	1,180	1,179	1,177	1,175	1,173	1,170	1,167	1,163	1,159	1,155	1,150	1,145
Junín																
JUNÍN(0.01*)	373	365	357	349	341	333	325	317	309	301	293	285	277	270	262	255
YAULI(0.6*)	36,938	36,170	35,394	34,612	33,824	33,031	32,231	31,425	30,620	29,824	29,041	28,272	27,515	26,768	26,030	25,302
Pasco																
DANIEL A. CARRIÓN(0.65*)	28,625	29,029	29,439	29,853	30,271	30,692	31,119	31,552	31,986	32,418	32,841	33,256	33,663	34,066	34,468	34,871
PASCO(0.36*)	53,520	53,776	54,032	54,285	54,535	54,779	55,023	55,269	55,507	55,730	55,929	56,101	56,253	56,389	56,513	56,632
TOTAL	168,892	169,553	170,195	170,815	171,408	171,970	172,496	172,988	173,463	173,938	174,425	174,927	175,433	175,943	176,460	176,982

Fuente: INEI. (*) Factor de incidencia territorial.



Mapa 21. Ubicación geográfica del ámbito de influencia de la Cordillera La Viuda



Mapa 22. Precipitación y temperatura del ámbito de influencia de la Cordillera La Viuda.



como llamas, alpacas, guanacos y vicuñas; también, ovinos, vacunos y equinos. Comercializan carne, lana, cuero, leche y derivados. En los valles interandinos bajos predomina el cultivo de frutales, tales como paltos, chirimoyas, duraznos, manzanas, membrillos y tunas, entre otros.

En la cuenca del río Santa Eulalia existe infraestructura agrícola prehispánica como son los andenes y paterías, en los que se cultiva en secano y bajo riego, y están en muy buen estado de conservación. La población se dedica también a la crianza y comercialización de truchas.

Respecto del uso de la tierra según los datos del Censo Nacional Agropecuario del año 2012, aproximadamente el 40.8% de la superficie de la cordillera se encuentra en uso directo, en los porcentajes siguientes:

• Superficie con cultivos	: 6.15%
• Superficie agrícola sin cultivo y	
• va a ser sembrada	: 3.70%
• Superficie agrícola sin cultivo y	
• no va a ser sembrada	: 0.80%
• Superficie agrícola en descanso	: 3.63%
• Pastos naturales manejados	: 9.44%
• Pastos naturales no manejados	: 63.59%
• Montes y bosques	: 0.99%
• Superficie dedicada a otros usos	: 11.71%

Sin embargo, al parecer es una constante el hecho que el mayor porcentaje de áreas lo ocupen los pastos naturales no manejados, con algo más de 41,000 ha; en tanto, la superficie con cultivos representa el 6.15% (39,744.68 ha) (CENAGRO, 2012). Llama la atención la reducida área con montes y bosques, de aproximadamente 6,000 ha.

4.2.2.5.4. Turismo y cultura

Turísticamente, en Huanza —muy cerca a Lima, pero lejos de los circuitos turísticos tradicionales— se inauguró un hipódromo como nuevo escenario para sus tradicionales competencias ecuestres. Las hualinas son toda una tradición en casi todos los distritos huarochiranos pero en Huanza tienen una especial connotación por su vinculación con la Champería, nombre con el que se conoce a la denominada Fiesta del Agua o "Yacuraymi". Marcapomacocha es la tierra de los pumas y las lagunas, el distrito se encuentra al noroeste del distrito de la Oroya a 48.96 km y el recorrido se hace en 2 horas. La vía de acceso es por una carretera afirmada que se encuentra en buen estado lo que facilita el traslado hasta el distrito.

El turismo también se desarrolla en la reserva de Huayllay, los alrededores del lago Junín, las aguas termales de Churín y el pueblo de Canta, entre otros atractivos (MINCETUR, 2017). Cantamarca es un sitio arqueológico ubicado a cinco kilómetros al noroeste

de la ciudad moderna de Canta y cerca de la Cordillera La Viuda. Fue construido durante el Intermedio Tardío (1100 d. C.) por el grupo étnico Canta y sobrevivió a la conquista de los Incas en 1450, siendo después reorganizado y ampliado hasta su abandono en la época Colonial (Farfán, 2000). Fotografía 39.



*Fotografía 39. Sitio arqueológico de Cantamarca.
Fuente: Turismo Canta Perú.*

4.2.2.6. Inventario de la superficie glaciar

4.2.2.6.1. Antecedentes

Entre 1970 y 1989, se realizó el primer inventario de dieciocho cordilleras glaciares del Perú, usando fotografías aéreas del proyecto N° AF-60-17 de 1962-1963 y 62336-002 (44) de 1955, donde se determinó un área de cobertura glaciar de 28.60 km² y 129 glaciares para la Cordillera La Viuda (Hidrandina S.A., 1989).

En 1997 se llevó a cabo un nuevo inventario parcial en cuencas seleccionadas en las cordilleras Blanca, Raura, Central, Huaytapallana, Huagoruncho y Vilcanota. Tomando como base el inventario parcial, se realizó una proyección a nivel nacional con respecto a las demás cordilleras. El material básico de trabajo fueron las imágenes del satélite LANDSAT tomadas en el período 1995-1997, obteniendo un área de cobertura glaciar de 14.99 km² para la Cordillera La Viuda (CONAM, 2001).

Entre los años 2003 al 2014, se efectuó el tercer inventario de glaciares y lagunas realizado por la UGRH, en base al procesamiento imágenes satelitales SPOT, ASTER, LANDSAT y LISS III, de diecinueve cordilleras del Perú (se incluyó a la Cordillera Volcánica que en la actualidad es considerada extinta, aunque con acumulación estacional de nieve). Se obtuvo un área de cobertura glaciar de 6.03 km² y 65 glaciares para la Cordillera La Viuda (ANA, 2014).

En el año 2016, el INAIAGEM efectuó el cuarto inventario de las coberturas glaciares de las dieciocho cordilleras glaciares del Perú, registrando un área de cobertura glaciar de 3.84 km² para la Cordillera La Viuda.

4.2.2.6.2. Descripción de los glaciares

Los glaciares en esta cordillera se encuentran dispersos en los 125 km de la cadena montañosa de los Andes del Centro, en el ramal occidental, desde la subcuenca Santa Eulalia en el extremo sur, hasta la subcuenca Pampahuay en el extremo norte. Estos glaciares, en ambos extremos, están en proceso de extinción, como los demás localizados a lo largo de la cordillera. Dentro de la cordillera, encontramos glaciares de tipo montaña, los cuales se encuentran adheridos a los flancos de las laderas, la mayoría no muestran una cuenca definida de valle, pero si es importante mencionar que la zona de acumulación en la mayoría de estos está claramente definida.

Los grupos importantes son los nevados Alca y Rajuntay, entre otros; los glaciares se encuentran de forma dispersa en toda la cordillera con pequeñas masas de hielo, como es el caso de los glaciares Cuchpanga, Alca, Gashpe, Rimi Cruz, Puypuy, Angarayoc, Mishipañahuin y Yanacocha, entre otras. Las aguas provenientes de los glaciares drenan hacia las regiones hidrográficas del Amazonas y del Pacífico.

Las masas glaciares se distribuyen desde los 4,892 hasta los 5,412 m s.n.m., donde el punto más alto es el nevado Alca, con una altura de 5,412 m s.n.m.

Los glaciares presentan en su mayoría superficies libres de detritos o escombros, los cuales representan el 91.84% de la superficie total, y las lenguas o superficies glaciares

cubiertas parcial o totalmente por materiales detríticos o escombros, representan el 8.16%.

4.2.2.6.3. Monitoreo de glaciares

En la cordillera no se han identificado estudios glaciológicos directos. Sin embargo, se realizaron estudios de inspección glaciológica, geológica y estudios de áreas glaciares por la Unidad de Glaciología y Seguridad de Lagunas en 1978, cuando se inspeccionaron 37 lagunas en donde el 50% poseían estudios definitivos para el aprovechamiento energético, con obras de represamiento. Se observó que el área glaciar sufre una fuerte ablación, que conduce a un rápido proceso de extinción de las zonas glaciares.

La Cordillera La Viuda se compone de pequeños grupos de montañas cubiertas de hielo. Todos son glaciares de montaña y cubren un área de 28.5 km². El drenaje es hacia el oeste, al océano Pacífico por los ríos Huaura, Chancay, Chillón y Rímac; y hacia el este, hasta el Atlántico, por medio de los ríos Huallaga y Mantaro. El pico más alto registrado hasta final del siglo pasado era el nevado Rajuntay con 5,437 m s.n.m. (Morales B. , 1998).

También, en el Inventario realizado por la Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos empleando imágenes satelitales Spot 5 y Aster de 10 m y 15 m de resolución respectivamente, se registró un total de 6.03 km² (ANA, 2014). En el inventario del INAIGEM, se tiene un área de 3.84 km².



Fotografía 40. Nevado Alca - Cordillera La Viuda.

4.2.2.6.4. Lagunas de origen glaciar

En las últimas décadas los glaciares de todo el mundo han experimentado un retroceso glaciar sin precedentes, desde la máxima expansión de la Pequeña Edad de Hielo (LIA). Este desarrollo favorece la formación y crecimiento de lagunas glaciares (Guardamino, 2014). Es así como en los Andes tropicales del Perú y en regiones adyacentes aguas abajo, la subsistencia humana está expuesta a fuertes cambios, tanto en los patrones hidroclimáticos como en los socioeconómicos (Drenkhan, 2016).

Según el inventario de lagunas de la UGRH - ANA del 2014, se registraron 816 lagunas distribuidas en las cuencas de Chancay-Huaral, Chillón, Huallaga y Huaura.

La cordillera alberga una gran cantidad de lagunas que fueron originadas por el retroceso glaciar, siendo las más importantes, por sus dimensiones y recursos hídricos de gran importancia para las comunidades que habitan la región, las lagunas de Punrun, Huaroncocha, Yanamachay, Shegue, Acucocha, Chuchón (Fotografía 41) y Marcapomacocha.

Según el informe técnico realizado por el INAIGEM, los recursos hídricos en el ámbito de la Cordillera La Viuda están directamente asociados a los ecosistemas existentes, principalmente a las lagunas y su dependencia del comportamiento del clima. Considerando el tamaño de las cuencas receptoras en particular las que abastecen de forma directa y las derivaciones hacia la laguna de Marcapomacocha, es claro que su principal fuente son las precipitaciones en los meses húmedos.

Ante la necesidad de asegurar agua para la ciudad de Lima Metropolitana, el ámbito de la Cordillera La Viuda es la que posee múltiples proyectos de infraestructura (embalses, represas, canales de derivación y túneles de trasvase); esto como medidas de adaptación para escenarios adversos que puedan comprometer el abastecimiento de agua en el futuro.

4.2.2.6.5. Riesgos de origen glaciar

No se tiene documentado ningún incidente de riesgo asociado a glaciares o lagunas de origen glaciar. Sin embargo, han ocurrido deslizamientos en los taludes adyacentes al canal de derivación de agua de la presa de Marcapomacocha hacia al río Rímac, lo mismo que huaycos que afectaron puentes y vías de acceso, sobre los cuales es conveniente estar atentos.

4.2.2.6.6. Resultados del inventario

La Cordillera La Viuda cubre una superficie glaciar total de 3.84 km² al 2016, que incluye área glaciar cubierta con 0.31 km² y área glaciar libre de detritos o escombros con 3.53 km² Tabla 21 y Gráfico 23.

Tabla 21. Superficie glaciar 2016 - Cordillera La Viuda.

Unidad	Superficie Glaciar		
	Libre de detritos o escombros	Cubierto	Total
Km ²	3.53	0.31	3.84
%	91.84	8.16	100.00

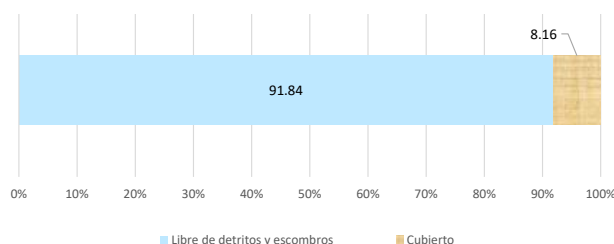


Gráfico 23. Proporción de superficies glaciares 2016 Cordillera La Viuda.

En el análisis de cambio de superficie, se determinó que en 54 años (1962-2016), el área glaciar disminuyó en 24.76 km². Gráfico 24 y Figura 15.



Fotografía 41. Laguna Chuchón, Cuenca Chillón - Cordillera La Viuda.

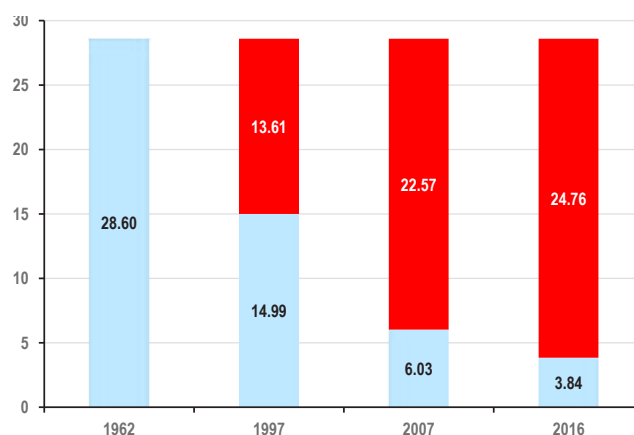


Gráfico 24. Reducción del área glaciar por periodos (1962-2016) - Cordillera La Viuda.

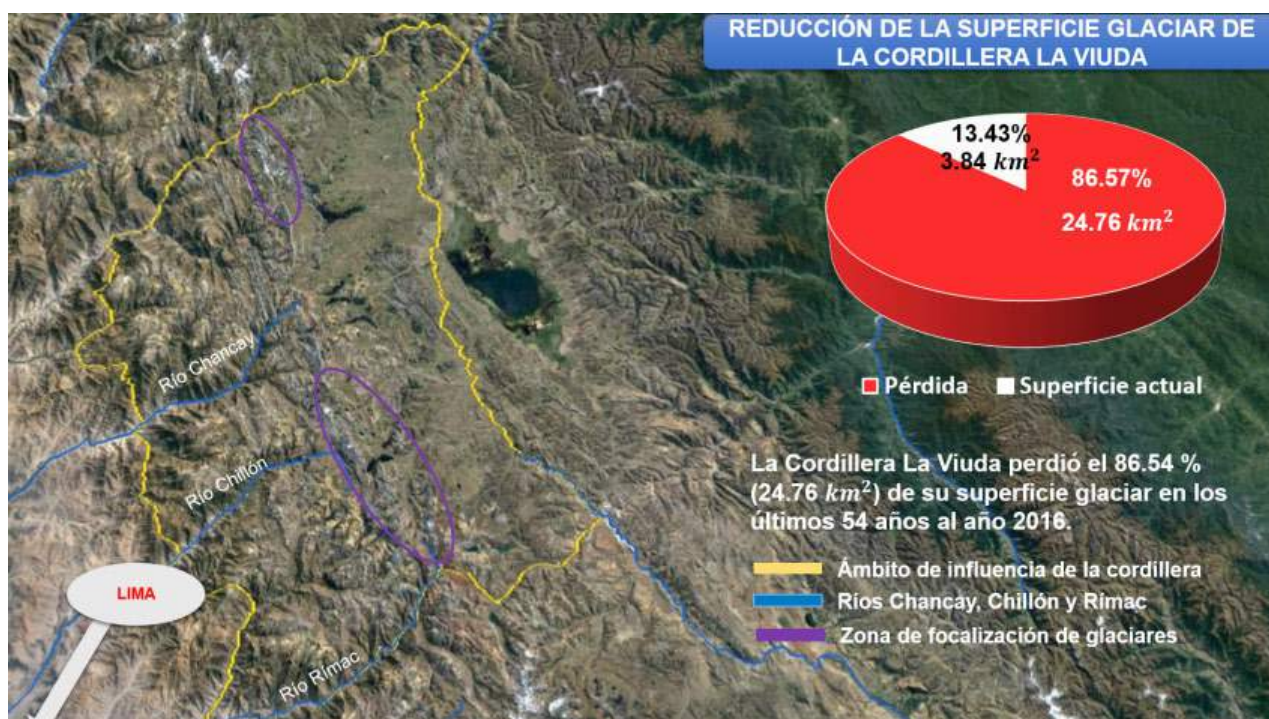


Figura 15. Reducción de la superficie glaciar en la Cordillera La Viuda.

4.2.2.6.7. Tendencia estimada de la reducción de la superficie glaciar

Considerando los resultados de los inventarios de 1989 (publicado por Hidrandina S.A. & y reanalizado por INAIGEM al 2016), de 2001 (CONAM), de 2014 (ANA-UGRH) y del 2017 (INAIGEM), se obtiene una

tasa de retroceso de 0.46 km²/año. De acuerdo con estos datos, se estima que los glaciares de la Cordillera La Viuda desaparecerían en el año 2024; sin embargo, es importante mencionar que este valor es una estimación estadística lineal, sujeta a las variaciones y tendencias climáticas futuras a nivel global. Gráfico 25.

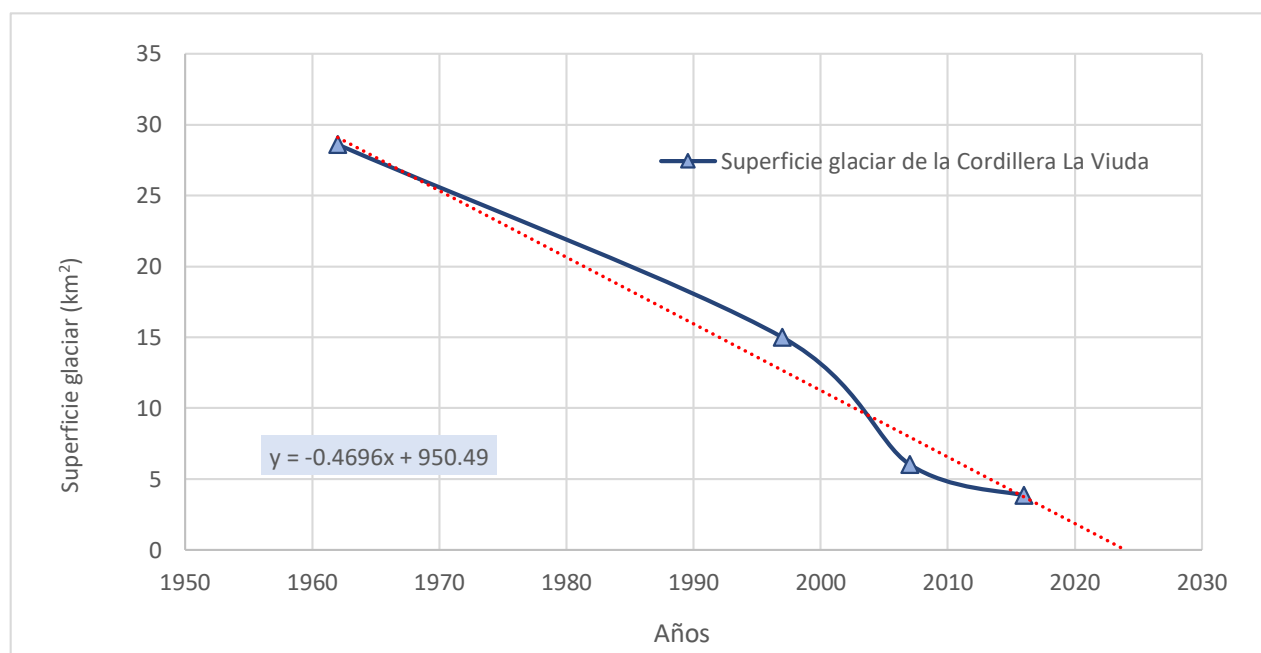


Gráfico 25. Tendencia estimada de la reducción de la superficie glaciar de la Cordillera La Viuda.

Resumen

- La Cordillera La Viuda al 2016 cubre una superficie glaciar total de 3.84 km², incluyendo áreas glaciares cubiertas con 0.31 km² y áreas glaciares libres de detritos y escombros con 3.53 km² que corresponden al 8.16% y 91.84% respectivamente.
- Con los datos del inventario glaciar de la Cordillera La Viuda, se tiene una tasa de reducción de 0.46 km²/año, siendo la tendencia a desaparecer.
- La población existente en el área de influencia de la Cordillera es de 176,982 habitantes distribuidos en diferentes distritos de las provincias de Lima, Huánuco, Junín y Pasco. La densidad poblacional estimada es de 17 habitantes por km². Una tasa de incremento poblacional medio anual de 0.31%.
- Esta cordillera tiene especial importancia hídrica, ya que abastece con agua a la ciudad de Lima, la misma que tiene más de nueve millones de habitantes; además de otras importantes ciudades del norte chico del país como Huaral, Chancay, Canta y Huacho, entre otros.

4.2.3. CORDILLERA CENTRAL

4.2.3.1. Ubicación

La Cordillera Central forma parte de las cordilleras ubicadas en la zona centro del país, se encuentra entre las cordilleras La Viuda y Chonta, al sureste y noroeste respectivamente. El ámbito de influencia de la cordillera tiene un área de 11,574 km² y una longitud de 149 km, geográficamente sus límites están comprendidos entre los paralelos 13°00'50.40" y 11°23'48.74" latitud sur y entre los meridianos 76°41'01.56" y 75°09'06.44" de longitud oeste.

Políticamente el ámbito se extiende sobre los territorios del departamento de Lima, en las provincias de Huarochirí y Yauyos, y en el departamento de Junín, en las provincias de Yauli, Jauja, Concepción y Chupaca. Mapa 24.

4.2.3.2. Acceso

Esta cordillera es muy accesible y la ruta más conocida es desde la ciudad de Lima por la Carretera Central hacia el este, hasta Ticlio, pasando por Chosica, Surco, Matucana y San Mateo. También se puede ir por la ruta anterior, pero hasta el río Blanco, en el que se toma un desvío por carretera afirmada hacia el sureste hasta Chogna y luego Yuracmayo. Otra ruta es partiendo de Lima a través de Cieneguilla, Antioquía, Tupicocha y San Damián, Lahuytambo, Langa y Sangallaya. También, partiendo de Cañete, al sur de Lima, hacia el este, por Lunahuaná hasta Yauyos y Huancaya. Otra ruta es partiendo desde Huancayo, por Chupaca, San José de Quero, Tomás, Alis y Yauyos.

4.2.3.3. Aspectos físicos

4.2.3.3.1. Hidrografía y climatología

La cordillera abarca por el norte y este, parte de la cuenca del Mantaro; por el sur, parte de la cuenca de Cañete; por el oeste, parte de las cuencas Lurín, Mala y Omas; y por el norte, parte de la cuenca del Rímac de los departamentos de Lima y Junín.

Existen dos grupos de nevados, aquellos que fluyen sus aguas hacia el Pacífico cuya hidrografía corresponde a los ríos Rímac, Lurín, Mala y Cañete; mientras que, por la vertiente oriental, se encuentran aquellos que drenan íntegramente sus aguas a la cuenca del río Mantaro.

En la parte norte se ubican las lagunas Pomacocha y Huallacocha que descargan sus aguas por quebradas para confluir en el río Yauli, hacia el Mantaro. Los ríos Blanco, Tunsuyoc y Huayca drenan sus aguas hacia la cuenca del Rímac. Las lagunas Totoral, Paccha, Suiricocha y Chumpicocha, entre las más importantes, drenan sus

aguas hacia la cuenca de Mala. Por otro lado, las lagunas Ticllacocha, Piscococha, Chuspicocha, Paucarcocha y Llongote drenan sus aguas hacia las quebradas que confluyen hacia el río Cañete.

Dentro del ámbito de esta cordillera también encontramos proyectos energéticos que hacen consumo de las aguas en ambas vertientes: los proyectos Mantaro y Platanal, entre los más importantes.

Las precipitaciones se concentran en la zona nororiental de la cordillera, donde se tiene una media anual mayor a los 800 mm. Estas se dan principalmente en la estación de verano y son del tipo orográficas, es decir, son producto de la condensación del vapor de agua contenido en la masa de aire que al ascender se enfría, condensa y precipita. Por ello, es que el valor de la media anual disminuye hacia la vertiente occidental de la cordillera; esta disminución también está relacionada con la disminución de altitud. Mapa 25.

De acuerdo con la clasificación climática de Thornthwaite (SENAMHI, 1988), sobre la Cordillera Central predomina un clima semifrío, lluvioso en verano y deficiente en invierno. Según los datos grillados del proyecto PISCO, la temperatura media anual es entre los 16 °C y 18 °C para zonas ubicadas alrededor de los 2,500 a 3,000 m s.n.m., que es donde se encuentran las principales ciudades ubicadas al oeste. Luego, los valores van disminuyendo mientras se incrementa la altitud, llegando a tener por sobre los 4,500 m s.n.m. una temperatura media anual de alrededor de 6 °C (Lavado, et al., 2016).

4.2.3.3.2. Geología y geomorfología

En la zona sur de la Cordillera Central sobresalen afloramientos de rocas volcánicas cenozoicas compuestas principalmente por derrames andesíticos a riolácicos, piroclásticos y areniscas volcanodetríticas, tobas riolíticas soldadas, riolácicas, tobas de cristales de coloraciones blanquecinas, travertinos e intercalación de flujos andesíticos, tobas, brechas y domos andesíticos porfiríticos (INGEMMET, 1993).

Hacia la parte oriental de la cordillera, afloran estratos sedimentarios cretácicos compuestos mayormente por areniscas rojizas, conglomerados, calizas, dolomías, lutitas, cherts, limolitas, areniscas feldespáticas, margas, arcilitas, niveles de carbón y algunos afloramientos de origen volcánico compuestos por lavas andesíticas, piroclásticos y domos andesíticos porfiríticos. Intruyendo a estos afloramientos, se observan rocas plutónicas y siendo cubiertas parcialmente por depósitos cuaternarios tipo glaciares.

Hacia el sector occidental de la cordillera, sobresalen afloramientos de rocas volcánicas compuestas por andesitas, flujos de brechas y andesitas tufáceas o tufos

andesíticos; ocasionalmente intercalados con areniscas tufáceas, derrames riódacíticos, estructuras brechoides y andesitas verde violáceas que se intercalan con horizontes conglomerádicos, derrames andesíticos porfíroides y afaníticos de color gris, intercalados con flujos de brecha y pórfidos masivos.

Finalmente, presenta fallas regionales estructurales acompañadas de plegamientos con los ejes de los anticlinales y sinclinales coincidentes con el rumbo andino.

La Cordillera Central se ubica en la Cordillera Occidental (parte central) y se caracteriza por tener una variada distribución morfológica, sobresaliendo montañas altas y cimas con cotas que superan los 5,000 m s.n.m. Se observan amplios fondos de valle en todo el ámbito de la cordillera glaciaria, los cuales han sido originados por procesos de erosión cuaternaria. Los procesos geodinámicos más importantes están relacionados con la erosión de las aguas superficiales, así como la influencia glaciaria con diferentes niveles de erosión, generando movimientos de masas e inundaciones en las zonas bajas.

4.2.3.4. Ecosistemas de montaña

En la Cordillera Central se presentan seis ecosistemas que cumplen funciones ecosistémicas importantes dentro de sus áreas de influencia como, por ejemplo: la regulación hídrica, el mantenimiento de la biodiversidad, el secuestro de carbono, la belleza paisajística y la formación de suelos, entre otros. Estos ecosistemas son bofedales,

bosque relicto altoandino, bosque relicto mesoandino, cardonal, matorral arbustivo y pajonal andino (MINAM, 2017). El pajonal andino ocupa el 61.7% del territorio, seguido del matorral arbustivo con 14%, el cardonal con 4% y el bofedal con el 1.2%. Los otros ecosistemas ocupan superficies más pequeñas. Fotografía 42.

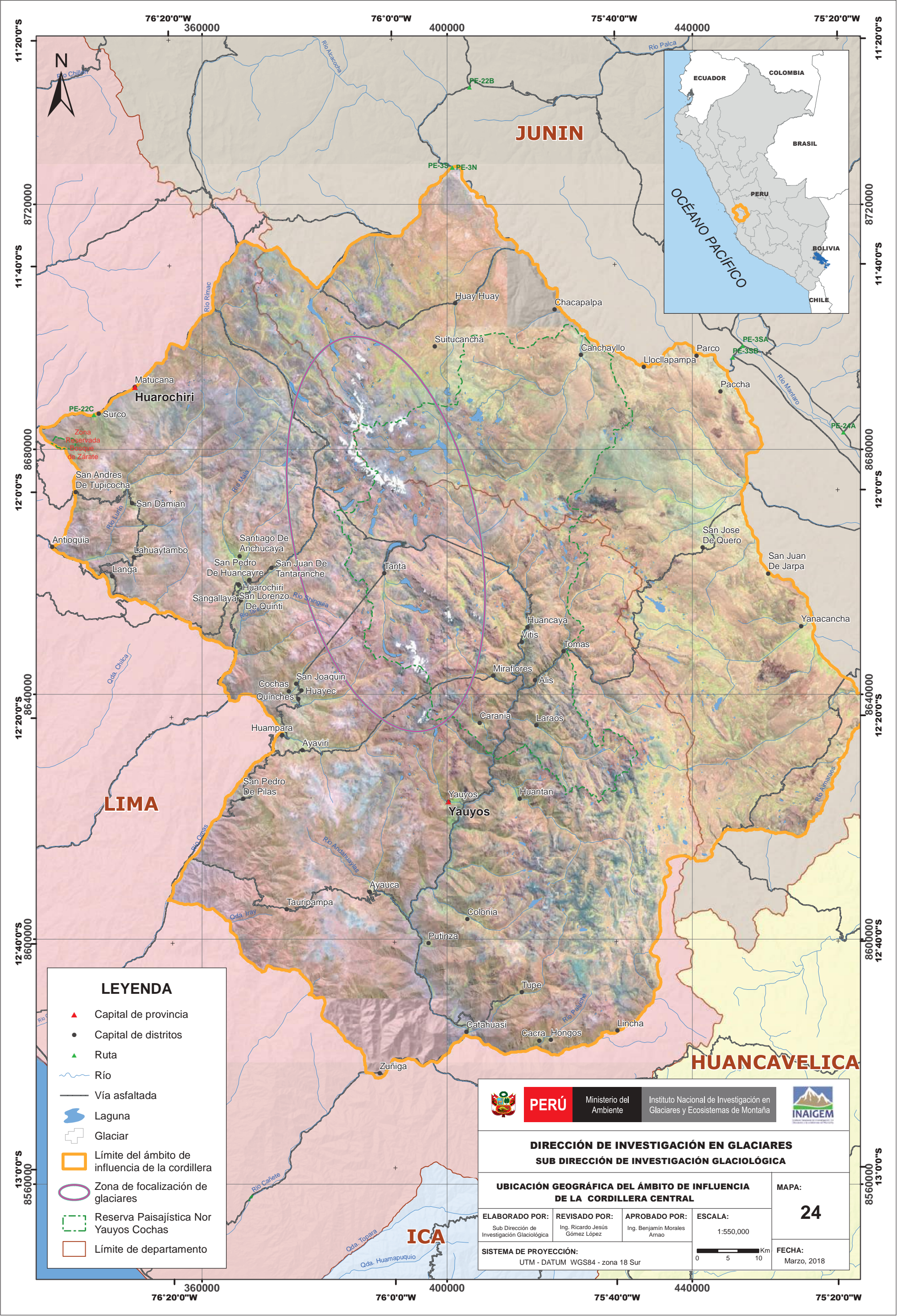
En esta cordillera se encuentra la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas (RPNYC), ubicada en la cuenca alta y media del río Cañete y en la cuenca del Cochas Pachacayo en la serranía de los departamentos de Lima y Junín. Tiene una extensión de 221,268 ha (SERNANP, 2018).

Dentro de las aves destaca la presencia de diversas especies de zambullidores (*Podiceps* spp.), huaco (*Nycticorax nycticorax*), yanavico (*Plegadis ridgwayi*), la huallata (*Chloephaga melanoptera*) y diversas especies de patos (*Anas* spp.), entre otras. En cuanto a los mamíferos, destaca la presencia del zorro andino (*Lycalopex culpaeus*), venado (*Odocoileus virginianus*), gato andino (*Leopardus jacobitus*), vizcacha (*Lagidium peruanum*), puma (*Puma concolor*), gato cimarrón (*Leopardus pajeros*), taruca (*Hippocamelus antisensis*), vicuña (*Vicugna vicugna*), llama (*Lama glama*), la alpaca (*Lama pacos*) y especies de roedores.

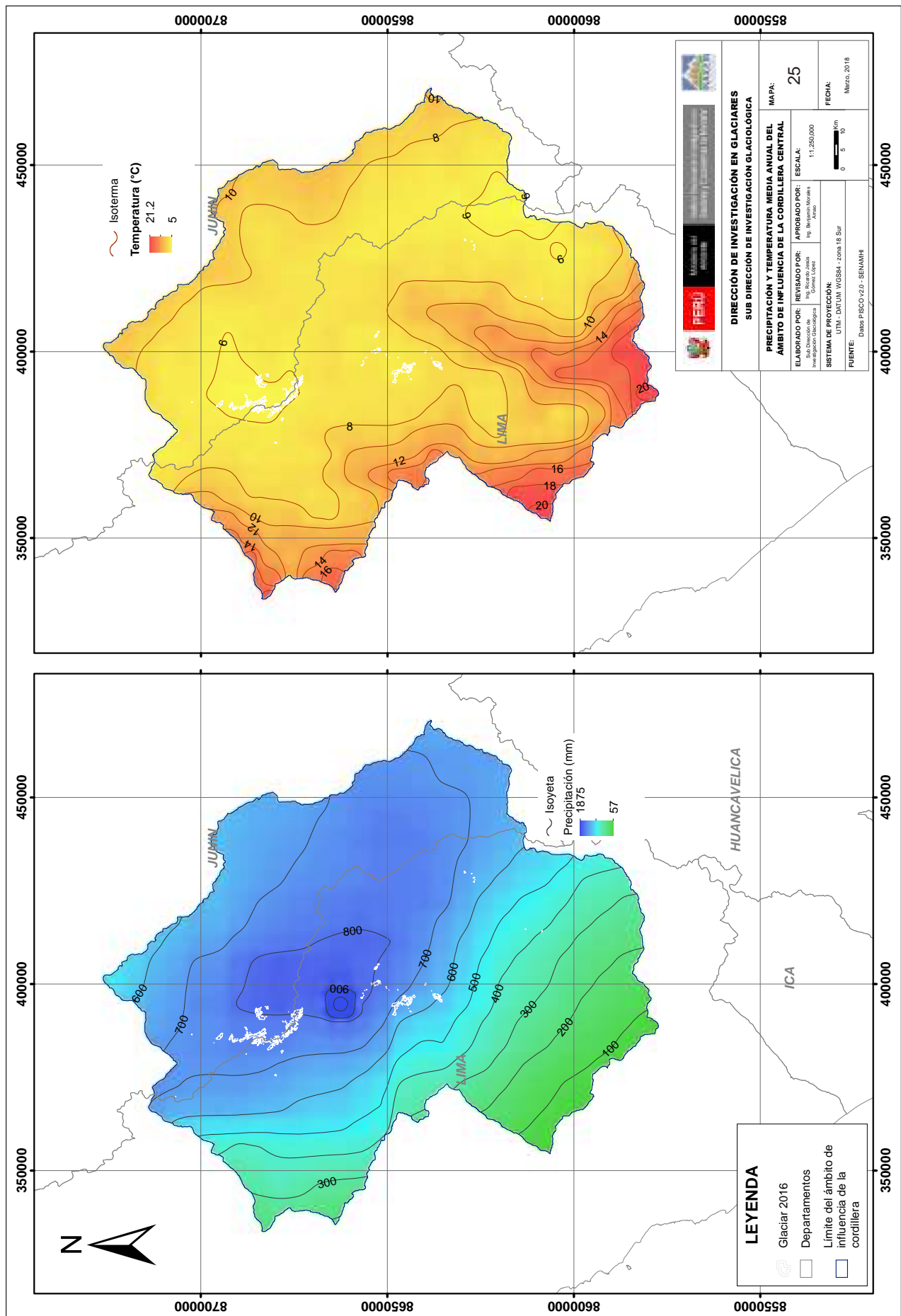
La flora está constituida por más de 150 especies de plantas, donde destacan los pajonales y buenas porciones de queñuales (*Polylepis incana*). Se encuentran también rodales de puyas Raimondi (*Puya raimondii*) ubicados en el distrito de Canchayllo, provincia de Jauja. Mapa 26.



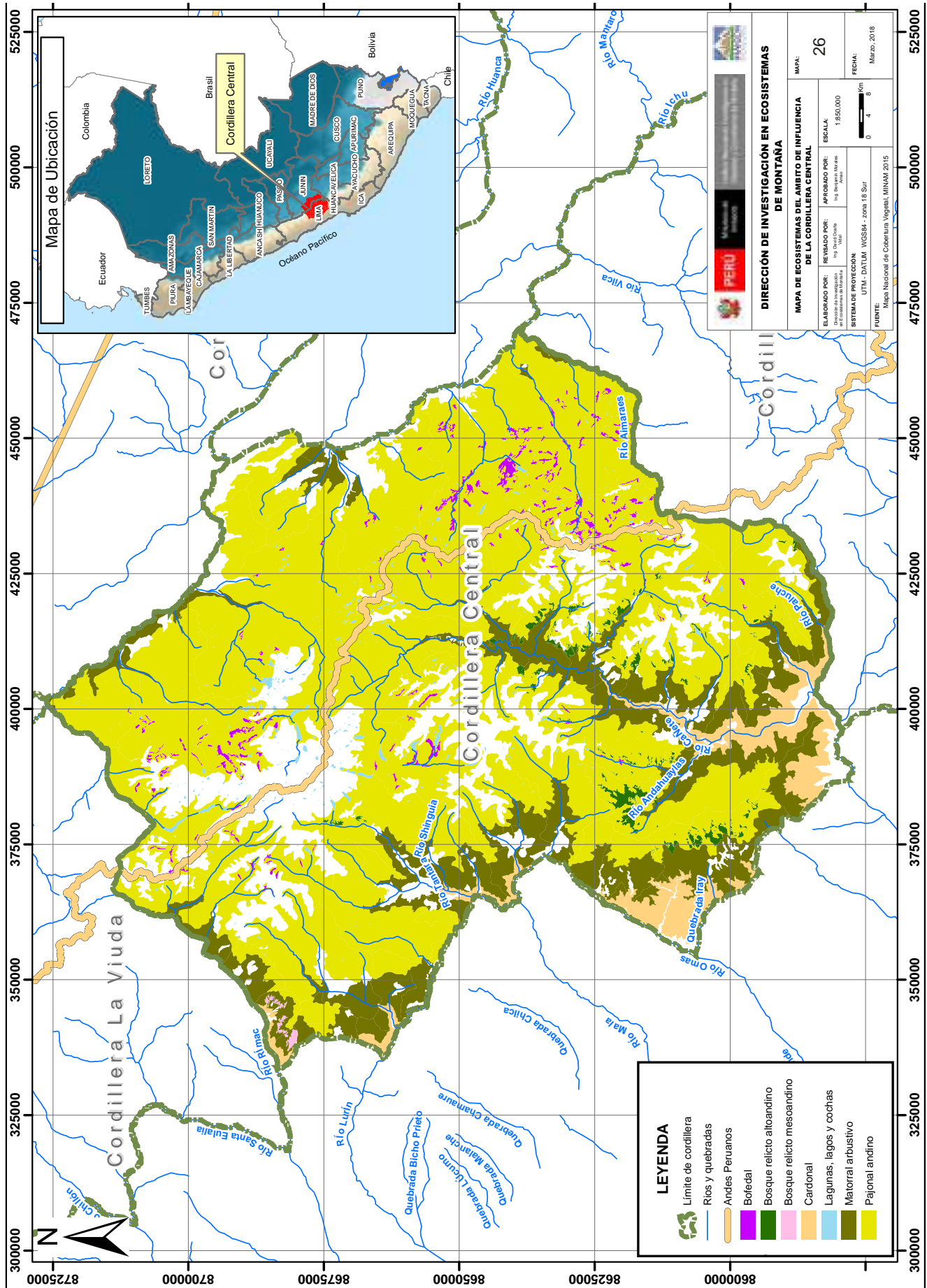
Fotografía 42. Cobertura de pajonal andino - Cordillera Central.



Mapa 24. Ubicación geográfica del ámbito de influencia de la Cordillera Central



Mapa 25. Precipitación y temperatura del ámbito de influencia de la Cordillera Central.



Mapa 26. Ecosistemas en el ámbito de influencia de la Cordillera Central.

4.2.3.5. Aspectos socio económicos culturales

4.2.3.5.1. Población

En la zona de influencia de la Cordillera Central, en 16 años de registro, de 195,071 en el año 2000 a 190,005 en el 2015, la población ha disminuido en 5,066 habitantes, evidenciando el despoblamiento de las zonas rurales de la cordillera y una fuerte migración hacia ciudades tanto de la sierra como de la costa, es decir Huancayo, Ica y Lima principalmente (INEI, 2018). Tabla 22.

La densidad poblacional estimada para la cordillera es de 16 habitantes por km². La tasa promedio de crecimiento poblacional es de: -0.18%

4.2.3.5.2. Energía y minería

Las aguas del río Huampará abastecen a la planta de energía hidroeléctrica Quinchis (administrada por ADINELSA); suministrando energía eléctrica a los distritos de Ayaviri y Quinchis. El suministro de energía eléctrica para los distritos de Canchayllo, Carania, Colonia, Huantan, Laraos, Miraflores, Suitucancha, Yauyos y Vitis proviene de la central hidroeléctrica de La Oroya, junto con las de las centrales hidroeléctricas de Malpaso y Pachachaca. El abastecimiento de energía eléctrica de los distritos de Huarochirí, San Damián, San Lorenzo de Quinti y San Joaquín proviene de la central hidroeléctrica de Matucana, regulada por la represa Yuracmayo.

La energía eléctrica para el distrito de Yauli se obtiene de la central hidroeléctrica Pachachaca, junto con las centrales hidroeléctricas de La Oroya y Malpaso, fue inicialmente construida para abastecer la demanda propia de la actividad minera de Cerro de Pasco Copper Corporation, conformando el Departamento de Electricidad y Telecomunicaciones (DET) de esta compañía minera (OSINERGMIN, 2018).

En el distrito de Huantán hay muchas minas, entre las que destaca la mina de oro Corihuarmi, que cubre un área de 10,168 ha. La compañía minera San Valentín inició sus operaciones entre 1993 y 1994, y está ubicada en el distrito de Laraos, departamento de Lima. También se encuentra,

la unidad minera Satanás, que inició sus operaciones en la unidad Solitaria y produce básicamente zinc, plomo y plata. San Valentín, cuenta con la planta concentradora San Pedro, cuya capacidad de procesamiento de mineral es de 850 ton/día.

En el distrito de San Mateo, la actividad principal es la minería, en donde se tiene a la mina Coricancha (propiedad de la belga Nyrstar NV), con más de 60 años de historia operativa y actualmente comprende una instalación de procesamiento de mineral de 600 toneladas por día (MEM, 2018). Se tiene, asimismo, al gran yacimiento polimetálico de Casapalca que está en explotación desde hace varias décadas.

El domo de Yauli consiste en una “ventana estructural” situada en los Andes centrales donde existen importantes operaciones polimetálicas como las de Volcán. Los distritos mineros de Morococha y San Cristóbal, ubicados en Yauli y considerados de clase mundial, presentan mineralogías relacionadas a sistemas epitermales polimetálicos, cuerpos de reemplazamiento y sistemas de vetas polimetálicas, así como mineralización relacionada a pórfidos y skarns, lo cual indica el gran potencial del área.

4.2.3.5.3. Agricultura y ganadería

Existe una gran diversidad de cultivos, entre los más importantes tenemos la chirimoya, higuera, palta, naranja, etc.; entre los cultivos transitorios están el maíz, papa, haba, oca, olluco, trigo, cebada, quinua, mashua, arveja, plantas medicinales y aromáticas, siendo en su mayoría productos de autoconsumo. Además, están los de destino pecuario como alfalfa, avena forrajera y otros pastos cultivados.

La ganadería en esta zona está muy desarrollada en base a ganado vacuno, lanar y los auquénidos (principalmente alpacas). En varios lugares como Matucana, se fabrica queso tipo andino de muy buena reputación. La crianza de animales menores como el cuy, las gallinas, patos y conejos está generalizado a nivel familiar y en granjas multifamiliares.

Respecto al uso de la tierra, según los datos del Censo Nacional Agropecuario del año 2012, aproximadamente

Tabla 22. Población de las Provincias de la Cordillera Central.

Años	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
CAÑETE(0.03*)	5,550	5,652	5,753	5,852	5,950	6,045	6,136	6,224	6,310	6,398	6,490	6,587	6,686	6,788	6,891	6,995
CHUPACA(0.64*)	34,214	34,333	34,433	34,511	34,567	34,599	34,605	34,584	34,544	34,490	34,428	34,360	34,281	34,191	34,088	33,971
CONCEPCION(0.14*)	9,399	9,329	9,254	9,174	9,089	8,998	8,901	8,798	8,691	8,582	8,473	8,363	8,252	8,139	8,025	7,909
HUANCAYO(0.1*)	45,684	46,161	46,615	47,044	47,447	47,821	48,159	48,464	48,744	49,005	49,257	49,500	49,730	49,943	50,138	50,314
HUAROCHIRI(0.38*)	26,391	26,755	27,107	27,448	27,776	28,091	28,384	28,658	28,922	29,190	29,475	29,776	30,087	30,404	30,725	31,044
JAUJA(0.31*)	32,796	32,426	32,040	31,639	31,220	30,786	30,332	29,862	29,381	28,895	28,410	27,927	27,442	26,957	26,468	25,977
YAULI(0.3*)	18,469	18,085	17,697	17,306	16,912	16,516	16,115	15,713	15,310	14,912	14,520	14,136	13,757	13,384	13,015	12,651
YAUYES(0.77*)	22,568	22,532	22,482	22,420	22,345	22,256	22,149	22,025	21,893	21,765	21,645	21,539	21,438	21,340	21,243	21,143
TOTAL	195,071	195,273	195,382	195,395	195,306	195,111	194,782	194,327	193,796	193,238	192,699	192,189	191,674	191,146	190,593	190,005

Fuente: INEI. (*) Factor de incidencia territorial.

el 55.5% de la superficie de la cordillera se encuentra en uso directo, en los porcentajes siguientes:

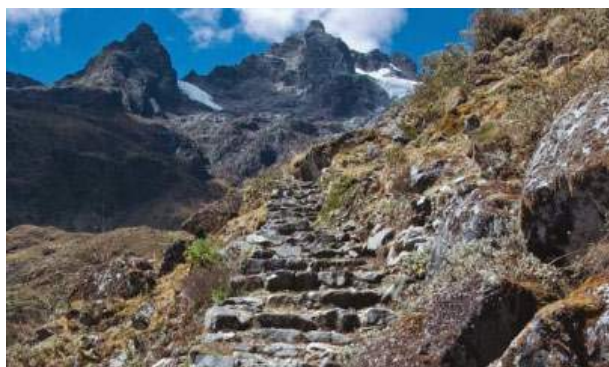
- Superficie con cultivos : 9.74%
- Superficie agrícola sin cultivo y va a ser sembrada : 1.56%
- Superficie agrícola sin cultivo y no va a ser sembrada : 0.68%
- Superficie agrícola en descanso : 1.41%
- Pastos naturales manejados : 3.41%
- Pastos naturales no manejados : 73.94%
- Montes y bosques : 1.64%
- Superficie dedicada a otros usos : 7.59%

Notamos que los pastos naturales no manejados muestran el mayor porcentaje, con aproximadamente 74%, representando 626,674 ha; en tanto, el área destinada a los cultivos solo representa el 10% con 82,517 ha (CENAGRO, 2012).

Asimismo, llama la atención el área existente de montes y bosques con el 1.64%, que representa a 13,910 ha.

4.2.3.5.4. Turismo y cultura

El nevado más importante de la Cordillera Central es el Pariacaca, que tiene dos picos (Norte de 5,730 m s.n.m. y Sur de 5,750 m s.n.m.). Según la cosmovisión andina, se consideraba a Pariacaca como una de las deidades más importantes del Tahuantinsuyo. Por eso, era motivo de peregrinación y definía un vasto espacio sacralizado, unido por el Qhapaq Ñan que recorría las cuencas de los ríos Lurín, Mala, Cañete y Mantaro. En dicho espacio se realizaron las hazañas de dioses, héroes y pueblos de la costa y sierra de Lima prehispánica que son narrados en el "Manuscrito de Huarochirí".



*Fotografía 43. Sector Escalerayoc del Camino Transversal Jauja-Pachacámac con el nevado Pariacaca al fondo.
Fuente: Ministerio de Cultura.*

El centro arqueológico Escalerayoc es una escalera de construcción incaica de cerca de 2,000 peldaños y 337 metros de altura total (Fotografía 43 y Fotografía 44). La valiosa información proporcionada en las *Cartas Annuas* de principios del siglo XVII ha permitido



*Fotografía 44. Escalerayoc en el tramo Jauja-Pachacámac del Qhapaq Ñan.
Fuente: Proyecto Qhapaq Ñan.*

identificar los lugares donde se desarrollaba el culto al Apu Pariacaca en su adoratorio. Se menciona una cueva grande (Cuchimachay, que contiene numerosas pinturas rupestres arcaicas), un lugar de sacrificios y un lugar señalado con tres piedras. También, menciona un lugar al final de una escalera empedrada, donde se realizaban los sacrificios y ofrendas (MINCETUR, 2018).

Cruza por este imponente nevado el camino ceremonial inca que empieza en el Santuario de Pachacámac en Lima con dirección al adoratorio del apu Pariacaca y que era utilizado por los habitantes de la sierra (Jauja-Junín) para bajar al santuario de Pachacámac. Este camino terminaba en el Cusco, completando así la trinidad de los adoratorios más importantes del imperio. Fue una vía importante del Qhapaq Ñan (red vial Inca), el que también fue utilizado en la época colonial como una de las principales vías de comunicación entre la costa y la sierra del gran territorio incaico del Tahuantinsuyo.

4.2.3.6. Inventario de la superficie glaciar

4.2.3.6.1. Antecedentes

En 1939, el equipo de austro-alemanes liderado por el profesor Hans kinzl habían completado arriesgadas escaladas a algunos nevados, sin embargo, tres montañistas decidieron escalar el nevado Tunshu pero desafortunadamente un avalancha los arrastró hacia abajo ocasionando su muerte (Morales C. , 2001).

En 1963, una expedición catalana dirigida por Venancio López de Ceballos, subió al Cotoni o Pishcahuacra 5,819 m s.n.m. y al Llongote 5,761 m s.n.m.

En 1967, una expedición alemana dirigida por E. Rubel, escalaron los nevados Shallanca a 5,400 m s.n.m., Pacca a 5,450 m s.n.m., Tranca a 5,370 m s.n.m., Manon a 5,200 m s.n.m., las dos cimas del Tullujuto a 5,500 m s.n.m. y Tembladera 5,560 m s.n.m, distinguiéndose los montañistas G. Bram, J. Edrich, H. Huber, P. Mirwald, H. Hillebrandt y Ch. Jahl (Morales C. , 2001).

En 1970, el Dr. H. Adams Carter, editor del *American Alpine Journal*, subió al Tullujuto Central 5,730 m s.n.m.,

junto con B. Patterson y R. Copock; y al Tullujuto Oeste 5,700 m s.n.m. con W. Draper y el andinista peruano G. Henostroza (Morales C., 2001).

Entre 1970 y 1989, se realiza el primer inventario de las dieciocho cordilleras glaciares del Perú, usando fotografías aéreas del proyecto N° AF-60-17 de 1962–1963 y 62336-002 (44) de 1955, donde se determinó un área de la cobertura glaciar de 116.65 Km² y 236 glaciares para la Cordillera Central (Hidrandina S.A., 1989). Los datos fueron nuevamente analizados por el INAIGEM a través de la reconstrucción de superficies glaciares con imágenes satelitales LANDSAT de 1975 y 1978, se encontraron 117.20 km² de cobertura glaciar para la Cordillera Central.

En 1997 se llevó a cabo un nuevo inventario parcial en cuencas seleccionadas en las cordilleras Blanca, Raura, Central, Huaytapallana y Huagoruncho. En base al inventario parcial, se realizó una proyección a nivel nacional con respecto a las demás cordilleras. El material básico de trabajo fueron las imágenes del satélite LANDSAT tomadas en el período 1995-1997, obteniéndose un área de cobertura glaciar de 79.32 km² para la Cordillera Central (CONAM, 2001)

Entre los años 2003 al 2014, se efectuó el tercer inventario de glaciares y lagunas realizado por la Unidad

de Glaciología y Recursos Hídricos (UGRH), en base al procesamiento de imágenes satelitales SPOT, ASTER, LANDSAT, LISS III, de diecinueve cordilleras del Perú (se incluyó a la Cordillera Volcánica que en la actualidad es considerada extinta, aunque con acumulación estacional de nieve). Se obtuvo un área de cobertura glaciar de 51.91 km² y 174 glaciares para la Cordillera Central (ANA, 2014).

En el año 2016, el INAIGEM efectuó el cuarto inventario de las coberturas glaciares de las dieciocho cordilleras glaciares del Perú, registrando un área de cobertura glaciar de 42.44 km² para la Cordillera Central.

4.2.3.6.2. Descripción de los glaciares

Los glaciares en esta cordillera se distribuyen a lo largo de 108 km ubicados en la cadena montañosa de los andes occidentales, destacando los glaciares Sullcon, Ticlla Corihuasi, Chuecon, Llongote, Antachaire, Tunshu, Uman, Vicuña, Pancacoto, Collquepucro, Huayllacanecha, entre otros (Fotografía 45, Fotografía 46, Fotografía 47 y Fotografía 48). La mayor extensión glaciar se encuentra en la cuenca hidrográfica Mantaro y la menor en la cuenca hidrográfica Rímac. La cordillera alberga diversos tipos de glaciares siendo el de mayor predominancia el de tipo montaña y en un mínimo porcentaje los de tipo valle.



Fotografía 45. Glaciar Sullcon - Cordillera Central.



Fotografía 46. Glaciar Ticlla - Cordillera Central.



Fotografía 47. Glaciar Pancacoto - Cordillera Central.



Fotografía 48. Nevado Huayllacanecha - Cordillera Central.

Los glaciares de la cordillera presentan en su mayoría superficies libres de detritos o escombros, los cuales representan el 94.92% de la superficie total. Las lenguas o superficies glaciares cubiertas parcial o totalmente por materiales detríticos o escombros representan sólo el 5.08%. Los glaciares de esta cordillera son indicadores muy sensibles del clima global y son reservas de agua dulce para las regiones de Lima y Junín.

El notable caudal que baja de la cordillera a través del sistema Yauyos, hace que el río Cañete, desde Pacarán hasta Lunahuaná, se haya convertido en poco tiempo en un lugar privilegiado para la práctica de canotaje, que favorece el crecimiento turístico de la zona.

4.2.3.6.3. Monitoreo de glaciares

En 1962, se reporta que el área glaciaria del nevado Sullcón era de 5.96 km² y en 1997 de 4.5 km², disminuyendo en 35 años en un 24.50% de su cobertura glaciaria (Vargas, 2009). En el 2001, INRENA, conjuntamente con el IRD, instalaron instrumentos en el glaciar Sullcón para realizar balance de masas y balance hidrológico hasta el año 2009. En la visita al glaciar en el 2010, se encontró la lengua glaciaria totalmente cubierta de escombros, producto de una avalancha de roca que sufrió por un desprendimiento en el lado derecho del nevado Sullcón.

Desde el 2014 hasta la actualidad, la UGRH viene monitoreando el glaciar Chuecón. En 2016, el equipo de profesionales del INAIGEM realizó una inspección técnica y a la vez dio inicio al monitoreo glaciológico del glaciar Sullcón. Fotografía 49.

La pérdida de superficie glaciaria entre 1962 al 2016 fue aproximadamente el 46%, lo cual está ocasionando una reducción de las reservas de agua que discurren hacia la cuenca del río Rímac. El drenaje principal del deshielo de este glaciar se vierte hacia la cuenca del río Mantaro, con un caudal medio de 62.4 l/s, mientras que hacia la cuenca del río Rímac, drena solo el 9.8 l/s, impactando en la capacidad de recarga de la represa Yuracmayo.

En el año 2016, el personal técnico del INAIGEM realizó una inspección técnica al glaciar Ticlla. Al constatar que cumplía con las condiciones de monitoreo, se procedió a implementar el sistema de monitoreo glaciológico, al igual que en el glaciar Sullcón. Las aguas de fusión glaciaria alimentan a la laguna Ticllacocha, siendo esta laguna uno de los afluentes de la cuenca Cañete. Fotografía 50, Fotografía 51 y Fotografía 52.

En el 2017, el personal técnico del INAIGEM realizó una inspección técnica al glaciar Paccha, implementando también el sistema de monitoreo glaciológico al igual que en el glaciar Sullcón y Ticlla. Las aguas provenientes de



Fotografía 49. Lengua glaciar Súlcon - Cordillera Central.



Fotografía 50. Perforación del pozo de densidad en el glaciar Ticlla - Cordillera Central.



Fotografía 51. Perforación del glaciar Ticlla.



Fotografía 52. Muestra de densidad del glaciar Ticlla.

la fusión glaciaria discurren hacia la represa Yuracmayo, siendo esta uno de los tributarios a la cuenca del río Rímac.

En la Cordillera Central se tiene el registro de carbono negro gracias a una expedición del grupo American Climber Science Program de los EE.UU. en septiembre de 2016. Con el objetivo de recolectar muestras de nieve en los nevados Sullcón y Paccha para el análisis de carbono negro, se consideró un muestreo en diferentes altitudes en ambos glaciares. Los glaciares de la Cordillera Central son particularmente sensibles a una alta deposición de carbono negro al estar cerca a las ciudades de Lima y la Oroya, principales fuentes de contaminación a nivel nacional de todo tipo de material particulado. Gráfico 26 y Fotografía 53.

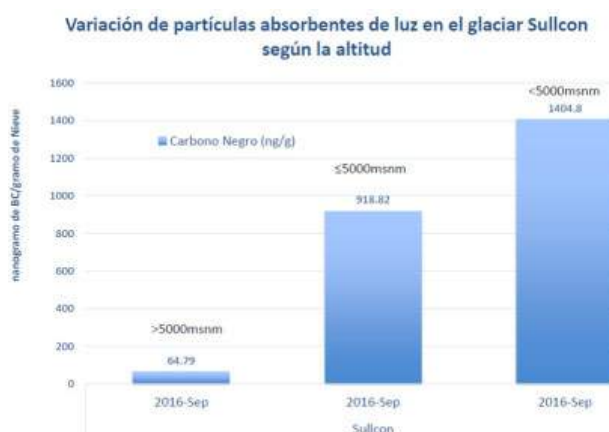


Gráfico 26. Variación de carbono negro en el glaciar Sullcón.



Fotografía 53. Recolección de nieve en el glaciar Sullcón.

Al ser los glaciares de la Cordillera Central las principales fuentes de agua para la zona costa (Lima), se hace meritorio realizar un monitoreo de carbono negro, por lo menos cuatro veces al año. Esto ayudaría a estimar la pérdida en masa de nieve que se funde por culpa del carbono negro en estos glaciares, lo cual ayudaría a los tomadores de decisiones para mitigar y reducir las fuentes de contaminantes del aire.

4.2.3.6.4. Lagunas de origen glaciario

La Cordillera Central es una de las cordilleras con mayor número de lagunas, contando con 1,006 lagunas inventariadas como parte de la segunda actualización de inventario de glaciares y lagunas realizado por la Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos (UGRH). Estas cubrían un área superficial de 85.04 km² (ANA, 2014), siendo las de mayor área superficial las lagunas: Yauricocha, Vichicocha, Chicchicocha, Carhuacocha, Pomacocha, Piscococha, Huallacocha, Ticiacocha (Figura 99), Paucarcocha, Quiullacocha, Chuspicocha, Suyoc, Huancarcocha, Mullucocha, Chumpicocha, Piticocha, Huascacocha, Caullau, Azulcocha, Totoral, Llongote, Huacracocha, Pariachaca, Yuracocha y Tembladera, entre otras. Fotografía 54.

En la parte norte se ubican las lagunas Pomacocha y Huallacocha que descargan sus aguas por las quebradas hasta confluir en el río Yauli y hacia el Mantaro. Los ríos Blanco, Tunsuyoc y Huayca drenan sus aguas hacia la cuenca del Rímac. Las lagunas Totoral, Paccha, Jaico, Suiricocha y Chumpicocha, entre las más importantes, drenan sus aguas hacia la cuenca de Mala. Por otro lado, se tienen las lagunas Ticiacocha, Piscococha, Chuspicocha, Paucarcocha y Llongote, que drenan sus aguas hacia las quebradas que confluyen hacia el río Cañete.

4.2.3.6.5. Riesgos de origen glaciario

Los niveles de riesgo de origen glaciario, en relación a la ocurrencia de avalanchas o desborde de lagunas, son mínimos debido a las características físicas. Las condiciones de riesgo se orientan a la disminución del potencial hídrico en la zona y pérdida de capacidad de almacenamiento de la represa Yuracmayo, cuya tendencia se incrementará notablemente con la desaparición de los glaciares en la parte alta.

La laguna Huancarcocha, se encuentra ubicada en la cabecera de la cuenca Cañete del departamento de Lima, provincia de Yauyos, distrito de Colonia. Es un cuerpo de agua de origen mixto, una parte de origen glaciario y la otra parte formada por el represamiento del agua que fue almacenado desde décadas atrás. La indicada laguna tiene un volumen de un millón de metros cúbicos de agua, que significa un alto peligro ante un eventual colapso del muro del represamiento que cuenta con más de 80 años de construcción. En la mencionada obra, se realizaron los últimos trabajos de reforzamiento después del sismo ocurrido en Pisco, Ica (2007), mediante la construcción de muros en concreto ciclópeo, en la cara interior del dique.

El 7 de mayo del 2007, se difundió a través del diario La República, el desborde de la laguna Huancarcocha, cuya alarma fue emitida por el alcalde del distrito de Colonia (Yauyos) Elías Armando Quispe Apolinario. El 11 de



Fotografía 54. Laguna Ticllacocha - Cordillera Central.

mayo de 2017, el personal técnico de INAIGEM realizó una inspección de la zona constatando que fue una falsa alarma. En la actualidad tiene un muro de represamiento y no una presa propiamente dicha como estructura para contener el volumen de agua. A lo largo del muro presenta filtraciones, mostrando el principal factor para generar inestabilidad en la estructura. Fotografía 55.

El depósito de relaves mineros de Tamboraque, en la zona de San Mateo, departamento de Lima, es un alto riesgo para la seguridad física y del abastecimiento de agua para las poblaciones situadas en las partes bajas incluyendo la ciudad de Lima. Es un asunto pendiente de solución.



Fotografía 55. Laguna Huancarcocha - Cordillera Central.

4.2.3.6.6. Resultados del inventario

La Cordillera Central cubre una superficie glaciaria total de 42.44 Km² al 2016, que incluye área glaciaria cubierta de escombros con 2.15 km², y área glaciaria libre de detritos o escombros con 40.29 km² Tabla 23 y Gráfico 27.

Tabla 23. Superficie glaciaria 2016 – Cordillera Central.

Unidad	Superficie Glaciaria		
	Libre de detritos o escombros	Cubierto	Total
Km ²	40.29	2.15	42.44
%	94.92	5.08	100.00

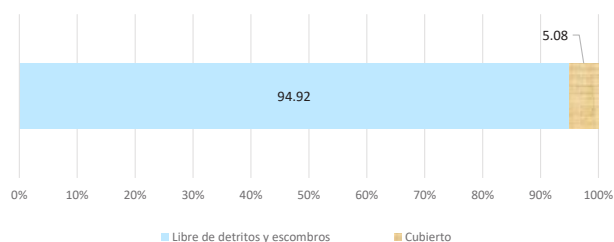


Gráfico 27. Proporción de superficies glaciares al 2016 - Cordillera Central.

En el análisis de cambio de superficie, se determinó que en 54 años (1962-2016), el área glaciaria disminuyó en 74.76 km². Gráfico 28 y Figura 16.

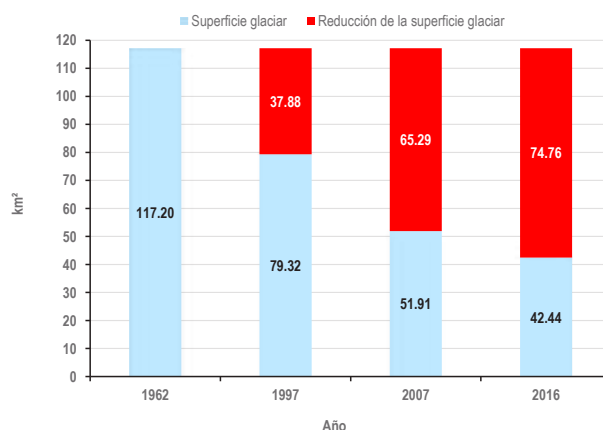


Gráfico 28. Reducción del área glaciaria por periodos (1962-2016) - Cordillera Central.

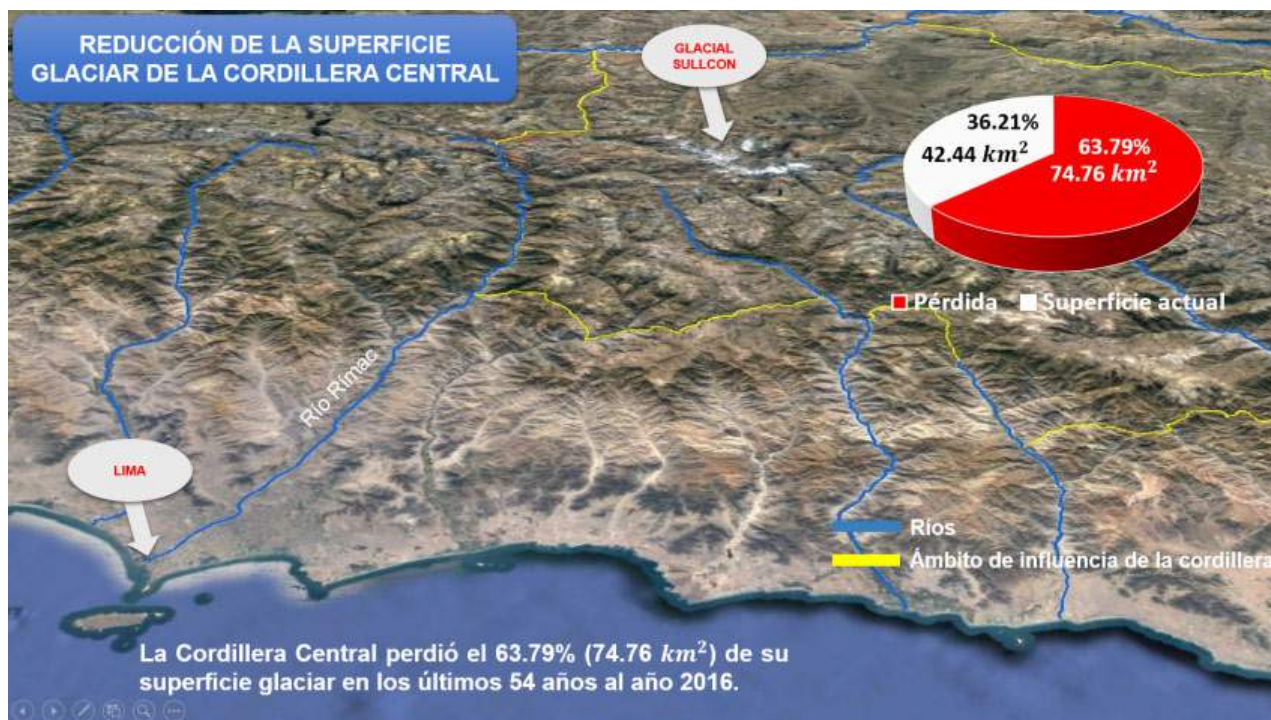


Figura 16. Reducción de la superficie glaciaria de la Cordillera Central.

4.2.3.6.7. Tendencia estimada de la reducción de la superficie glaciaria

Considerando los resultados de los inventarios de 1989 (publicado por Hidrandina S.A. & y reanalizado por INAIGEM al 2016), de 2001 (CONAM), de 2014 (ANA-UGRH) y del 2017 (INAIGEM), se obtiene una tasa de retroceso de 1.39 km²/año.

De acuerdo con estos datos, se estima que los glaciares de la Cordillera Central desaparecerían en el año 2048; sin embargo, es importante mencionar que este valor es una estimación estadística lineal, sujeta a las variaciones y tendencias climáticas futuras a nivel global. Gráfico 29.

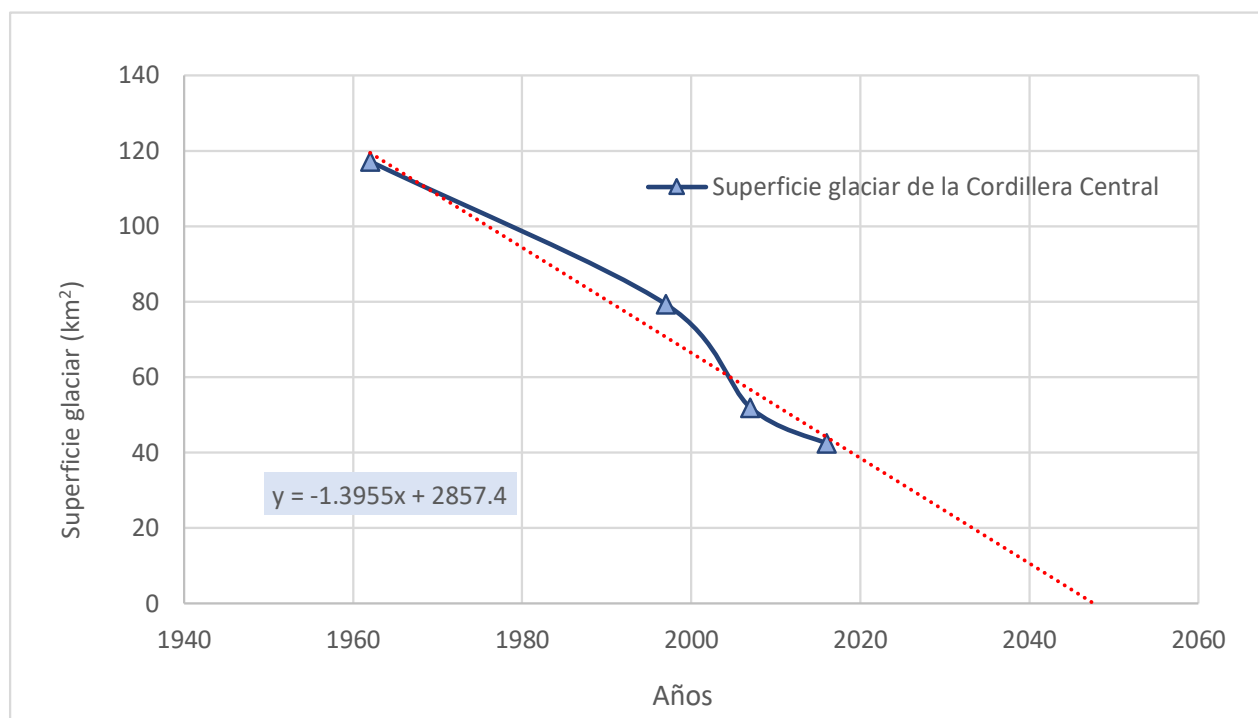


Gráfico 29. Tendencia estimada de la reducción de la superficie glaciar de la Cordillera Central.

Resumen

- En Cordillera Central, el análisis de cambio de superficie muestra que el área glaciar ha disminuido de 117.20 km² a 42.44 km² con una pérdida de 74.76 km², equivalente al 63.79% en 54 años. Sin embargo, esta tendencia se ha agudizado en los últimos años.
- La Cordillera Central cubre una superficie glaciar total de 42.44 km² en el 2016, que incluye área glaciar cubierta de escombros con 2.15 km² y área de glaciar libre de detritos o escombros con 40.29 km², correspondiendo el 5.08% y el 94.92%, respectivamente.
- Con los datos del inventario glaciar en la Cordillera Central, se tiene una tasa de reducción de 1.39 km²/año; con esta tasa los glaciares de la cordillera desaparecerán hacia el año 2048 de continuar la tendencia actual.
- Los recursos hídricos almacenados en la Cordillera Central hacen posible, aunque parcialmente, la generación de energía a través del complejo hidroeléctrico de las cuencas de los ríos Rímac y Mantaro. En ambos aspectos, agua y energía son recursos geoestratégicos que abastecen a la ciudad de Lima y otras importantes ciudades del sur chico y el centro del país.
- La Cordillera Central es un importante atractivo turístico, especialmente alrededor de la Reserva Nor Yauyos, que presenta impresionantes paisajes.
- La población estimada existente en el área de influencia de la cordillera es de 190,005 habitantes distribuidos en las provincias de Cañete, Chupaca, Concepción, Huancayo, Huarochirí, Jauja, Yauli y Yauyos. La densidad poblacional estimada es de 16 habitantes por km².

4.2.4. CORDILLERA HUAYTAPALLANA

4.2.4.1. Ubicación

La Cordillera Huaytapallana forma parte de las cordilleras ubicadas en la zona central del país y se ubica al este de la Cordillera Central. Tiene un área de 10,828 km² y una longitud aproximada de 27 km, sus límites geográficos están comprendidos entre los paralelos 12°25'39.08" y 10°49'07.24" de latitud sur y entre los meridianos 75°58'33.63" y 74°15'34.34" de longitud oeste.

Políticamente el ámbito se extiende sobre las provincias de Huancayo y Concepción del departamento de Junín. Mapa 27.

4.2.4.2. Acceso

Se tienen varias opciones para el acceso a esta cordillera. La primera parte de la ciudad de Huancayo, hacia el norte hasta la ciudad de Concepción, por carretera asfaltada (por la margen izquierda del río Mantaro), para luego tomar la antigua carretera de penetración hacia Comas y Satipo, hacia el este, pasando por el Ingenio. Antes de llegar a Comas se toma un desvío hacia la laguna Luquina, Tipicocha-Tranca Grande, entre otras lagunas, por carretera afirmada. Por vía aérea la ruta es partiendo de la ciudad de Lima a Jauja, de Jauja hacia el este por vía terrestre desde Los Molinos hasta Quero.

4.2.4.3. Aspectos físicos

4.2.4.3.1. Hidrografía y climatología

La Cordillera Huaytapallana se ubica en la cuenca del río Mantaro, que tiene como principal drenaje al río del mismo nombre, y en la cuenca del río Perené. Ambas cuencas drenan sus aguas a la vertiente del Atlántico.

Los principales ríos que reciben aportes directos de la escorrentía superficial provenientes de los glaciares de la Cordillera Huaytapallana son: Shullcas, Carhuacocha, Pariahuanca, Otorongo, Punto, Chilcamayo, Canchapalca, Comas, Carachuco, Viscas y Tulumayo.

La Cordillera Huaytapallana presenta 704 lagunas con una superficie de 38'672,835 m², destacando la cuenca del río Perene por presentar la mayor superficie de lagunas con el 58.96% (ANA, 2014).

Las precipitaciones en la zona oriental de la cordillera llegan a una media anual de alrededor de los 900 mm. Éstas se dan principalmente en la estación de verano y son del tipo orográficas, es decir, son producto de la condensación del vapor de agua contenido en la masa de aire que al ascender se enfría, condensa y precipita. Por ello, el valor de la media anual disminuye hacia la

vertiente occidental de la cordillera, pero es en la zona ubicada en lo que es la selva alta (noreste) donde se dan los mayores valores obteniéndose una media anual entre los 1,100 y 1,400 mm. Mapa 28.

De acuerdo a la clasificación climática de Thornthwaite (SENAMHI, 1988), sobre la cordillera predomina un clima semifrío, lluvioso en verano y deficiente en invierno; y según los datos grillados del proyecto PISCO, la temperatura media anual es entre los 10 °C y 12 °C para zonas ubicadas alrededor de los 3,000 a 3,500 m s.n.m., que es donde se encuentran las ciudades principales como Huancayo, Concepción, Jauja y Toca. Luego los valores van disminuyendo mientras se incrementa la altitud, llegándose a tener por sobre los 4,500 m s.n.m. una temperatura media anual de alrededor de 6 °C (Lavado, et al., 2016).

4.2.4.3.2. Geología y geomorfología

En la zona sur de la Cordillera Huaytapallana sobresalen afloramientos de rocas metamórficas precámbrica compuestas por gneis, anfibolitas, esquistos micáceos, pelitas, grauvacas feldespáticas. Sobreyaciendo, se tienen rocas sedimentarias paleozoicas compuestas por areniscas, calizas micríticas y bioclásticas. Intruyendo a estos afloramientos, existen rocas plutónicas de tipo granodiorita, diorita, monzogranito-sienogranito, tonalita y cuarzomonzonita. Sobreyaciendo a los anteriores, se presentan depósitos cuaternarios glaciar y aluvial que tienen una baja competencia geotécnica (INGEMMET, 1968).

Hacia la parte oriental de la cordillera, sobresalen estratos de rocas sedimentarias paleozoicas compuestos litológicamente de areniscas, limolitas, calizas, arcilitas, conglomerados y lavas ignimbríticas. Intruyendo a estos afloramientos, tenemos rocas plutónicas de tipo tonalita, cuarzo-monzonita, monzogranito y granito. En este sector también encontramos rocas volcánicas más recientes, compuesto de coladas ignimbríticas, riocacitas, sienitas, tufos piroclásticos y brechas. Parcialmente, tenemos depósitos cuaternarios tipo aluvial, fluvial y coluviales que en conjunto son depósitos inconsolidados poco competentes.

Hacia el sector occidental de esta cordillera, afloran rocas metamórficas precámbricas compuestas por gneis, anfibolitas, esquistos micáceos, pelitas, grauvacas feldespáticas, cuarcitas y conglomerados. Intruyendo a estos afloramientos, tenemos rocas plutónicas de tipo diorita, granodiorita y granito. En menor proporción, afloran estratos de rocas sedimentarias cretácicas compuestos litológicamente por lutitas, areniscas, conglomerados, cuarcitas, calizas, nódulos de chert y arcilitas. Estas unidades han sido cubiertas parcialmente por depósitos cuaternarios de origen glaciar, fluvio-glaciar y aluvial.

La Cordillera Huaytapallana se ubica en la Cordillera Oriental. En esta cordillera se distinguen algunas unidades geomorfológicas como: planicies aluviales, valles fluviales, zonas montañosas, zonas de glaciares y altas cumbres. En este sector, sobresalen montañas altas y cimas con cotas que van desde 4,571 hasta los 5,546 m s.n.m. Los típicos valles en “U” se observan hacia la parte más distal al noroeste de la Cordillera Huaytapallana, cercanos a las áreas glaciares.

Los principales procesos geodinámicos que ocurren en esta cordillera son principalmente de origen glaciar, hídrico y gravitacional, generando huaycos, cárcavas, flujo de detritos, deslizamientos y otros procesos.

4.2.4.4. Ecosistemas de montaña

En la Cordillera Huaytapallana se presentan siete ecosistemas que cumplen funciones ecosistémicas importantes dentro de sus áreas de influencia. Estos ecosistemas son bofedales, bosque de montaña altimontano, bosque de montaña basimontano, bosque de montaña montano, matorral arbustivo y pajonal andino (MINAM, 2017). El pajonal andino ocupa el 58% del territorio y el porcentaje restante lo ocupan los otros ecosistemas.

En esta cordillera se ubica el Área de Conservación Regional Huaytapallana que tiene como objetivo conservar la diversidad biológica y paisajística orientado al uso adecuado de sus recursos hídricos. Para esto, se busca asegurar la conservación y restauración de los ecosistemas de pajonales, césped de puna, bofedales, lagunas y ecosistema nival.

Las formaciones herbáceas están dominadas por *Festuca rigescens*, *Calamagrostis macbridei*, *Calamagrostis glacialis*, *Calamagrostis swallenii*, *Festuca distichovaginata*, *Festuca parvipaniculata* y *Festuca peruviana*, entre otras especies. El césped de puna se caracteriza por la presencia de plantas, de porte almohadillado y arrosetado, tales como caméfitos pulvinados, hemicriptófitos arrosetados y hemicriptófitos

rotulados: *Perezia coerulescens*, *Paranephelius uniflorus*, *Gentianella* spp. entre otras. Los complejos sistemas hidromórficos (bofedales) contienen diversas asociaciones vegetales que sirven de piso forrajero, tales como: *Hypochaeris taraxacoides* e *Hypochaeris echegarayi*.

En las partes altas, cercanas a la zona glaciar en los suelos crioturbados, formados por la erosión glacial, se pueden apreciar las siguientes especies: *Mniodes andina*, *Calamagrostis ovata* y *Ranunculus krapfia*. Mapa 29.

4.2.4.5. Aspectos socio económicos culturales

4.2.4.5.1. Población

En lo que respecta a población, las estimaciones indican que se mantiene estancada desde el año 2000 con 546,298 habitantes y en el año 2015 con 553,864, con un incremento de 7,566 habitantes en 16 años (INEI, 2018). Estos datos evidencian una fuerte migración del campo hacia las ciudades posiblemente por la búsqueda de oportunidades de la población joven.

Los distritos que pierden población son Concepción, Jauja, Tarma y Yauli. La densidad poblacional para esta cordillera es de 51 habitantes por km². La tasa media anual de crecimiento poblacional es de 0.092%. Tabla 24.

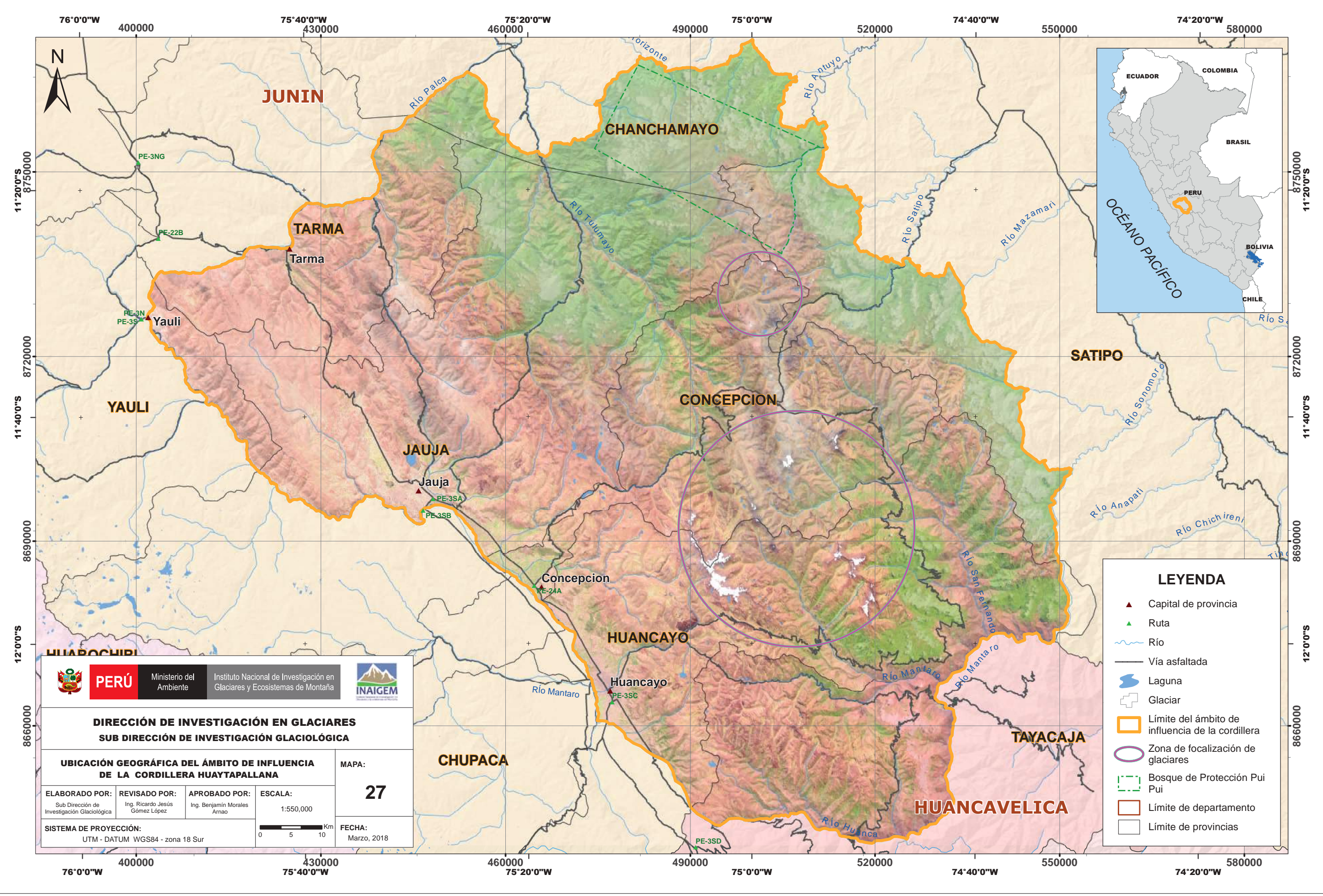
4.2.4.5.2. Energía y minería

La energía eléctrica de los distritos de El Tambo y Huancayo es abastecida por la central hidroeléctrica Chamicero a cargo de la empresa Electrocentro S.A. a través de sus redes de distribución. En Monobamba, se ubica la central hidroeléctrica Chimay, que abastece de energía eléctrica al distrito del mismo nombre, en la provincia de Jauja, departamento de Junín. Esta central hidroeléctrica emplea las aguas del río Tulumayo (previamente embalsadas en la represa homónima y conducidas por un túnel a presión de 9,170 m de largo) para generar 150.9 MW de potencia efectiva; esta central hidroeléctrica pertenece a la empresa Chinango.

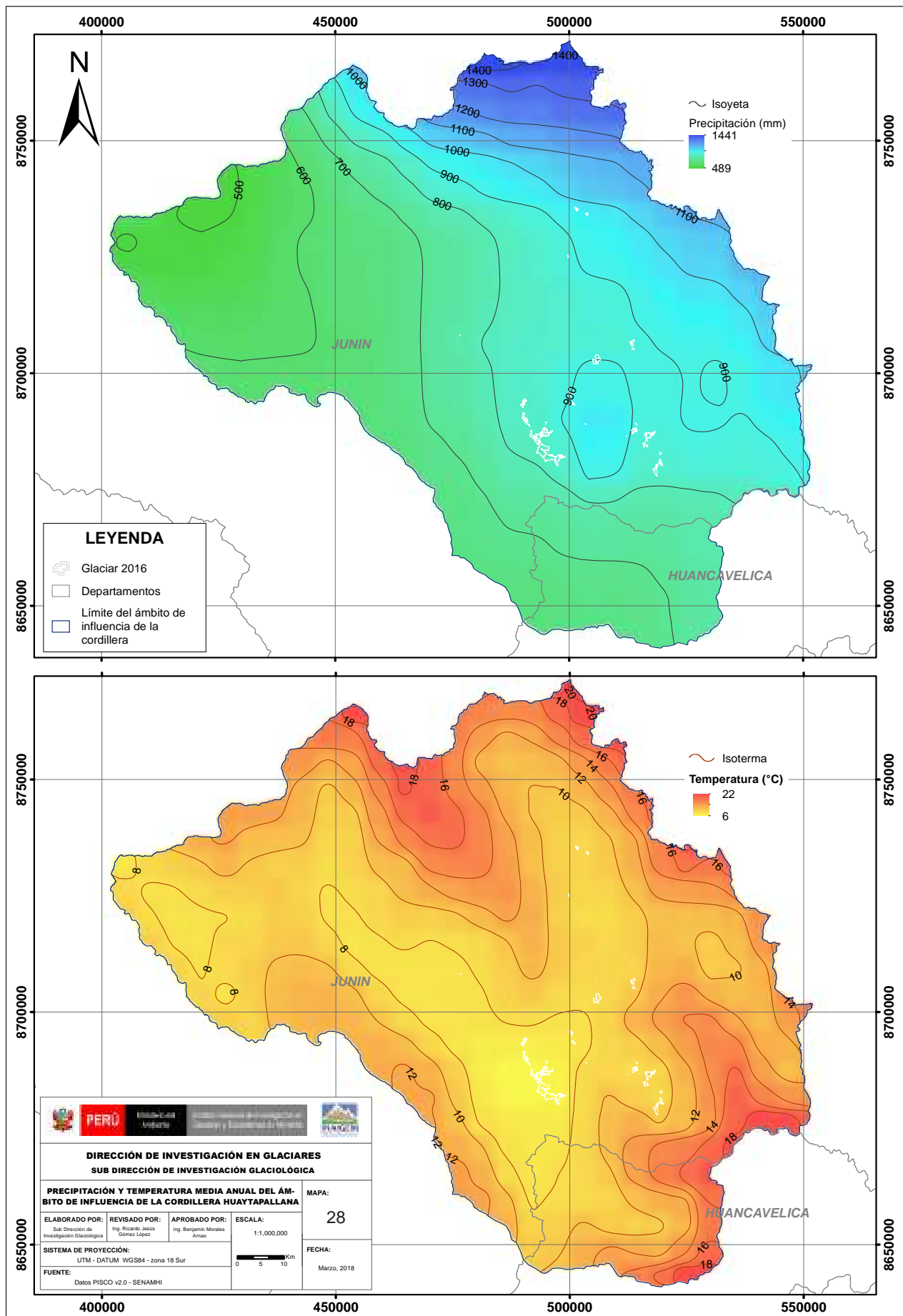
Tabla 24. Población de las provincias de la Cordillera Huaytapallana.

Años	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Junín																
CHANCHAMAYO(0.16*)	23,799	24,408	25,017	25,625	26,229	26,829	27,419	28,001	28,578	29,154	29,733	30,317	30,902	31,487	32,068	32,646
CONCEPCION(0.76*)	51,022	50,643	50,238	49,803	49,339	48,845	48,319	47,761	47,182	46,590	45,996	45,399	44,796	44,185	43,566	42,936
HUANCAYO(0.63*)	287,811	290,814	293,675	296,380	298,916	301,270	303,404	305,323	307,084	308,732	310,318	311,851	313,298	314,642	315,872	316,978
JAUJA(0.66*)	69,823	69,035	68,215	67,360	66,469	65,544	64,578	63,576	62,552	61,518	60,486	59,457	58,426	57,392	56,351	55,305
SATIPO(0.05*)	7,246	7,605	7,975	8,356	8,747	9,148	9,558	9,976	10,404	10,843	11,294	11,760	12,236	12,724	13,223	13,731
TARMA(0.36*)	44,116	43,924	43,707	43,462	43,191	42,891	42,558	42,197	41,813	41,416	41,013	40,604	40,187	39,760	39,322	38,871
YAULI(0.5*)	30,782	30,142	29,495	28,844	28,187	27,526	26,859	26,188	25,517	24,854	24,201	23,560	22,929	22,307	21,692	21,085
Huancavelica																
TAYACAJA(0.3*)	31,699	31,772	31,846	31,918	31,987	32,048	32,104	32,156	32,202	32,241	32,272	32,296	32,315	32,325	32,324	32,312
TOTAL	546,298	548,343	550,167	551,747	553,065	554,101	554,798	555,178	555,331	555,346	555,312	555,244	555,090	554,821	554,418	553,864

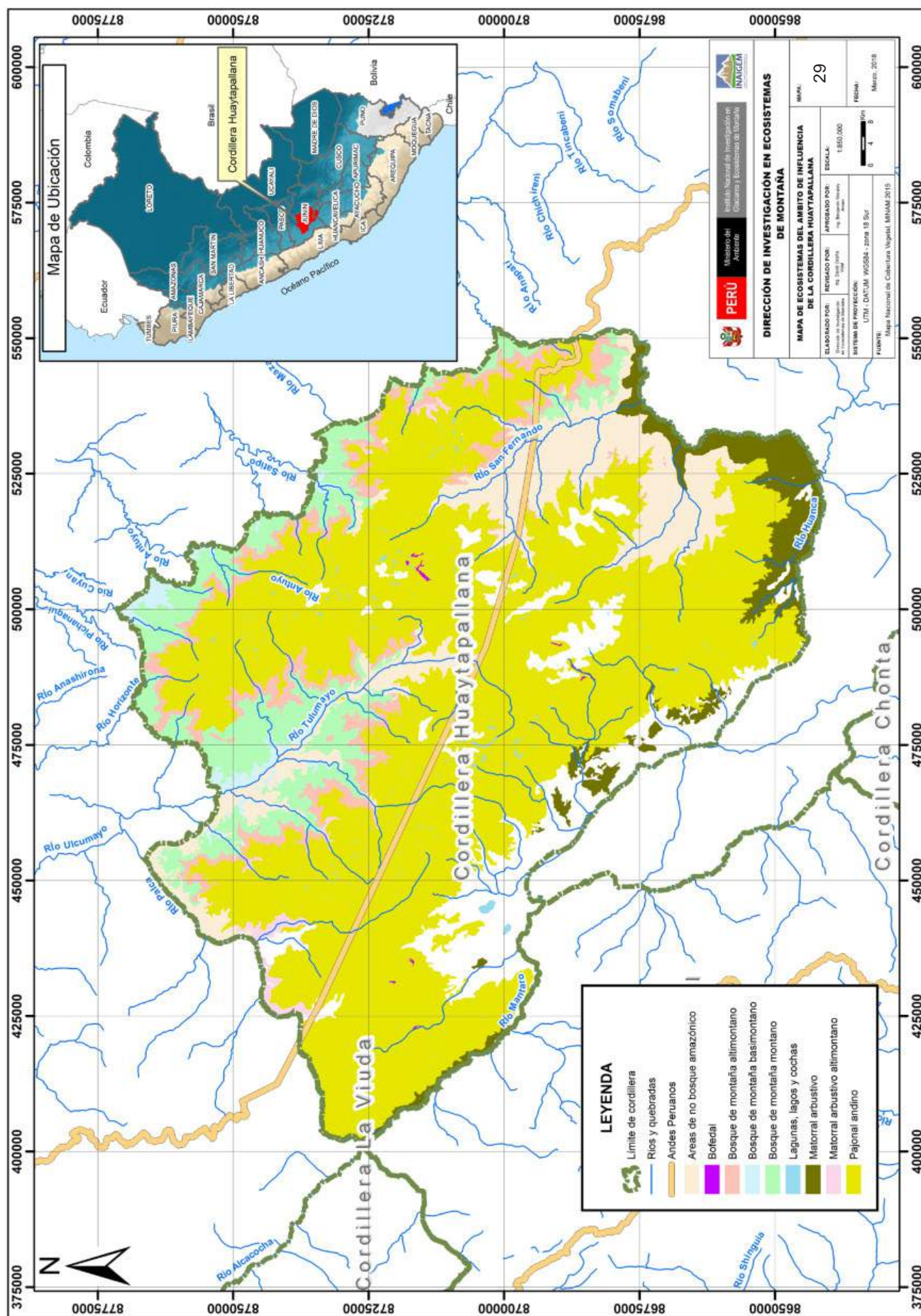
Fuente: INEI. (*) Factor de incidencia territorial.



Mapa 27. Ubicación geográfica del ámbito de influencia de la Cordillera Huaytapallana



Mapa 28. Precipitación y temperatura del ámbito de influencia de la Cordillera Huaytapallana.



Mapa 29. Ecosistemas en el ámbito de influencia de la Cordillera Huaytapallana.

En Pampa Hermosa, la energía eléctrica del distrito es abastecida por la central hidroeléctrica Chalhuamayo a cargo de la empresa Electrocentro S.A.

La central hidroeléctrica San Balbín ubicada en el distrito de Pariahuanca abastece de energía eléctrica a dicho distrito y está a cargo de la empresa Electrocentro S.A. En Santo Domingo de Acobamba, la energía eléctrica es abastecida por la central hidroeléctrica Mantaro, a cargo de la empresa Electoperú S.A. (OSINERGMIN, 2018).

Mención especial merece la central hidroeléctrica del Mantaro. Las primeras investigaciones sobre el uso de la energía hidráulica en el Mantaro se iniciaron en la década de 1940, con el ingeniero y físico peruano Santiago Antúnez de Mayolo. En 1945, se emprendió el estudio de una planta de energía hidroeléctrica en el Mantaro. En 1961, la Corporación de Energía Eléctrica del Mantaro nació con el objetivo de realizar el proyecto, la construcción se inició en 1967, se llevó a cabo en tres etapas y fue terminada en noviembre de 1984.

4.2.4.5.3. Agricultura y Ganadería

En los distritos que están en el área de influencia de la Cordillera Huaytapallana los cultivos han sido clasificados en cultivos transitorios y cultivos permanentes. Los cultivos transitorios principales son: maíz, papa, frijol y oca; y los cultivos permanentes son: chirimoyo, lúcumo, manzano, melocotonero, níspero, paca, palto, tara y café. El desarrollo agrícola es de gran envergadura, que se localiza en la margen izquierda del valle del río Mantaro, que se ha convertido en la despensa alimenticia y ganadera de la ciudad de Lima. La producción se complementa con el valle del río Pariahuanca.

Respecto al uso de la tierra según los datos del Censo Nacional Agropecuario del año 2012, aproximadamente el 39.9% de la superficie de la cordillera se encuentra en uso directo, en los porcentajes siguientes:

• Superficie con cultivos	: 9.60%
• Superficie agrícola sin cultivo y va a ser sembrada	: 1.79%
• Superficie agrícola sin cultivo y no va a ser sembrada	: 1.19%
• Superficie agrícola en descanso	: 1.44%
• Pastos naturales manejados	: 6.38%
• Pastos naturales no manejados	: 61.85%
• Montes y bosques	: 7.87%
• Superficie dedicada a otros usos	: 9.88%

Notamos que el mayor porcentaje de tierras es orientado a los pastos naturales no manejados, con el 62% (513,945 ha); en tanto, que la superficie dedicada a cultivos representa el 10% (79,762 ha). En esta cordillera, los montes y bosques representan el 7,87% (65,407 ha) (CENAGRO, 2012).

4.2.4.5.4. Turismo y cultura

En la época prehispánica tardía, el nevado Huaytapallana fue considerado un apu o montaña sagrada llamada Huallallo Carhuincho. La ciudad de Huancayo, que se encuentra a 22 km al suroeste de la Cordillera Huaytapallana, tiene dos sitios arqueológicos importantes.

El primero, Arwaturo, a 16 km al oeste de la ciudad, en el distrito de Ahuac, de la provincia de Chupaca (Paz, 2013), fue construido encima de una colina, al lado de la laguna Ñahuimpuquio por el grupo étnico Huanca en el período Intermedio Tardío (1200-1450 d. C.) y posteriormente ocupado por los Incas (Fotografía 56). Consiste en una cresta de más de 3 km de largo, donde se encuentran viviendas circulares que rodean una zona de 16 colcas o almacenes rectangulares orientadas de sur a norte.



Fotografía 56. Colcas de Arwaturo. Foto: Henry Ginés S.

El segundo sitio, el santuario de Wariwilca, está ubicado en la hondonada de Hanan Huanca, cinco kilómetros al sur del centro de Huancayo (Fotografía 57). Esta construcción, hecha de piedra y barro, es de forma cuadrangular y fortificada con muros de cinco metros de altura en un espacio de unos dos mil metros cuadrados. Los dos ingresos al templo tienen escalinatas de piedra (Enríquez, 2013). Perteneció a una población que existió entre los años 900 y 1200 d.C. y es considerado como la pacarina o lugar de origen de la nación Wanka ya que, según la leyenda, del pequeño manantial que existe aún en el lugar, surgió la primera pareja de esta etnia: el varón se llamó Imapucarancá y la dama, su pareja, se llamó Uruchumbe. En el interior de la construcción, hacia el extremo noreste, se encuentran dos imponentes árboles de molle (*Schinus molle*), bastante grandes para su especie, en cuyas raíces, según la leyenda, se vertía la sangre de los sacrificados. Asimismo, en el lugar se encuentran los vestigios de una poza o fuente de purificación.



Fotografía 57. Santuario de Wariwilca. Fuente: DePeru.com.

4.2.4.6. Inventario de la superficie glaciar

4.2.4.6.1. Antecedentes

Entre 1970 y 1989, se realiza el primer inventario de dieciocho cordilleras glaciares del Perú, usando fotografías aéreas del proyecto N° AF-60-17 de 1962-1963 y 62336-002 (44) de 1955, donde se determinó un área de cobertura glaciar de 59.08 km² y 152 glaciares para la Cordillera Huaytapallana (HIDRANDINA S.A., 1989). Un nuevo análisis por INAIGEM a través de la reconstrucción de superficies glaciares con imágenes satelitales LANDSAT de 1984, se encontró 68.05 km² de cobertura glaciar para la Cordillera Huaytapallana.

En 1997 se llevó a cabo un nuevo inventario parcial en cuencas seleccionadas en las cordilleras Blanca, Raura, Central, Huaytapallana, Huagoruncho y Vilcanota. En base al inventario parcial se realizó una proyección a nivel nacional con respecto a las demás cordilleras. El material básico de trabajo fueron las imágenes del satélite LANDSAT tomadas en el período 1995-1997 obteniéndose un área de cobertura glaciar de 37.57 km² para la Cordillera Huaytapallana (CONAM, 2001).

Entre los años 2003 al 2014, se efectuó el tercer inventario de glaciares y lagunas realizado por la Unidad

de Glaciología y Recursos Hídricos (UGRH), en base al procesamiento imágenes satelitales SPOT, ASTER, LANDSAT y LISS III de diecinueve cordilleras del Perú (se incluyó a la Cordillera Volcánica que en la actualidad es considerada extinta, aunque con acumulación estacional de nieve). Se obtuvo un área de cobertura glaciar de 26.40 km² para la Cordillera Huaytapallana (ANA, 2014).

En el año 2016, el INAIGEM efectuó el cuarto inventario de las coberturas glaciares de las dieciocho cordilleras glaciares del Perú, registrando un área de cobertura glaciar de 21.42 km² para la Cordillera Huaytapallana.

4.2.4.6.2. Descripción de los glaciares

Los glaciares de la cordillera se distribuyen a lo largo de 61 km, donde Huaytapallana es un sistema que integra a los nevados ubicados en el sector oeste (nevado Muradayo), y en el este (nevado Lazopata), todos incluidos dentro del Área de Conservación Regional Huaytapallana. Los glaciares que lo conforman poseen características típicas de glaciares de montaña. Los frentes glaciares están en constante dinámica debido a la presencia masiva de agrietamientos y fracturas que dan lugar a desprendimientos de bloques de hielo. El nevado Huaytapallana, con 5,557 m s.n.m. (Fotografía 58) es el más representativo, y su cota más baja del frente glaciar se encuentra próximo a los 4,850 m s.n.m. ubicado en el sector de la laguna Lazo Huntay.

El glaciar Muradayo se ubica entre las quebradas de Añas y Pisuyo, cabeceras del río Comas. Según la comparación de imágenes satelitales de los años 1962, 2006 y 2016 se aprecian cambios y una reducción significativa de la superficie glaciar. En la actualidad la superficie se desplaza desde la cota 4,910 hasta los 5,245 m s.n.m. con pendientes moderadas en los terminales del frente glaciar.



Fotografía 58. Nevado Huaytapallana, se aprecia los frentes con glaciares colgantes.

El nevado Lazopata (5,019 m s.n.m.), ubicado en la cabecera de la quebrada Chilcamayo, presenta uno de los casos más evidentes de retroceso glaciar acelerado. Según la comparación de imágenes de satélite de los años 1962 al 2016, se aprecia la formación de una laguna de 1.5 km.

El glaciar Lazopata tiene una cota mínima de 4,625 m s.n.m. con el frente en proceso de desconexión con la laguna. El espesor promedio se estima en 25 m y se observa la línea de equilibrio a una altitud estimada de 4,800 m s.n.m. Este glaciar tiene una superficie uniforme, sin presencia de agrietamientos. En la parte central, se observa el afloramiento del lecho rocoso. Esta zona servirá para realizar un seguimiento a través de imágenes satelitales sobre el proceso evolutivo de la fusión del glaciar. Figura 17.

4.2.4.6.3. Monitoreo de glaciares

En el glaciar Yanahucsha, la UGRH-ANA implementó en el año 2009 estudios de monitoreo glaciológico dentro de la Cordillera Huaytapallana. Sin embargo, se conoce que desde la década de los ochenta se vienen realizando una serie de trabajos como inventarios de cobertura glaciar.

Las entidades con interés en el desarrollo de estudios en la cordillera son: el IGP, la Universidad del Centro y la Universidad de Ohio. En el año 2008, la empresa eléctrica Chimay encargó el estudio de esta cordillera al Ing. Benjamín Morales Arnao. El estudio cubrió el inventario de la cobertura glaciar y las lagunas de la cuenca Tulumayo, así como los factores de riesgos geodinámicos.

La existencia de una trocha carrozable construida con fines de exploración minera hace del glaciar Muradayo un lugar accesible, aspecto que se debe tener en cuenta para evaluar su posible monitoreo.

En el caso del nevado Huaytapallana, a unos 30 km de la ciudad de Huancayo, la toma de muestras de

nieve para el monitoreo de carbono negro se inició en noviembre del 2015, como un proyecto financiado por el programa PEER Science de USAID y coordinado desde el Instituto Geofísico del Perú. Cabe resaltar que el deshielo del nevado Huaytapallana provee de agua a la cuenca del río Shullcas, importante fuente de agua para la población de Huancayo. La importancia de su constante evaluación y la identificación de los factores que afectan en su derretimiento, así como las labores de muestreos continuos, se desarrollan en coordinación con profesionales de la ciudad de Huaraz y Arequipa, con la orientación del Dr. Carl Schmitt. El Gráfico 30 muestra la variación de la concentración de carbono negro en la capa superficial (0-2 cm de profundidad).

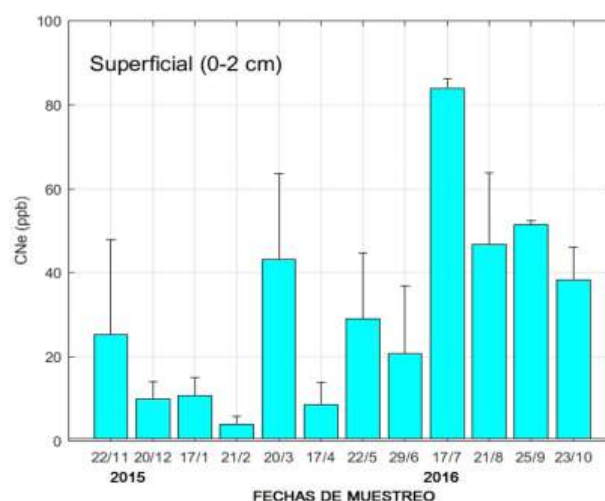


Gráfico 30. Variación de carbono negro en la nieve del glaciar Huaytapallana.

Además, se ha tenido importantes avances en el entendimiento y la aplicación del modelo SNICAR (Snow, Ice, and Aerosol Radiative) de la Universidad de Michigan de EE.UU. (Flanner, Zender, Randerson, & Rasch, 2007), que permite evaluar diferentes escenarios

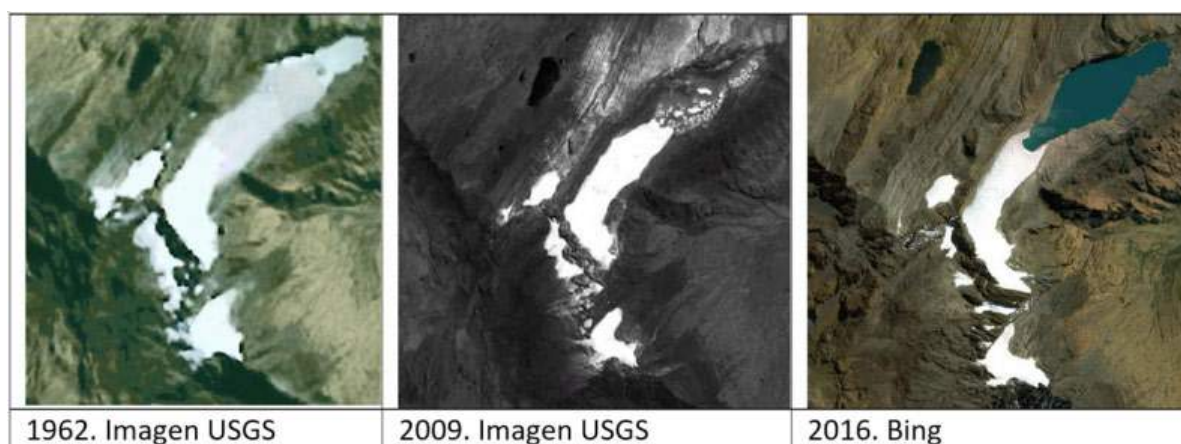


Figura 17. Cambios en la superficie del glaciar Lazopata desde el año 1962 hasta el 2016, se aprecia la formación de una laguna de 1.5 km de largo.

del impacto del carbono negro en el balance de energía, debido a cambios en el albedo superficial. Una detallada evaluación se ha realizado para el período 2015 al 2016, la cual ha permitido estimar que el carbono negro influye en $11.82 \pm 7.82 \text{ W/m}^2$ de forzamiento radiativo en el área del nevado Huaytapallana. Fotografía 59.



Fotografía 59. Evaluación del albedo de la nieve del glaciar Huaytapallana. Fuente: Christian Torres.

Se recomienda continuar con el monitoreo de carbono negro en el glaciar Huaytapallana por ser el más cercano a la ciudad de Huancayo, la principal fuente de contaminación atmosférica. Además, es importante considerar la recolección de muestras en el lado oriental del glaciar, debido a su cercanía a la selva amazónica, siendo los incendios forestales las principales fuentes de carbono negro.

4.2.4.6.4. Lagunas de origen glaciar

En el glaciar Muradayo se observa la formación de nuevas lagunas en contacto con el frente glaciar, Fotografía 60.

En el nevado Lazopata se aprecia la formación de una laguna de 1.5 km, la cual está en proceso de desconexión con dicha laguna, su vaso receptor está constituido íntegramente de roca y no presenta desagüe visible. Fotografía 61.

En el inventario de lagunas registrada por el ANA, desarrollado con imágenes de satélite Spot 5 y Aster (10 m y 15 m de resolución espacial), se registraron 704 lagunas con una superficie total de $38'672,835 \text{ m}^2$ distribuidas en las cuencas de Mantaro y Perené. En la cuenca del Perené se concentra la mayor cantidad, con 501 lagunas inventariadas seguidas de 203 lagunas inventariadas en la cuenca del Mantaro. Ambas cuencas vierten sus aguas al océano Atlántico.

La cordillera alberga una gran cantidad de lagunas originadas por el retroceso glaciar, siendo de gran importancia para las comunidades que habitan la región las siguientes lagunas: Paca, Tranca Grande, Pomacocha, Huascacocha, Pahuarcocha, Huacracocha, Paccha y Yauricocha.

4.2.4.6.5. Riesgos de origen glaciar

En la Cordillera Huaytapallana los riesgos asociados a fenómenos de origen glaciar como aluviones y/o avalanchas, están clasificados como altos, dados los



Fotografía 60. Glaciar Muradayo 2 y la formación de nuevas lagunas.



Fotografía 61. La reducción de la superficie glaciar ha formado la laguna Lazopata.

antecedentes del 28 de diciembre de 1990, fecha en que un aluvión proveniente de la laguna Lazo Huntay causó pánico y zozobra en Huancayo. En la actualidad aún existen masas glaciares de volumen considerables sobre la laguna Lazo Huntay; además de la existencia de fuertes pendientes en dirección a la laguna. Aunque estas se encuentran retiradas a una distancia considerable de la laguna, no se puede descartar avalanchas mixtas de hielo y roca que podrían afectar a la laguna.

Otra laguna con antecedentes de aluvión es la nueva laguna en formación Lazopata. Según los pobladores, esta laguna habría desbordado en el año 2010 como consecuencia de la fragmentación del frente glaciar en contacto con la laguna, suceso que no fue estudiado. En la actualidad el riesgo está presente debido a que en el flanco izquierdo de la laguna existe una pared tical de roca de más de 100 m de altura. Cabe suponer que cualquier bloque de roca caerá directamente en la laguna. Este aspecto debe ser evaluado a detalle mediante estudios geológicos.

4.2.4.6.6. Resultados del inventario

La Cordillera Huaytapallana cubre una superficie glaciar total de 21.42 km² al 2016, que incluye al área glaciar cubierto de escombros con 0.05 km², y al área glaciar libre de detritos o escombros con 21.37 km². Tabla 25 y Gráfico 31.

Tabla 25. Superficie glaciar 2016 – Cordillera Huaytapallana.

Unidad	Superficie Glaciar		
	Libre de detritos o escombros	Cubierto	Total
Km ²	21.37	0.05	21.42
%	99.74	0.26	100.00

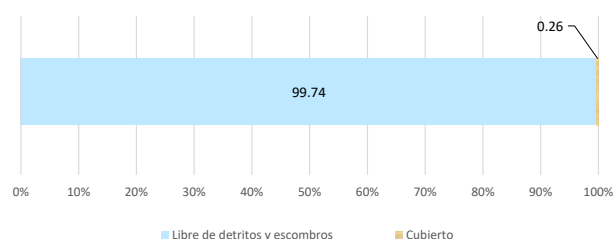


Gráfico 31. Proporción de superficies glaciares 2016 - Cordillera Huaytapallana.

El análisis de cambio de superficie, basado en fotografías aéreas de 1962 e imágenes de Sentinel 2 del 2016, muestra que el área glaciar ha disminuido de 68.05 km² a 21.42 km² con una pérdida de 46.63 km² equivalente al 68.52%. Gráfico 32 y Figura 18.

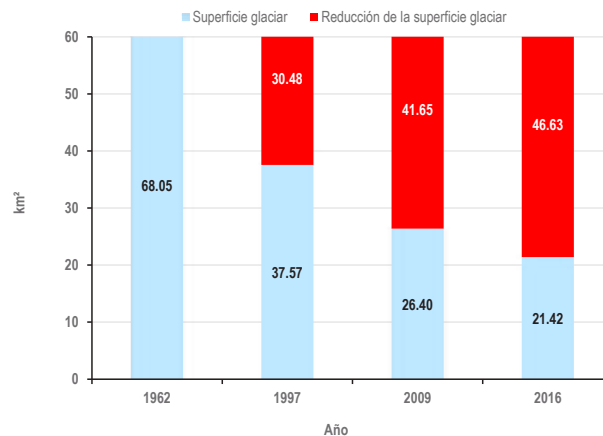


Gráfico 32. Reducción del área glaciaria por periodos (1962-2016) - Cordillera Huaytapallana.



Figura 18. Reducción de la superficie glaciaria en la Cordillera Huaytapallana.

4.2.4.6.7. Tendencia estimada de la reducción de la superficie glaciaria

Considerando los resultados de los inventarios de 1989 (publicado por Hidrandina S.A. & y reanalizado por INAIGEM al 2016), de 2001 (CONAM), de 2014 (ANA-UGRH) y del 2017 (INAIGEM), se obtiene una tasa

de retroceso glaciario de 0.87 km²/año. De acuerdo con estos datos, se estima que los glaciares de la Cordillera Huaytapallana desaparecerían en el año 2040. Sin embargo, es importante mencionar que este valor es una estimación estadística lineal, sujeta a las variaciones y tendencias climáticas futuras a nivel global. Gráfico 33.

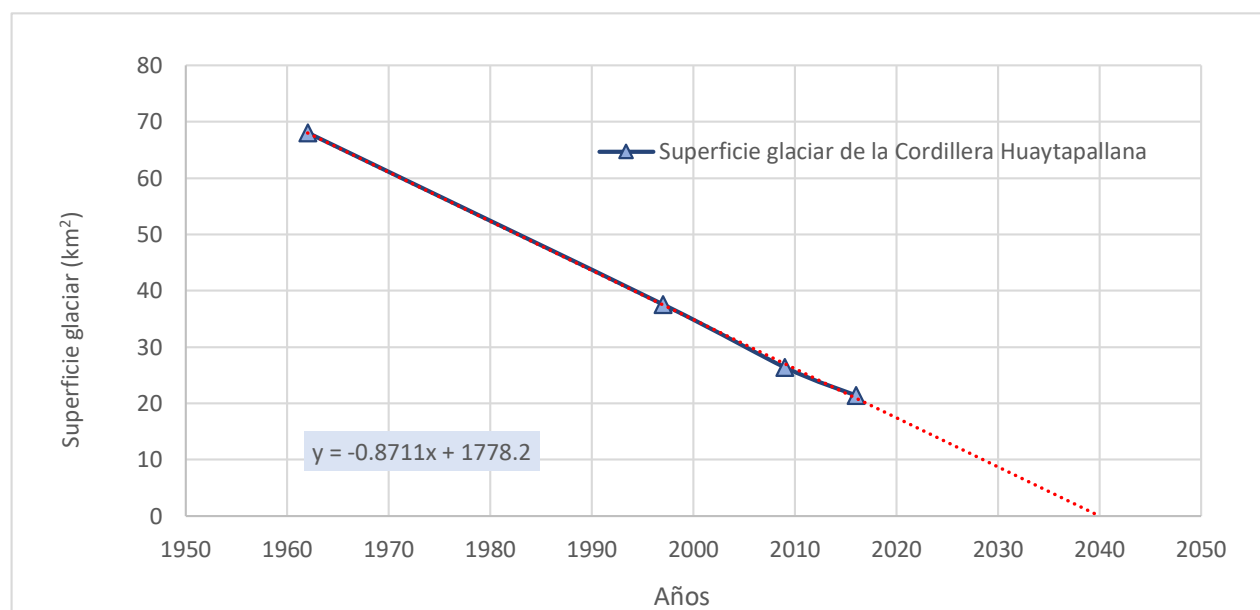


Gráfico 33. Tendencia estimada de la reducción de la superficie glaciar de la Cordillera Huaytapallana.

Resumen

- En la Cordillera Huaytapallana, el análisis de cambio de superficie muestra que el área glaciar ha disminuido de 68.05 km² a 21.42 km² con una pérdida de 46.63 km² equivalente al 68.52%.
- La Cordillera Huaytapallana cubre una superficie glaciar total de 21.42 km² en el 2016, que incluye área glaciar cubierto con 0.05 km² y un área de glaciar libre de detritos o escombros con 21.37 km², esto representa el 99.74 y el 0.26% respectivamente.
- Con los datos del inventario glaciar en la Cordillera Huaytapallana se tiene una tasa de reducción de 0.9 km² al año, con esta tasa los glaciares de la cordillera desaparecerán hacia el año 2040 de continuar la tendencia actual.
- La población existente al área de influencia de la cordillera es de 553,864 habitantes distribuidos en parte de los departamentos de Junín y Huancavelica. La densidad poblacional estimada es de 51 habitantes por km², siendo una de las cordilleras con mayor población.
- En la Cordillera Huaytapallana, se han registrado eventos peligrosos, que han puesto en alto riesgo a la ciudad de Huancayo, por lo que se deben implementar obras de seguridad en las lagunas peligrosas, con una evaluación técnica rigurosa.

4.2.5. CORDILLERA CHONTA

4.2.5.1. Ubicación

La Cordillera Chonta forma parte de las cordilleras ubicadas en la zona centro del país, tiene un área de 15,429 km² y una longitud aproximada de 184 km. Geográficamente sus límites están comprendidos entre las coordenadas de 12°10'06.34" y 14°07'14.24" de latitud sur y 74°07'10.16" a 76°07'45.30" de longitud oeste.

Políticamente, el ámbito se extiende sobre el territorio de los departamentos de Huancavelica, en las provincias de Angaraes, Castrovirreyna, Huancavelica y Huaytara; Junín, en la provincia de Huancayo; Lima, en la provincia de Yauyos; Ica, en la provincia de Chincha; y Ayacucho, en las provincias de Cangallo y Huamanga. Mapa 30.

4.2.5.2. Acceso

El acceso a la cordillera se puede dar a través de diversas rutas: desde Huancavelica hasta Castrovirreyna, para luego empalmar con la vía Los Libertadores-Wari; o Huancavelica, Choclococha y Huaytará. Otra ruta que atraviesa la cordillera es la que une Huancavelica con Chincha.

4.2.5.3. Aspectos físicos

4.2.5.3.1. Hidrografía y climatología

La red hídrica de la cordillera confluye en las vertientes del Pacífico y del Atlántico. En el flanco occidental tenemos los ríos y quebradas que forman parte de las cuencas de Cañete, Topará, San Juan, Pisco e Ica. Sobre esta zona no hay presencia de glaciares, pero si una gran cantidad de lagunas de origen glaciar ubicadas en las cabeceras de las cuencas. Estas y la red de ríos almacenan y distribuyen el agua hacia la parte de la costa alimentando proyectos hidroenergéticos, industriales y agroindustriales.

En el flanco oriental los ríos y quebradas alimentan dos cuencas importantes: Pampas y Mantaro. Esta última alberga la menor cobertura glaciar de toda la cordillera y cuenta con ríos perennes en la parte norte, así como el Ichu en la parte central y el Cachi en la parte sur. Ambos ríos se encuentran dentro del ámbito de la cordillera y además son tributarios del río Mantaro que abastece a la central hidroeléctrica de Santiago Antúnez de Mayolo (hidroeléctrica del Mantaro), proyecto de gran importancia en la generación energética del Perú.

Las precipitaciones se concentran en la zona centro-oriental de la cordillera, donde se tiene una media anual de entre 700 a 800 mm. Estas se dan principalmente en la estación de verano y son del tipo orográficas.

De acuerdo con la clasificación climática de Thornthwaite (SENAMHI, 1988), sobre la cordillera predomina un clima semifrío, lluvioso en verano y deficiente en invierno. Según los datos grillados del proyecto PISCO, la temperatura media anual es entre los 10 °C y 12 °C para zonas ubicadas alrededor de los 3,000 a 3,500 m s.n.m. Mientras se avanza hacia el oeste, los valores aumentan debido a la disminución de la altitud. Para las zonas ubicadas sobre los 4,500 m s.n.m. se tiene una temperatura media anual de alrededor de 6 °C (Lavado, et al., 2016). Mapa 31.

4.2.5.3.2. Geología y geomorfología

La Cordillera Chonta en la zona sur posee rocas sedimentarias cretácicas compuestas por calizas grises azules silicificadas, areniscas, limolitas, lutitas, conglomerados calcáreos y areniscas bituminosas con chert. Sobreyaciendo a estas litologías, sobresalen afloramientos de rocas volcánicas cenozoicas compuestas por andesitas porfíricas gris oscuras, flujos andesíticos intercalados con brechas, flujos dacíticos porfíricos y tobas lapillíticas. Intruyendo a estos afloramientos se encuentran rocas ígneas como la granodiorita, tonalita y diorita (INGEMMET, 1994).

Hacia la parte central y norte de la cordillera, afloran estratos sedimentarios compuestos mayormente por calizas grises en capas medianas a gruesas intercaladas, horizontes con nódulos de chert, calizas arenosas, areniscas calcáreas en capas medianas y calizas micríticas intercaladas con calizas nodulares. En este sector afloran rocas volcánicas compuestas de sedimentos volcánicos, derrames andesíticos y riolitas. Intruyendo a estos afloramientos, tenemos rocas ígneas de tipo granito, granodiorita y tonalita, cubiertas parcialmente por depósitos cuaternarios tipo glaciofluvial poco competentes e inconsolidados.

Hacia el sector occidental de la cordillera, sobresalen afloramientos de rocas volcánicas compuestas por intercalaciones de flujos andesíticos porfíricos grises con tobas de cristales rosáceos a parduzcos y areniscas subordinadas, y en menor proporción, tenemos sedimentos volcánicos, derrames andesíticos y riolitas. En este sector también existen afloramientos de formaciones sedimentarias compuestas de calizas, areniscas cuarzosas, limolitas y lutitas. Intruyendo a estos afloramientos tenemos rocas ígneas y se distribuyen, con menor amplitud, los depósitos cuaternarios de origen aluvial con baja resistencia a la erosión.

La divisoria continental constituye el rasgo topográfico dominante en la parte alta de la zona montañosa andina y como su nombre indica, divide las aguas de la vertiente del Pacífico y del Atlántico. La Cordillera Chonta se caracteriza por presentar montañas con formas

topográficas de típico modelado glaciar desarrolladas entre los 4,800 a 5,300 m s.n.m. Morfológicamente, los alrededores de la Cordillera Chonta constituyen una amplia superficie plano-ondulada donde destaca un sistema de lagunas glaciares que drenan sus aguas hacia la vertiente del Pacífico y hacia la vertiente del Atlántico.

Los principales procesos geodinámicos indican la existencia de una antigua superficie puna denudada y montañas bajas concordantes que en conjunto señalan una superficie de relieve moderado con pendiente suave y cuyas cimas alcanzan los 4,000 a 4,800 m s.n.m.

4.2.5.4. Ecosistemas de montaña

En la Cordillera Chonta se presentan seis ecosistemas que brindan servicios ecosistémicos importantes dentro de sus áreas de influencia. Estos ecosistemas son: bofedales, bosque relicto altoandino, bosque relicto mesoandino, cardonal, matorral arbustivo y pajonal andino (MINAM, 2017). Los servicios que brindan estos ecosistemas están orientados a la regulación hídrica, mantenimiento de la biodiversidad, secuestro de carbono, belleza paisajística y formación de suelos, entre otros. El pajonal andino ocupa el 68% del territorio y el porcentaje restante lo ocupan los otros ecosistemas, donde resaltan las áreas de matorral arbustivo con el 13%.

El pajonal de puna se encuentra principalmente sobre los 3,800 hasta los 4,500 m s.n.m. Las especies dominantes en esta formación son poáceas de los géneros *Festuca* y *Calamagrostis* que se encuentran acompañadas de una veintena de otras especies de poáceas y de otras especies principalmente de las familias malváceas y asteráceas que crecen protegidas entre los manojos de ichu. Destacan por su abundancia en esta cordillera: *Lobelia tenera* y *Rumex acetosella*.

En el caso de los bofedales, este tipo de vegetación se presenta en lugares de mal drenaje que se encuentran saturados de agua. Estos lugares se ubican alrededor de quebradas, ríos y sobre antiguas lagunas. Esta vegetación tiene una gran importancia pues es la principal fuente de alimento de ganado —camélidos sudamericanos principalmente— en la época seca, en la que los pastos

naturales son escasos o muy poco nutritivos. Sin embargo, hay que tener en cuenta que los pastos presentes en los bofedales tienen un elevado nivel nutritivo en contraste con los pastos del pajonal que son muy pobres en nutrientes. Mapa 32.

4.2.5.5. Aspectos socio económicos culturales

4.2.5.5.1. Población

En dieciséis años la población estimada total del área de influencia de la cordillera se ha incrementado en 62,206 habitantes, de 352,125 en el año 2000 a 414,331 en el año 2015 (INEI, 2018). Sin embargo, en distritos como Cangallo, Castrovirreyna y Huaytará la población ha disminuido, evidenciando una fuerte migración. Presenta una densidad poblacional de 27 hab/km² y la tasa anual de crecimiento poblacional promedio es de 1.09%. Tabla 26.

4.2.5.5.2. Energía y minería

En la Tabla 27, se consignan las principales centrales eléctricas en la zona de influencia de la Cordillera Chonta, localizadas principalmente en territorio del departamento de Huancavelica.

Huancavelica es un departamento tradicionalmente minero. La riqueza de sus suelos la hizo famosa en tiempos coloniales, sobre todo por sus ricos yacimientos de azogue y mercurio. En la actualidad es uno de los más avanzados en materia de minería. Entre numerosas minas que se explotan podemos destacar: Julcani en Angaraes (plata, plomo y cobre); Caudalosa Grande en Castrovirreyna (plomo, cobre, plata y zinc); y en Huachocolpa (plata, plomo y cobre) (MEM, 2016). El departamento produce además minerales no metálicos como calizas, yeso y baritina, entre otros.

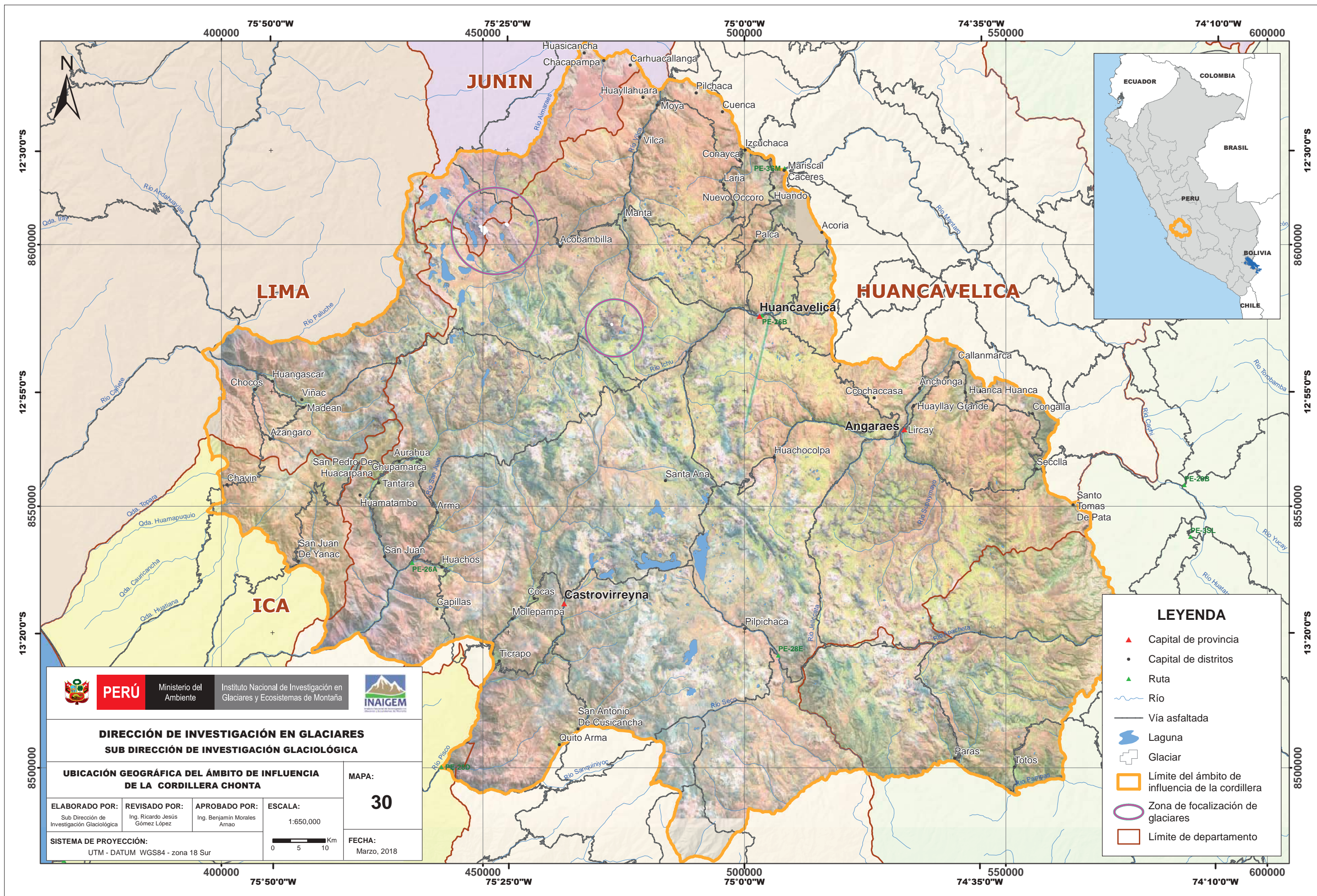
4.2.5.5.3. Agricultura y ganadería

En los principales valles interandinos de esta cordillera predominan cultivos de caña de azúcar y frutales. En las zonas templadas se cultivan tubérculos como la papa, la oca, la mashua y el olluco, y cereales como la cebada, el

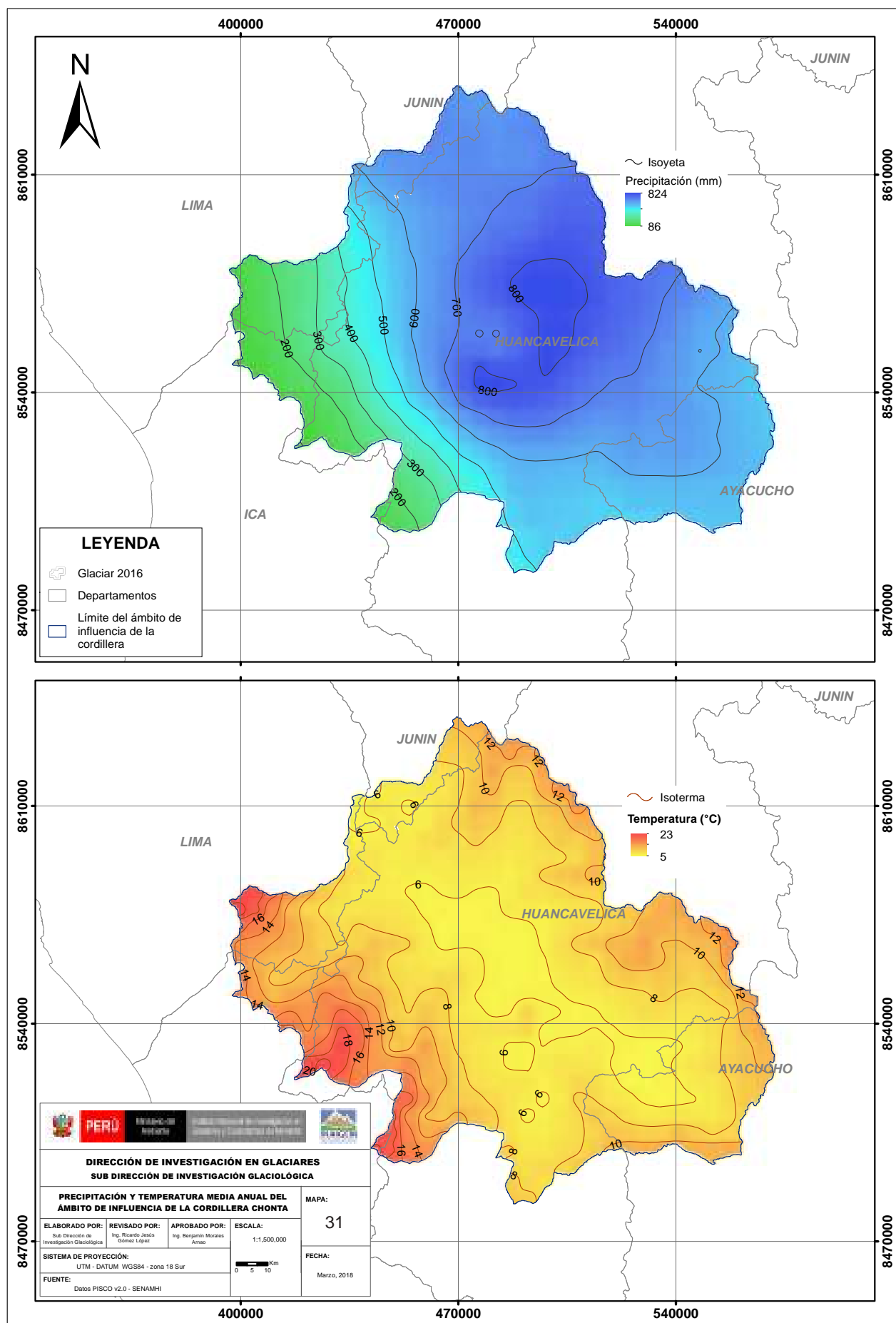
Tabla 26. Población de las Provincias de la Cordillera Chonta

Años	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
ACOBAMBA(0.02*)	1,078	1,107	1,137	1,167	1,198	1,229	1,261	1,294	1,327	1,361	1,395	1,430	1,465	1,501	1,537	1,573
ANGARAES(0.86*)	43,862	44,539	45,228	45,925	46,627	47,330	48,036	48,747	49,459	50,172	50,881	51,591	52,302	53,010	53,710	54,399
CANGALLO(0.57*)	20,214	20,148	20,114	20,089	20,063	20,029	19,987	19,928	19,865	19,795	19,719	19,637	19,550	19,457	19,360	19,258
CASTROVIRREYNA(0.94*)	19,270	19,201	19,135	19,068	18,997	18,924	18,848	18,770	18,689	18,604	18,516	18,425	18,330	18,232	18,129	18,019
CHINCHA(0.18*)	31,859	32,391	32,924	33,452	33,973	34,483	34,980	35,466	35,944	36,417	36,888	37,355	37,818	38,276	38,731	39,183
HUAMANGA(0.25*)	50,675	51,741	52,918	54,166	55,436	56,678	57,896	59,126	60,363	61,604	63,055	64,299	65,545	66,794	68,049	69,306
HUANCAMELICA(0.87*)	116,043	117,504	118,986	120,484	121,982	123,475	124,962	126,455	127,942	129,421	130,885	132,335	133,783	135,214	136,617	137,977
HUANCAYO(0.13*)	59,390	60,009	60,600	61,158	61,681	62,167	62,607	63,003	63,367	63,707	64,034	64,350	64,649	64,926	65,180	65,408
HUAYTARA(0.4*)	9,735	9,707	9,680	9,653	9,625	9,595	9,564	9,531	9,498	9,462	9,424	9,385	9,344	9,302	9,257	9,208
TOTAL	352,125	356,347	360,722	365,161	369,583	373,910	378,142	382,321	386,454	390,543	394,798	398,807	402,785	406,711	410,569	414,331

Fuente: INEI. (*) Factor de incidencia territorial.



Mapa 30. Ubicación geográfica del ámbito de influencia de la Cordillera Chonta



Mapa 31. Precipitación y temperatura del ámbito de influencia de la Cordillera Chonta.



Tabla 27. Principales centrales eléctricas en la Cordillera Chonta.

EMPRESA	CENTRAL	POT.INST. (MW)	PROVINCIA	DISTRITO
Consorcio Energético Huancavelica S.A..	C.T. SULZER	2.230	Castrovirreyna	Santa Ana
Electrocentro S.A.	C.H. ACOBAMBA	0.220	Acobamba	Acobamba
	C.H. IZCUCACA	0.050	Huancavelica	Izcuchaca
	C.T. HUANCAMELICA	2.200	Huancavelica	Huancavelica
Electro Sur Medio S.A.	C.H. CASTROVIRREYNA	0.020	Castrovirreyna	Castrovirreyna
	C.H. QUERCO	0.040	Huaytara	Querco
	C.H. STGO DE CHORCOVOS	0.010	Huaytara	Stgo de Chocorvos
	C.H. TANTARA	0.020	Castrovirreyna	Tantara
	C.H. TICRAPO	0.020	Castrovirreyna	Ticrapo
	C.T. CASTROVIRREYNA	0.100	Castrovirreyna	Castrovirreyna
	C.T. CORDOVA	0.067	Huaytara	Córdova
	C.T. HUACHOS	0.100	Castrovirreyna	Huachos
	C.T. HUAYTARA	0.224	Huaytará	Huaytará
	C.T. STGO DE CHORCOVOS	0.087	Huaytará	Stgo de Chocorvos
	C.T. TANTARA	0.140	Castrovirreyna	Tantara
Cia. de Minas Buenaventura S.A.A.	C.H. HUAPA	0.888	Angaraes	Lircay
	C.H. INGENIO	0.760	Huancavelica	Huachocolpa
	C.H. TUCSIPAMPA	1.344	Angaraes	Lircay
	C.T. CORRALPAMPA	0.992	Huancavelica	Huachocolpa
Cia. Minera Castrovirreyna S.A.	C.H. SANTA INES	1.410	Castrovirreyna	Santa Ana
	C.T. SAN GENARO	1.190	Castrovirreyna	Santa Ana
Sociedad Minera El Brocal S.A.	C.H. SACSAMARCA	0.100	Huancavelica	Huancavelica
	C.H. YAULI	0.800	Huancavelica	Yauli

Fuente: (OSINERGMIN, 2018).

trigo, el maíz, las habas, la quinua y el frijol. Huancavelica es uno de los departamentos de mayor producción de trigo y papa. Respecto a la producción ganadera, se tiene el ganado caprino, ovino, alpacas y llamas. La crianza del cuy, rico en proteínas, está muy generalizada en la zona. También se tiene una importante producción pesquera en las piscigranjas (piscifactorías) y en jaulas flotantes instaladas en las provincias de Acobamba y Castrovirreyna del departamento de Huancavelica. Los porcentajes del Producto Interior Bruto (PIB) del departamento de Huancavelica, como referente de la cordillera, son: servicios 49%, agricultura 26%, minería 19%, construcción 6% y manufactura 0.25%.

Una buena parte de las aguas de esta cordillera irrigan los campos del departamento de Ica —en donde se desarrolla el complejo agroindustrial más importante del país— que son derivadas hacia la costa a través del transvase de la laguna de Choclococha. Como se sabe, Ica se extiende

sobre un fértil valle; aunque con escasez de agua es una zona agrícola en crecimiento. Son abundantes los campos de algodón, paltas, espárragos, frijoles, pecanas y viñedos.

En los distritos de Huancayo que son parte de la Cordillera Chonta, se desarrolla una importante actividad ganadera, especialmente de vacunos y ovinos —con razas mejoradas como Holstein y Brown Swiss en vacunos y Merino en ovejas—, además de auquénidos como las alpacas. También se procesan los productos de una pujante industria de derivados lácteos y textiles.

Respecto del uso de la tierra, según los datos del Censo Nacional Agropecuario del año 2012, aproximadamente el 38.4% de la superficie de la cordillera se encuentra en uso directo, en los porcentajes siguientes:

- Superficie con cultivos : 3.50%
- Superficie agrícola sin cultivo y

• va a ser sembrada	: 2.36%
• Superficie agrícola sin cultivo y	
• no va a ser sembrada	: 0.64%
• Superficie agrícola en descanso	: 5.10%
• Pastos naturales manejados	: 3.95%
• Pastos naturales no manejados	: 66.26%
• Montes y bosques	: 3.90%
• Superficie dedicada a otros usos	: 14.29%

De la lectura de estos datos podemos manifestar que el mayor porcentaje de tierras se ubican en los pastos naturales no manejados con el 66.26% que representa una extensión de 590,224 ha, en tanto que la superficie con cultivos diversos solo representa el 3.50%, vale decir 31,209 ha (CENAGRO, 2012). Entre los cultivos principales que son conducidos en los terrenos agrícolas de la Cordillera Chonta tenemos a los altoandinos, algunos frutales y los cultivos agroindustriales.

Las áreas con montes y bosques constituyen un área mayor que la destinada a cultivos, con 3,90%, significando más de 3,000 ha de diferencia a favor de los primeros.

4.2.5.5.4. Turismo y cultura

La ciudad de Huancavelica es la capital de la región y se encuentra a 457 km de Lima. La región es una ciudad rodeada de montañas rocosas con un clima variable. La plaza de armas es conocida como la Villa Rica Oropesa; en ella se encuentra la catedral, la Municipalidad, la capilla de la Virgen de los Dolores y en el centro se encuentra una pileta de piedra con dos fuentes de agua.

Los principales lugares turísticos son: las aguas termales de San Cristobal en Izcuchaca. San Cristóbal es un lugar ubicado a diez minutos de la ciudad de Huancavelica. Por otra parte, en Izcuchaca se encuentra uno de los pocos puentes de cal y canto sobre el río Mantaro. También se tiene el bosque de piedras de Sachapite, que se encuentra a 20 km de la ciudad de Huancavelica hacia Acobamba, que presenta una gran variedad de formaciones pétreas, que semejan imágenes y formas diversas. Fotografía 62.



Fotografía 62. Bosque de piedras de Sachapite.
Fente: Ministerio de Cultura.

Una de las atracciones más importantes de Huancavelica es el complejo de Huaytará, construcción inca que fue usada para edificar la iglesia de San Juan de Huaytará en la época colonial. En el complejo destaca el Palacio del Inca junto a la iglesia y los Baños del Inca con un sistema de andenerías y aguas termales. Fotografía 63.



Fotografía 63. Complejo arqueológico de Huaytará. Foto: Agencia Turismo Viajes Perú.

El complejo arqueológico Uchkus Inkañam se encuentra situado en la comunidad campesina de Uchkus Alto en el distrito de Yauli, a unos 25 km de la ciudad de Huancavelica; se trata de un importante centro de experimentación agrícola y de observación astronómica Inca.

El complejo Incahuasi, o Casa del Inca, presenta un centro ceremonial religioso donde sobresalen el reloj solar o intihuatana, las calles, ventanas tridimensionales, plazas y el palacio de las dos ventanas, similar en algunos aspectos al que se encuentra en Machu Picchu (Zizek, 2017).

La laguna Choclococha es considerada una de las más grandes de la región. Es una reserva natural de agua de buena calidad y en sus orillas podemos avistar alpacas, vicuñas, llamas y una gran variedad de aves. Es un lugar especial para pasear en bote, observar la biodiversidad del medio ambiente y pescar truchas. También se tiene al nevado de Chonta a 5,085 m s.n.m. y a tres kilómetros se encuentra la laguna de Pultocc (distrito de Santa Ana) de aguas frías con abundante trucha arco iris. También existen lugares donde abunda la Puya Raimondi.

4.2.5.6. Inventario de la superficie glaciar

4.2.5.6.1. Antecedentes

Entre 1970 y 1989, se realizó el primer inventario de las dieciocho cordilleras glaciares del Perú usando fotografías aéreas del proyecto N° AF-60-17 de 1962-1963, 62336-002 (44) de 1955, y algunas fotografías verticales en infrarrojo tomadas por la NASA en 1970, donde se determinó un área de la superficie glaciar de

17.85 km² y 95 glaciares para la Cordillera Chonta (Hidrandina S.A., 1989).

Debido al visible retroceso de los glaciares en las cordilleras peruanas, en 1997 se llevó a cabo un nuevo inventario parcial en cuencas seleccionadas en las cordilleras Blanca, Raura, Central, Huaytapallana, Huagoruncho. El material básico de trabajo fueron las imágenes del satélite LANDSAT tomadas en el período 1995-1997, obteniendo un área de cobertura glaciar de 9.35 km² para la Cordillera Chonta (CONAM, 2001).

Entre los años 2003 al 2014, se efectuó el tercer inventario de glaciares y lagunas de las cordilleras nevadas del Perú realizado por la UGRH, en base a procesamiento de imágenes satelitales SPOT, ASTER, LANDSAT y LISS III, de diecinueve cordilleras del Perú (se incluyó a la Cordillera Volcánica que en la actualidad es considerada extinta, aunque con acumulación estacional de nieve). Se obtuvo un área de cobertura glaciar de 1.4 km² y 29 glaciares para la Cordillera Chonta (ANA, 2014).

En el año 2016, el INAIGEM desarrolló el cuarto inventario de las coberturas glaciares de las dieciocho cordilleras glaciares del Perú, registrando un área de cobertura glaciar de 0.39 km² para la Cordillera Chonta.

4.2.5.6.2. Descripción de los glaciares

Los glaciares en esta cordillera se encuentran en proceso de extinción. En la actualidad se tiene dos agrupaciones de masa glaciar distanciadas en 5 km de longitud, la primera conformada por el glaciar Conaypunco y el otro grupo conformado por los glaciares Condoray. Los

glaciares de esta cordillera se encuentran ubicados en la cadena de montaña de los andes occidentales.

Dentro de la cordillera encontramos glaciares de tipo montaña, los cuales se encuentran adheridos a los flancos de las laderas. Los frentes de estos glaciares se encuentran tan retraídos que no es fácil distinguir claramente la lengua glaciar. Estos glaciares están en proceso de extinción, las zonas de ablación y acumulación en su mayoría no están bien definidas.

Los únicos glaciares existentes en esta cordillera son: Conaypunco, Condoray, Condoray 2, Condoray 3 y Condoray 4, los cuales vierten sus aguas a la cuenca del Mantaro. La superficie del glaciar Condoray presenta la mayor extensión y probablemente sea la última en extinguirse. Fotografía 64.

Las masas glaciares se distribuyen desde los 5,029 hasta los 5,255 m s.n.m., en donde el punto más alto está ubicado en los glaciares Condoray. Sobre este ámbito no hay presencia de superficie glaciar cubierta por detritos o escombros (glaciares cubiertos), presentando superficie libre de detritos o escombros en todos los glaciares. El área total de los glaciares es de 0.39 km². Fotografía 65.

4.2.5.6.3. Monitoreo de glaciares

No se registran estudios glaciológicos al ser una cordillera catalogada en proceso de extinción. La implementación para un posible monitoreo glaciológico a largo plazo en uno de sus glaciares es casi nula. Sin embargo, se podrían realizar otros estudios a corto plazo para hacer el seguimiento de la extinción de estas masas glaciares. No



Fotografía 64. Glaciares Condoray en la Cordillera Chonta



Fotografía 65. Glaciares del tipo montaña, el Condoray con superficie reducida en la Cordillera catalogada en proceso de extinción. Al pie se muestra la laguna Acchicocha.

se tiene registro de la concentración de carbono negro en la Cordillera Chonta, debido a su escasa extensión glaciaria que no presenta un área factible para realizar el muestreo de carbono negro.

4.2.5.6.4. Lagunas de origen glaciario

Sobre esta cordillera es evidente que los efectos del cambio climático están provocando la acelerada fusión de masa glaciaria y que en muchos casos esta fusión incrementa o genera volúmenes de agua denominadas lagunas de origen glaciario.

Se resalta la presencia de lagunas que por su magnitud y belleza son recursos hídricos de gran importancia para las comunidades que habitan la región. Choclococha es la laguna de mayor extensión, con una superficie de más 16 km² y cuyas aguas drenan hacia la cuenca del río Pampas. Dentro de esta misma unidad hidrográfica se tienen a las lagunas de Orcococha y Caracocha. Otras lagunas son Huarmicocha, Coyllucocha, Acchicocha y Chuncho, las cuales drenan sus aguas hacia la cuenca del río Mantaro, todas ellas aportantes de la vertiente del Atlántico. Fotografía 66.



Fotografía 66. Vista de la laguna Acchicocha y Canllacocha cuyas aguas drenan a la cuenca del Mantaro, ubicadas al pie del glaciar Condoray.

En la vertiente del Pacífico resaltan las lagunas Huichinga y Turpo, ubicadas en la cuenca del río San Juan, y las lagunas Agnocochoa, San Francisco, Pacocochoa y Pocchalla, ubicadas dentro de la cuenca del río Pisco.

4.2.5.6.5. Riesgos de origen glaciar

No se tiene documentado algún incidente de riesgo asociado a glaciares o lagunas de origen glaciar. En la actualidad la masa glaciar se encuentra tan reducida, además de estar considerada en proceso de extinción, que los glaciares no presentan peligro.

4.2.5.6.6. Resultados del inventario

La Cordillera Chonta cubre una superficie glaciar total de 0.39 km² al 2016. Dentro de este ámbito no se encontró superficies cubiertas por detritos o escombros. Tabla 28.

Tabla 28. Superficie glaciar al 2016 - Cordillera Chonta.

Unidad	Superficie Glaciar
	Libre de detritos o escombros
Km ²	0.39
%	100.00

En el análisis de cambio de superficie, se determinó que en 54 años (1962-2016) el área glaciar disminuyó en 17.46 km². Gráfico 34 y Figura 19.

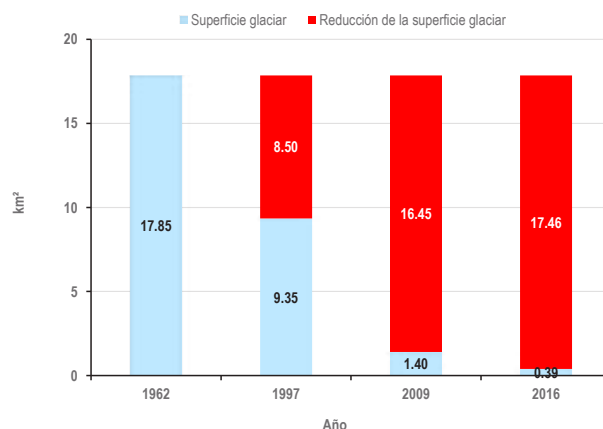


Gráfico 34. Reducción del área glaciar por periodos (1962-2016) - Cordillera Chonta.

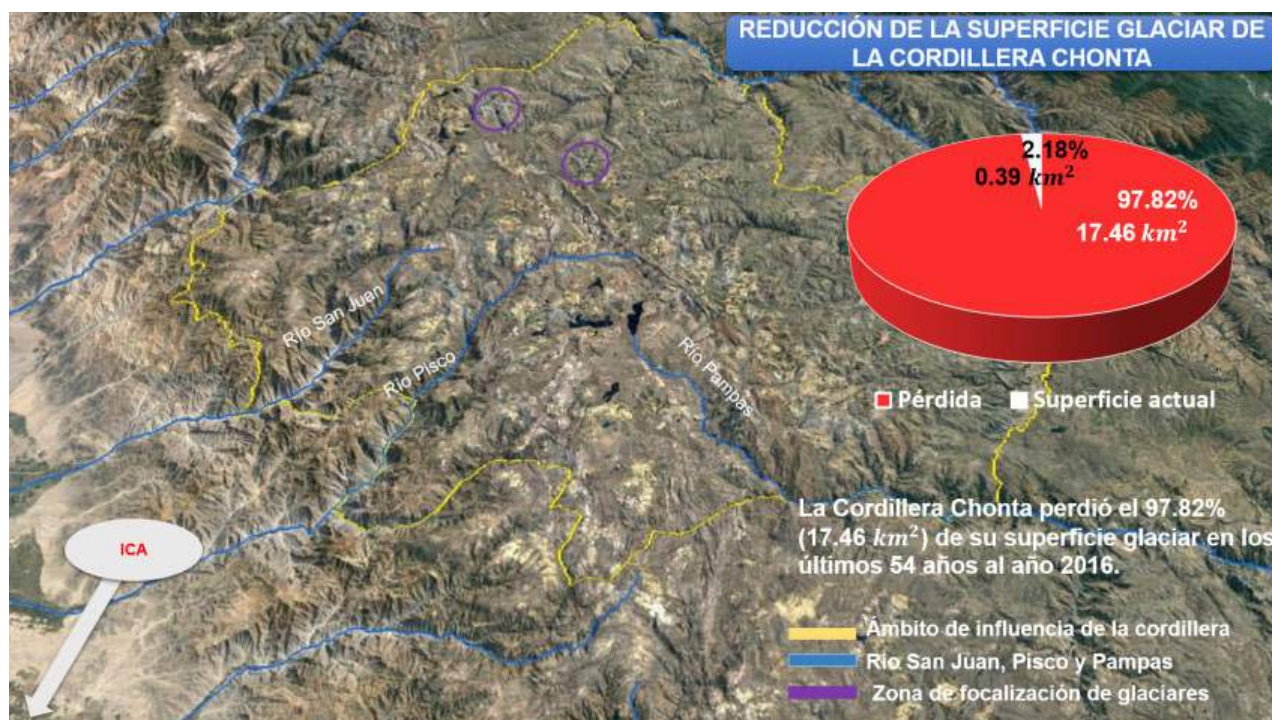


Figura 19. Reducción de la superficie glaciar en la Cordillera Chonta.

4.2.5.6.7. Tendencia estimada de la reducción de la superficie glaciar

Considerando los resultados de los inventarios de 1989 (publicado por Hidrandina S.A. & y reanalizado por INAIGEM al 2016), de 2001 (CONAM), de 2014 (ANA-UGRH) y del 2017 (INAIGEM), se obtiene

una tasa de retroceso de 0.30 km²/año. De acuerdo con estos datos se estima que los glaciares de la Cordillera Chonta desaparecerían en el año 2023. Sin embargo, es importante mencionar que este valor es una estimación estadística lineal, sujeta a las variaciones y tendencias climáticas futuras a nivel global. Gráfico 35.

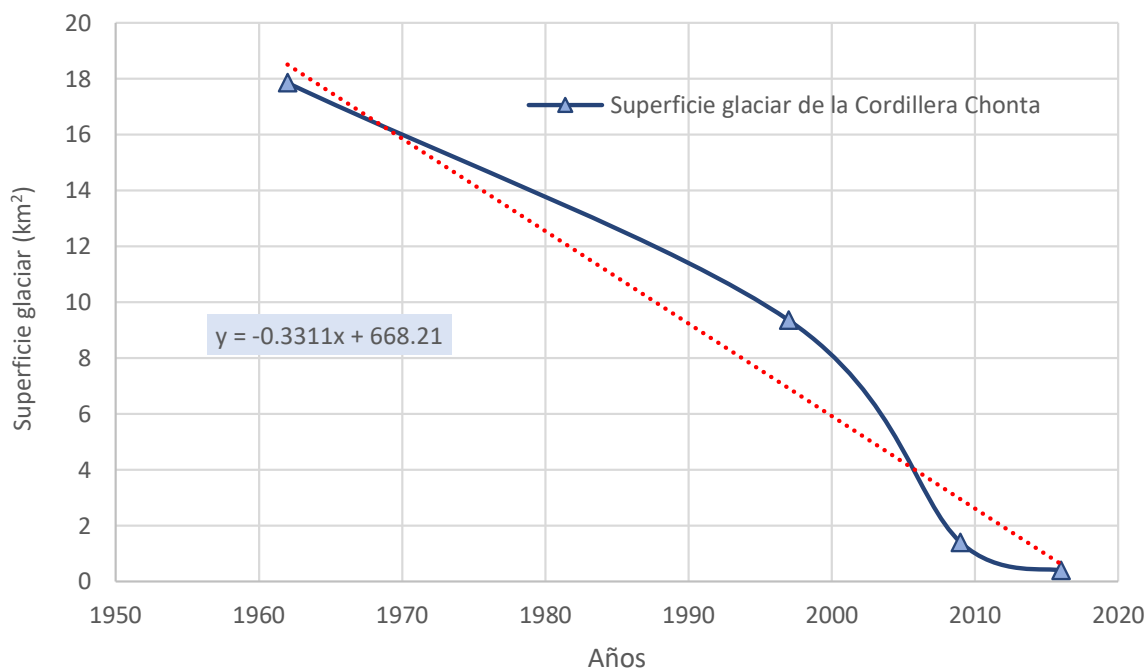


Gráfico 35. Tendencia estimada de la reducción de la superficie glaciar de la Cordillera Chonta.

Resumen

- El análisis de cambio de superficie en la Cordillera Chonta muestra que el área glaciar ha disminuido de 17.85 km² a 0.39 km² con una pérdida de 17.46 km² equivalente al 97.82%. Sin embargo, esta tendencia se ha agudizado en los últimos años.
- La Cordillera Chonta cubre una superficie glaciar total de 0.39 km² al 2016; dentro de este ámbito no se encontraron superficies cubiertas por detritos o escombros.
- Con los datos del inventario glaciar en la Cordillera Chonta, se tiene una tasa de reducción de 0.30 km²/año. Con esta tasa los glaciares de la cordillera desaparecerán en el 2023 de continuar la tendencia actual.
- Los recursos hídricos almacenados en la Cordillera Chonta hacen posible el desarrollo de importantes complejos agroindustriales de exportación en el valle del río Ica.
- La población calculada existente para el área de influencia de la cordillera es de 414,331 habitantes distribuidos en las provincias de Acobamba, Angaraes, Cangallo, Castrovirreyna, Chinchá, Huamanga, Huancavelica, Huancayo y Huaytará. La densidad poblacional estimada es de 27 habitantes por km². La tasa de crecimiento poblacional anual promedio de 1.09%.

4.3. CORDILLERAS GLACIARES DEL SUR DEL PERÚ

4.3.1. CORDILLERA AMPATO

La Cordillera Ampato forma parte de las cordilleras ubicadas en la zona sur del país, colinda con las cordilleras Huanzo y Chila. El ámbito de influencia de la cordillera tiene un área de 12,687 km² y una longitud aproximada de 270 km. Sus límites geográficos están comprendidos entre los paralelos 16°16'36.85" y 14°47'28.28" de latitud sur y entre los meridianos 73°53'57.21" y 71°13'46.68" de longitud oeste.

Políticamente, el ámbito se extiende sobre los territorios de los departamentos de Ayacucho, en las provincias de Paríacochas, Paucar del Sara Sara, y Arequipa, en las provincias de Condesuyos, Castilla, Caylloma, Caravelí y la Unión. Mapa 33.

4.3.1.1. Acceso

Para acceder a la Cordillera Ampato, existen varias posibilidades: desde la ciudad de Arequipa hasta Chivay, Cabanaconde y Huambo; de Huambo parte una ruta hacia las cumbres Ampato, Sabancaya y Chuwaña. Otra ruta es de Chivay hasta Llanque y de ahí parte una trocha carrozable hacia el Mismi. Para acceder a la cara oeste del Coropuna, se va desde la ciudad de Arequipa por carretera asfaltada, con dirección a Aplao, luego a Chuquibamba y Cotahuasi por trocha carrozable, haciendo un recorrido aproximado de ocho horas, luego se continua a pie hasta el Coropuna.

4.3.1.2. Aspectos físicos

4.3.1.2.1. Hidrografía y climatología

El ámbito de la Cordillera Ampato se sitúa en su totalidad en la región hidrográfica del Pacífico. Las cuencas en el ámbito de la Cordillera son Ocoña, Camaná y Quilca-Vítor-Chili.

La cuenca Ocoña cuenta con los ríos Ocoña y Blanco, además del río Churunga que viene del Coropuna. La cuenca Camaná, tiene como río principal al Colca, que junto a los ríos Chunchayo, Grande, Tapaza y Capiza confluyen en el río Majes.

En la cuenca Quilca-Vítor-Chili están los ríos Aycata y Ananta, que al unirse dan inicio al río Acomayo. Además, tenemos a los ríos Uhuaya, Saraj, Huasamayo y Lluta que juntos dan inicio al río Sihuas, hasta su confluencia con el río Vítor y su posterior desembocadura en el océano Pacífico.

Las precipitaciones se concentran al noreste de la cordillera de donde provienen los flujos trayendo

consigo masas de aire con humedad. Se tiene una media anual de alrededor de los 500 mm. Estas lluvias se dan principalmente en la estación de verano y son del tipo orográficas. Mapa 34.

De acuerdo con la clasificación climática de Thornthwaite (SENAMHI, 1988), sobre la cordillera predomina un clima semifrío, lluvioso, con precipitaciones deficientes en otoño e invierno. Según los datos grillados del proyecto PISCO, la temperatura media anual es entre los 18 °C y 20 °C para zonas ubicadas alrededor de los 2,000 a 2,500 m s.n.m. Para las zonas ubicadas por encima de los 4,500 m s.n.m. se tiene una temperatura media anual de alrededor de 6 °C (Lavado, et al., 2016).

4.3.1.2.2. Geología y geomorfología

En el área de influencia del cono volcánico del nevado Ampato, afloran rocas sedimentarias jurásicas conformadas por calizas bien estratificadas, con abundante contenido. Sobreyaciendo existe una secuencia volcánico-sedimentaria, constituida por conglomerados subredondeados y tobas de bloques intercaladas con aglomerados; superpuestos por la secuencia volcánico-sedimentaria constituida por flujos de andesitas y dacitas porfíricas (INGEMMET, 2003).

En el área del nevado Sara Sara, afloran rocas volcánicas como flujos andesíticos porfíricos y domos de lavas traquidacitas con pórfidos de grano grueso, grandes cristales de feldespatos y tobas bien estratificadas subhorizontales.

En el área del nevado Solimana, afloran rocas sedimentarias compuesta por areniscas cuarcíferas intercalados con lutitas; areniscas rojas, a veces con yeso y caliza. Sobreyaciendo existe una secuencia volcánico-sedimentaria compuesta por tobas y tapizadas por secuencias volcánico-sedimentarias.

En el área del nevado Coropuna, afloran rocas metamórficas precámbricas compuestas por gneis principalmente. Sobreyaciendo, tenemos rocas sedimentarias constituidas por la intercalación de lutitas, calizas y areniscas, areniscas cuarcíferas intercalados con lutitas, estratos de calizas fosilíferas y tapizadas por secuencias volcánico sedimentarias.

En el área del nevado Sabancaya, afloran rocas de la secuencia volcánico-sedimentaria como tobas soldadas con textura fluidal y flujos dacíticos a traquiandesíticos.

En el área del nevado Hualca Hualca, afloran rocas volcánico-sedimentarias cenozoicas compuestas por brechas, aglomerados, lavas andesíticas y tobas líticas

de composición riolítica. Estas fueron tapizadas por la secuencia volcánica-sedimentaria constituida por flujos de traquiandesitas y andesitas, intercaladas con tobas.

Se caracteriza por tener una morfología montañosa en donde los nevados volcánicos son los más representativos. Su morfogénesis está directamente asociada a conos volcánicos que tuvieron una gran dinámica en el pasado (por ejemplo, el volcán Sabancaya).

La glaciación del cuaternario ha modelado íntegramente el territorio peruano, cuyas evidencias se observan principalmente en las zonas cercanas a las cumbres más altas. Sin embargo, este proceso fue realizado sobre un paisaje volcánico regional cuyos testigos se conservan hasta la actualidad como son los conos volcánicos activos con cubierta glaciar. Finalmente, la escorrentía superficial, actúa fuertemente en la nueva configuración del paisaje, generando zonas inestables por movimientos en masa que podrían afectar zonas muy focalizadas.

4.3.1.3. Ecosistemas de montaña

En la Cordillera Ampato se presentan cinco hábitats que cumplen funciones ecosistémicas importantes dentro de sus áreas de influencia. Estos ecosistemas son: bofedales, bosque relicto altoandino, cardonal, matorral arbustivo y pajonal andino. Los servicios que brindan estos ecosistemas están orientados a la regulación hídrica, mantenimiento de la biodiversidad, secuestro de carbono, belleza paisajística y formación de suelos, entre otros (MINAM, 2017). El pajonal andino ocupa el 35% del territorio y el porcentaje restante lo ocupan los otros ecosistemas, donde resaltan las áreas de matorral arbustivo con el 28%.

Las formaciones vegetales conformadas por matorrales y bosques remanentes se encuentran relegados a zonas inaccesibles de pendiente pronunciada, habiendo sido remplazados por plantaciones forestales exóticas, principalmente el eucalipto. Por ende, la gestión de estas zonas debe ser encaminada para su restauración paisajística ecológica, enfocada a la recuperación de suelos y reforestación con árboles nativos. La subregión de la subpuna se extiende entre los 3,270 y 3,740 m

s.n.m. se caracteriza por presentar un clima templado-frío y con lluvias fuertes en la época lluviosa. Esto ocurre en realidad en toda la zona ecotonal o de transición entre la puna y los valles interandinos peruanos. La vegetación es predominantemente arbustiva con asociaciones de bosques de chacacomo (*Escallonia resinosa*), matorrales de chilca (*Baccharis latifolia*) y matorrales espinosos de roque (*Colletia spinosissima*) y llaulli (*Barnadesia horrida*). Mapa 35.

4.3.1.4. Aspectos socio económicos culturales

4.3.1.4.1. Población

La población estimada para el área de influencia para la cordillera se ha incrementado en 8,202 habitantes desde el año 2000 hasta el año 2015 (INEI, 2018). La tendencia general es de un incremento poblacional, sin embargo, decrece en algunas provincias tales como Castilla, Condesuyos y La Unión. Esto evidencia procesos migratorios hacia las ciudades tanto de la sierra como de la costa.

La densidad poblacional estimada para la cordillera es de 5 habitantes por km². Se ha calculado una tasa promedio de crecimiento poblacional anual de 0.976%. Tabla 29.

4.3.1.4.2. Energía y minería

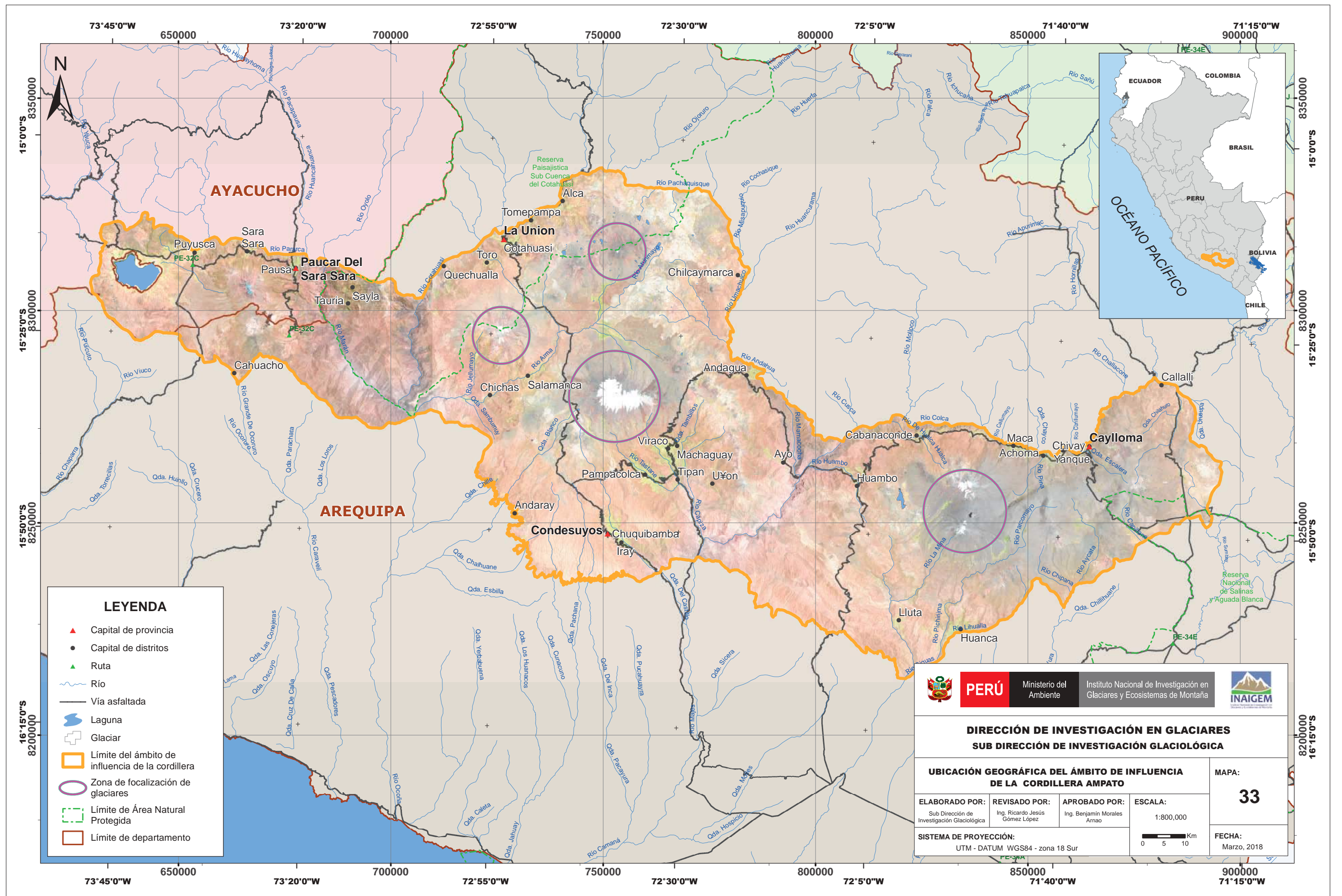
La energía eléctrica en Arequipa está a cargo de la Empresa de Generación Eléctrica de Arequipa S.A. (EGASA), que es la principal generadora de energía de la región sur. En Ayacucho, Electro Dunas S.A.A. es la empresa de distribución y comercialización de energía eléctrica de la región Sur-Medio del Perú.

A la fecha, el principal proyecto de inversión minera en el ámbito de la cordillera es La Inmaculada (Parinacochas). Este proyecto es parte de la cartera de proyectos del Ministerio de Energía y Minas para la región Ayacucho, y contempló una inversión de unos US\$ 427 millones hasta el año 2016. Estima una producción anual promedio de 124 mil onzas de oro y 4.2 millones de onzas de plata (OSINERGMIN, 2018).

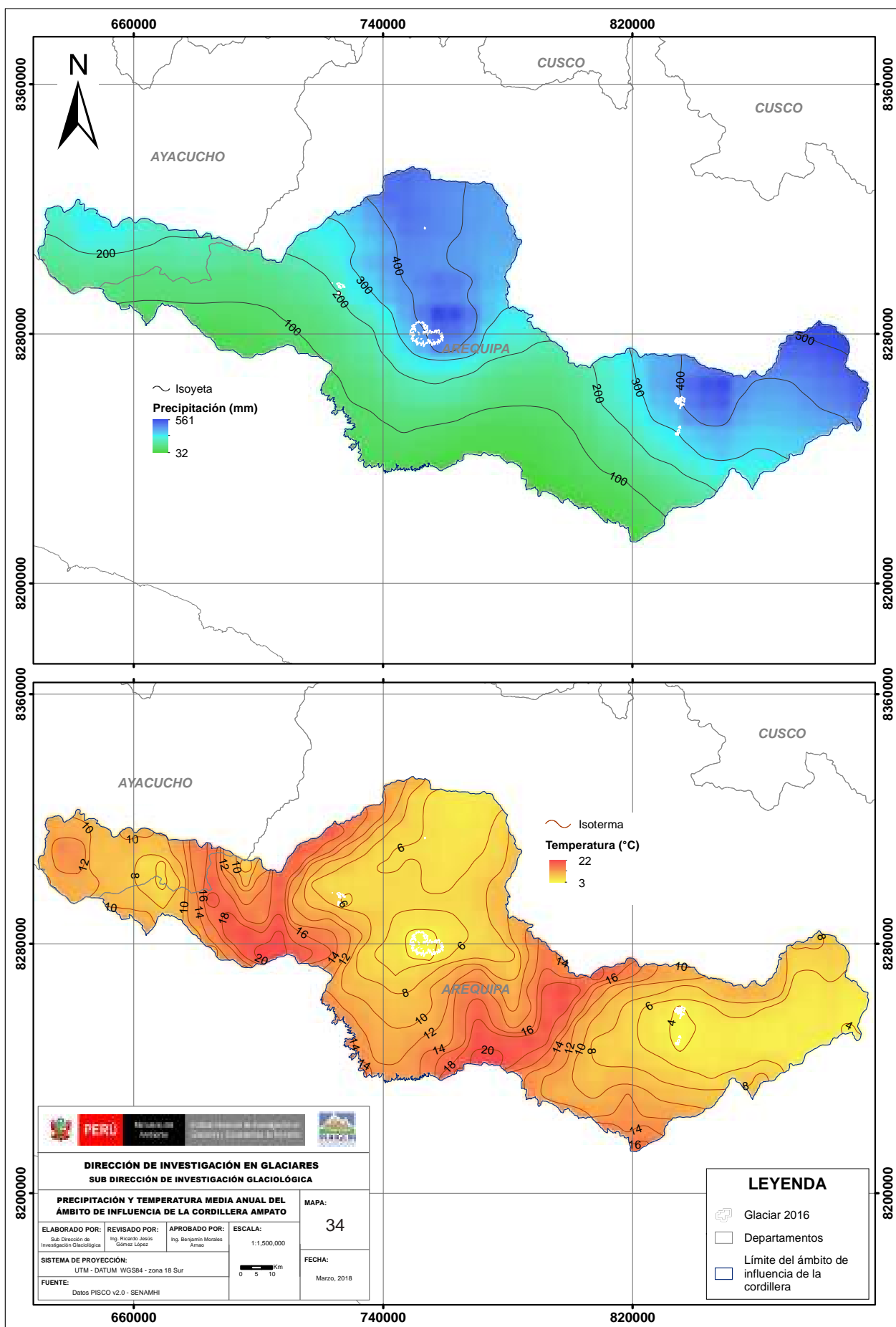
Tabla 29. Población de las Provincias de la Cordillera Ampato

Años	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
CARAVELI(0.04*)	1,330	1,352	1,374	1,394	1,415	1,435	1,455	1,474	1,493	1,512	1,532	1,552	1,573	1,594	1,615	1,636
CASTILLA(0.3*)	11,968	11,980	11,979	11,968	11,951	11,931	11,904	11,871	11,833	11,795	11,760	11,728	11,697	11,666	11,635	11,601
CAYLLOMA(0.3*)	18,266	18,864	19,463	20,063	20,671	21,290	21,917	22,547	23,188	23,846	24,527	25,234	25,963	26,713	27,481	28,266
CONDESUYOS(0.48*)	10,090	10,011	9,923	9,828	9,729	9,629	9,526	9,418	9,309	9,201	9,096	8,997	8,899	8,803	8,708	8,613
LA UNION(0.34*)	5,937	5,885	5,827	5,765	5,700	5,634	5,567	5,496	5,426	5,355	5,287	5,221	5,156	5,092	5,028	4,965
PARINACOCAS(0.11*)	2,959	3,000	3,047	3,097	3,148	3,197	3,245	3,292	3,339	3,385	3,431	3,477	3,523	3,568	3,612	3,657
PAUCAR DEL SARA SARA(0.16*)	1,744	1,745	1,748	1,753	1,758	1,761	1,763	1,765	1,766	1,766	1,766	1,765	1,764	1,763	1,761	1,758
TOTAL	52,294	52,836	53,360	53,869	54,373	54,878	55,376	55,863	56,352	56,860	57,398	57,974	58,574	59,198	59,839	60,495

Fuente: INEI. (*) Factor de incidencia territorial.



Mapa 33. Ubicación geográfica del ámbito de influencia de la Cordillera Ampato



Mapa 34. Precipitación y temperatura del ámbito de influencia de la Cordillera Ampato.



La compañía minera Ares S.A.C., propiedad del grupo Hochschild, opera en la región con la mina Pallancata (Parinacochas) desde el 2007. La producción promedio es de 8 millones de onzas de plata y 25 mil onzas de oro. A la fecha, la región cuenta con valiosas reservas de oro y plata, así como de otros minerales industriales como zinc, plomo y cobre (MEM, 2018).

En las provincias de Arequipa, que son atravesadas por esta cordillera, se extrae cobre y oro. El proyecto de oro y plata en Tambomayo, de la compañía Minas Buenaventura S.A.A., se ubica en el distrito de Tapay, provincia de Caylloma. Destaca también la mina Arcata a 4,600 m s.n.m.

La disponibilidad de infraestructura y el desarrollo de la actividad minera de la región sur del país han tenido un impacto sobre los servicios de transporte terrestre, tanto de personas como de carga, generando los corredores: a) Chivay - Sibayo - Caylloma - Tomepampa - Caravelí, que conecta las provincias de Caravelí, La Unión, Condesuyos, Castilla y Caylloma; b) Corredor Desvío Aplao - Cotahuasi - Pausa, que conectarán las provincias de Caylloma, Camaná, Castilla, Condesuyos y La Unión; y c) Corredor Acoy - Huambo - Desvío Vizcachane, que conecta las provincias de Arequipa, Caylloma y Castilla.

4.3.1.4.3. Agricultura y ganadería

La población que se encuentra en el ámbito de la cordillera mayoritariamente dedicada a labores agropecuarias, tanto de cultivos tradicionales destinados al mercado doméstico, como de cultivos cuyo potencial ha sido redescubierto y —por su valor nutricional y calidad— son demandados en los mercados internacionales. La diversidad geográfica permite la existencia de cultivos de climas tropicales, así como de papa, quinua, olluco, haba, cebada, maíz, trigo y alfalfa en las zonas altoandinas. Entre los productos que han tenido un mayor crecimiento destaca la quinua que —si bien se cultiva desde tiempos prehispánicos— en los diez últimos años ha mostrado un elevado dinamismo, quintuplicando su producción y estableciendo que Ayacucho se constituya en el segundo productor a nivel nacional. Otro cultivo de importancia por su potencialidad en la generación de cadenas de valor es la tara; Ayacucho es el segundo productor de este cultivo después de Cajamarca.

Ayacucho es también una zona ganadera. Destaca la vicuña cuya lana es considerada como la más fina del mundo, lo que se traduce en un alto valor de venta en los mercados internacionales. En la región también es intensiva la crianza de cuyes, que posteriormente son vendidos en los restaurantes de la región.

En Arequipa, dentro de la producción agrícola destaca la kiwicha, producto orgánico que proviene de la provincia de La Unión. Los rendimientos obtenidos en la región

superan el promedio nacional. Además, la industria de lácteos es muy importante; con la presencia de empresas como Laive y Gloria.

La actividad alpaquera, crianza y obtención de fibra de alpaca constituye una actividad básica en las zonas altoandinas en donde residen productores y comunidades de bajos ingresos y vulnerables a los cambios en las condiciones climatológicas. Es destacable que en Arequipa se encuentran los dos grupos más importantes que procesan la fibra de alpaca: Michell & Cía. S.A. e Inca Tops S.A.A. Además de Sol Alpaca que se encarga de la comercialización (BCRP, 2016).

Respecto al uso de la tierra según los datos del Censo Nacional Agropecuario del año 2012, aproximadamente el 20% de la superficie de la cordillera se encuentra en uso directo, en los porcentajes siguientes:

• Superficie con cultivos	: 3.14%
• Superficie agrícola sin cultivo y va a ser sembrada	: 0.53%
• Superficie agrícola sin cultivo y no va a ser sembrada	: 0.47%
• Superficie agrícola en descanso	: 0.33%
• Pastos naturales manejados	: 6.68%
• Pastos naturales no manejados	: 78.23%
• Montes y bosques	: 2.37%
• Superficie dedicada a otros usos	: 8.26%

Los pastos naturales no manejados constituyen la mayor área con 438,493 ha, luego viene la superficie de pastos naturales manejados con 37,447 ha, y por último, tenemos a la superficie destinada a cultivos diversos con 17,597 ha.

Podemos concluir que el mayor porcentaje de tierras está representado por los pastos naturales no manejados, con el 73.45% y una extensión de 153,005 ha, mientras que la superficie dedicada a cultivos solo representa el 3.66% con una extensión de 7,621 ha. También como dato importante podemos mencionar la existencia de una considerable área de pastos naturales manejados con 7.61%, significando 15,851 ha, siendo la provincia de Caylloma donde existen mayores extensiones dedicadas a esta variable (CENAGRO, 2012).

La superficie destinada a montes y bosques alcanza a 13,262 ha.

4.3.1.4.4. Turismo y cultura

Entre los atractivos turísticos en Ayacucho podemos mencionar:

- El nevado de Sara Sara (apu de la región), puede ser escalado en un día (entre ida y vuelta). Se encuentra comprendiendo los territorios del distrito de Pausa y

la comunidad de Toncio. Desde el distrito de Chumpi se le aprecia en su forma cónica escalonada y una altura de 5,595 m s.n.m. Desde su cima se puede apreciar la belleza de las provincias de Parinacochas y Paucar del Sara Sara.

- La laguna de Parinacochas, situada en el extremo sur del departamento de Ayacucho, a 3,200 m s.n.m. con una extensión de 5,800 ha. Está considerada como un importante humedal alto andino. Se encuentra al pie del volcán Sarasara. Sus aguas son salobres y poco profundas. Este lago debe su nombre a las parihuanas o parinas (*Phoenicoparrus andinus*), que viven allí en enormes bandadas y anidan en las aguas poco profundas que albergan fauna y flora diversa (Parinacochas en quechua significa “lago de las parinas”).
- Baños termales de Mirmaca, conocido además como Estera Mirmaca. Este se encuentra en el distrito de Sara Sara. Sus aguas contienen minerales como silicatos y sal.

En Arequipa:

- El nevado Coropuna es uno de los atractivos naturales que se encuentra localizado dentro del distrito de Salamanca, ubicado en la provincia de Condesuyos, dentro del departamento de Arequipa. El Coropuna, con sus 6,425 m s.n.m., es considerado el tercer nevado con mayor altura dentro del país. Este nevado es considerado por los pobladores como un importante apu, por lo tanto, una deidad andina protectora de la comunidad. Además de ser un nevado es un volcán con cinco cumbres. También es un atractivo circuito para aquellos que tienen atracción por el montañismo. Integra también este circuito la cordillera volcánica de Arequipa (Turismo, 2017).
- El volcán nevado Hualca Hualca a 6,280 m s.n.m., se encuentra al costado del Ampato y el Sabancaya, y es el apu de los Cabanas. Es uno de los nevados a los que se realizan ascensos y caminatas.

El hallazgo arqueológico más conocido de la Cordillera Ampato es la “Momia Juanita”, encontrada en 1995 encima del nevado Ampato por el arqueólogo Johan Reinhard y el andinista Miguel Zárate. Es un cuerpo humano congelado perteneciente a la cultura Inca. Se cree que fue parte de una ceremonia de *Capac Cocha*, un tipo de ofrenda humana frecuente en el Imperio inca y posiblemente murió durante el reinado del Sapa Inca Pachacutec Inca Yupanqui (Mora, 2014). “Juanita” no pasó por el proceso de momificación artificial, en el cuál le son extraídas las vísceras y otras partes internas para luego embalsamar el cuerpo a fin de preservarlo. El cuerpo de “Juanita” conserva todos sus órganos intactos

debido al congelamiento glaciario (momificación natural) en la montaña Ampato donde fue depositada como ofrenda (Zárate, 1995). Aproximadamente, tenía una estatura de 1.58 m, había sido esbelta y bella, no había sufrido de ninguna enfermedad, tenía una dentadura perfecta y huesos fuertes, había gozado de buena alimentación con una dieta equilibrada, había ayunado un día antes del sacrificio, tenía una fisura de 5 cm en el cráneo y una hemorragia interna que terminó con su corta existencia. Habría muerto de un certero golpe en la cabeza, producido probablemente con una macana cuando estaba arrodillada. Fue una ofrenda entregada a los dioses del nevado Ampato. Fotografía 67.



Fotografía 67. La “Momia Juanita”. Fuente: Iván Reyna.

Otro nexo importante de información arqueológica es el nevado Coropuna, uno de los volcanes más voluminosos y más elevados (6,377 m s.n.m.). Un reciente proyecto arqueológico “Apu Coropuna” planea trabajar en los sitios arqueológicos Antinpampa, Choquemarca (3,100 m s.n.m.) y Maucallacta-Pampacolca (3,750 m s.n.m.). Los yacimientos se emplazan en el valle alto de Majes, frente al nevado Coropuna y presentan una ocupación extensa que va desde el Horizonte Temprano (1200 a. C.-200 a. C.) hasta el Horizonte Tardío (1470 - 1532 d. C.).

Según el Portal del Estado peruano, el distrito de Viraco se encuentra en la provincia de Castilla en el departamento de Arequipa. Mientras que el pueblo de Viraco se halla situado a las faldas del nevado Coropuna a 3,215 m s.n.m., siendo este uno de los pueblos más antiguos del Perú, su ocupación humana se remonta a la época inca y pre inca. Antiguamente, estuvo poblado por los chilpacas, achamascas y cobaybas. El Inca Garcilaso de la Vega en sus Comentarios Reales, describe que, durante el Tahuantinsuyo, este pueblo perteneció a la provincia de Aruni (Contisuyo). Además, menciona de la existencia del Oráculo la Coropuna, que hace alusión al nevado ubicado frente al pueblo (Abarca Fernández, 1980).

La fiesta principal del pueblo es la fiesta patronal de Santa Úrsula, “La Santa del Sombrero”, que se celebra del 16

al 23 de octubre (INEI, 2011). En el día de despacho se destacan las corridas de toros, una tradición que viene desde muchas décadas atrás. Fotografía 68.



*Fotografía 68. Plaza de Armas de Viraco, monumento al toro bravo, la catedral y al fondo el nevado Coropuna
Fuente: Blog Toros en Perú.*

4.3.1.5. Inventario de la superficie glaciar

4.3.1.5.1. Antecedentes

Entre 1970 y 1989, se realizó el primer inventario de las dieciocho cordilleras glaciares del Perú, usando fotografías aéreas del proyecto N° AF-60-17 de 1962-1963 y 62336 - 002 (44) de 1955, donde se determinó un área de la cobertura glaciar de 146.73 km² y 93 glaciares para la Cordillera Ampato (HIDRANDINA S.A., 1989).

En 1997, se llevó a cabo un nuevo inventario parcial en cuencas seleccionadas en las cordilleras Blanca, Raura, Central, Huaytapallana, Huagoruncho y Vilcanota. En

base al inventario parcial se realizó una proyección a nivel nacional con respecto a las demás cordilleras. El material básico de trabajo fueron las imágenes del satélite LANDSAT tomadas en el período 1995-1997, obteniendo un área de cobertura glaciar de 99.8 km² para la Cordillera Ampato (CONAM, 2001).

Entre los años 2003 al 2014, se efectuó el tercer inventario de glaciares y lagunas realizado por la Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos (UGRH), en base al procesamiento imágenes satelitales SPOT, ASTER, LANDSAT y LISS III de diecinueve cordilleras del Perú (se incluyó a la Cordillera Volcánica que en la actualidad es considerada extinta, aunque con acumulación estacional de nieve). Se obtuvo un área de cobertura glaciar de 60.96 km² y 65 glaciares para la Cordillera Ampato (ANA, 2014).

En el año 2016, el INAIGEM desarrolló el cuarto inventario de las coberturas glaciares de las dieciocho cordilleras glaciares del Perú, registrando un área de cobertura glaciar de 50.05 km² para la cordillera.

4.3.1.5.2. Descripción de los glaciares

Los glaciares de la Cordillera Ampato se distribuyen a lo largo de 121 km y forman parte de la Zona Volcánica Central (ZVC). Las cumbres con área glaciar están distribuidas entre 5,170 m s.n.m. y 6,347 m s.n.m., destacando el nevado Coropuna (15° 24' -15°51'S; 71°51' -73°00'O) con 6,377 m s.n.m., siendo este el pico más alto de esta cordillera, el volcán más alto del Perú y de las cordilleras tropicales del mundo (Racoviteanu, Manley, Anaud, & Williams, 2007). Dentro de este nevado destacan los glaciares Tuailqui y Cavalca, y los volcanes glaciares de Ampato con 6,288 m s.n.m., Solimana con 6,093 m s.n.m. y Hualca Hualca con 6,025 m s.n.m. Fotografía 69.



Fotografía 69. Nevado-Volcán Coropuna - Cordillera Ampato.

4.3.1.5.3. Monitoreo de glaciares

Se vienen desarrollando estudios glaciológicos, específicamente en el nevado Coropuna. Los estudios se iniciaron por iniciativa de la ONG AEDES, SENAMHI y la UGRH – ANA en el glaciar Tuallqui (Fotografía 70) y el glaciar Aguas Calientes (Cabalca). Este último cuenta con una estación meteorológica sobre la morrena derecha del glaciar. Ambos glaciares se siguen monitoreando por la UGRH – ANA.

Algunos de los investigadores que han realizado estudios en el Coropuna son el Dr. Bryan Mark, con el estudio de *The last deglaciation of Perú and Bolivia*, el Dr. J. Smith y G. Seltzer *Regional synthesis of last glacial maximum snowlines in the tropical Andes, South America*, el grupo francés del IRD con Bernard Francou, y por su puesto, las investigaciones peruanas que son las más antiguas en la zona.

En esta cordillera se viene monitoreando el nevado Coropuna, el mismo que forma parte de la divisoria de las cuencas hidrográficas de los ríos Ocaña y Majes-Camaná. La toma de muestras de nieve para el monitoreo de carbono negro se inició en julio del 2017 con una frecuencia mensual a cargo del equipo de investigación del proyecto *Estudio del transporte y deposición de partículas absorbentes de radiación solar y su influencia en la*

deglaciación del nevado Coropuna, Arequipa, dirigido por el Mg. Sebastián Adolfo Zuñiga Medina, docente e investigador principal de la Universidad Nacional de San Agustín (UNSA). Este proyecto es subvencionado por el Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC) y por la UNSA, además de la asesoría del Dr. Carl Schmitt del American Climber Science Program de los EE.UU. Contempla básicamente estimar el impacto del carbono negro en el derretimiento del nevado Coropuna, planteándose para ello cuantificar la deposición de carbono negro, estimar el cambio de albedo de la nieve debido al carbono negro y evaluar el transporte de partículas absorbentes de luz provenientes de la ciudad de Arequipa. Fotografía 71.

4.3.1.5.4. Lagunas de origen glaciar

Las lagunas más extensas en la cordillera son Parinacochas, Mucurca, Tintarcocha, Apalcocha 1, Lutococha 2 y Lutococha 1.

4.3.1.5.5. Riesgos de origen glaciar

En diciembre de 2016, se desprendió una masa de hielo del frente glaciar Coropuna, generando un pequeño flujo aluviónico a lo largo del valle de Majes hasta Pampacolca, así como en el volcán Sabancaya.



Fotografía 70. Glaciar Tuallqui (Nevado Coropuna) – Cordillera Ampato.



Fotografía 71. Toma de muestra de nieve en el nevado Coropuna. Fuente: Santiago Solis.

4.3.1.5.6. Resultados del inventario

La Cordillera Ampato cubre una superficie glaciaria total de 50.05 km² al 2016, que incluye un área glaciaria cubierta de escombros de 1.39 km² y un área glaciaria libre de detritos o escombros con 48.66 km² Tabla 30 y Gráfico 36.

Tabla 30. Superficie glaciaria 2016 – Cordillera Ampato.

Unidad	Superficie Glaciaria		
	Libre de detritos o escombros	Cubierto	Total
Km ²	48.66	1.39	50.05
%	97.22	2.78	100.00

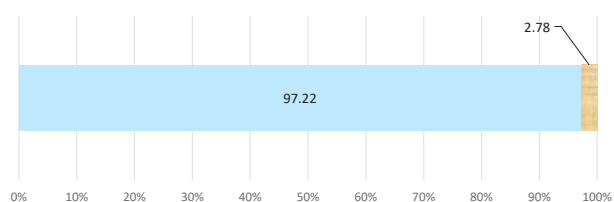


Gráfico 36. Proporción de superficies glaciares 2016 - Cordillera Ampato.

En el análisis de cambio de superficie, se determinó que en 54 años (1962-2016) el área glaciaria disminuyó en 96.68 Km². Gráfico 37 y Figura 20.

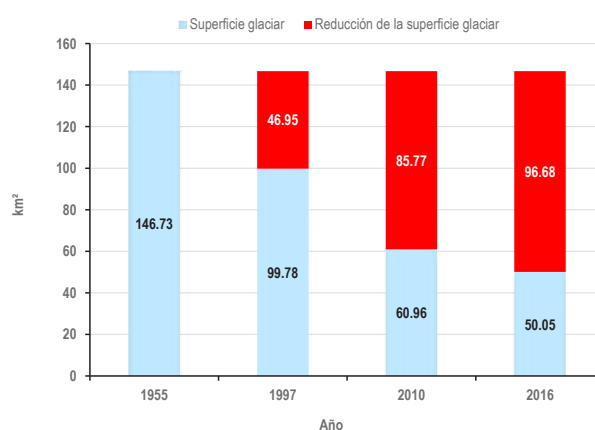


Gráfico 37. Reducción del área glaciaria por periodos (1962-2016) - Cordillera Ampato.



Figura 20. Reducción de la superficie glaciar en la Cordillera Ampato.

4.3.1.5.7. Tendencia estimada de la reducción de la superficie glaciar

Considerando los resultados de los inventarios de 1989 (Hidrandina S.A. & INAIGEM), 2001 (CONAM), 2014 (ANA-UGRH) y 2017 (INAIGEM), se obtiene

una tasa de retroceso de 1.55 km²/año. De acuerdo con estos datos se estima que los glaciares de la Cordillera Ampato desaparecerían en el año 2052. Sin embargo, es importante mencionar que este valor es una estimación estadística lineal, sujeta a las variaciones y tendencias climáticas futuras a nivel global. Gráfico 38.

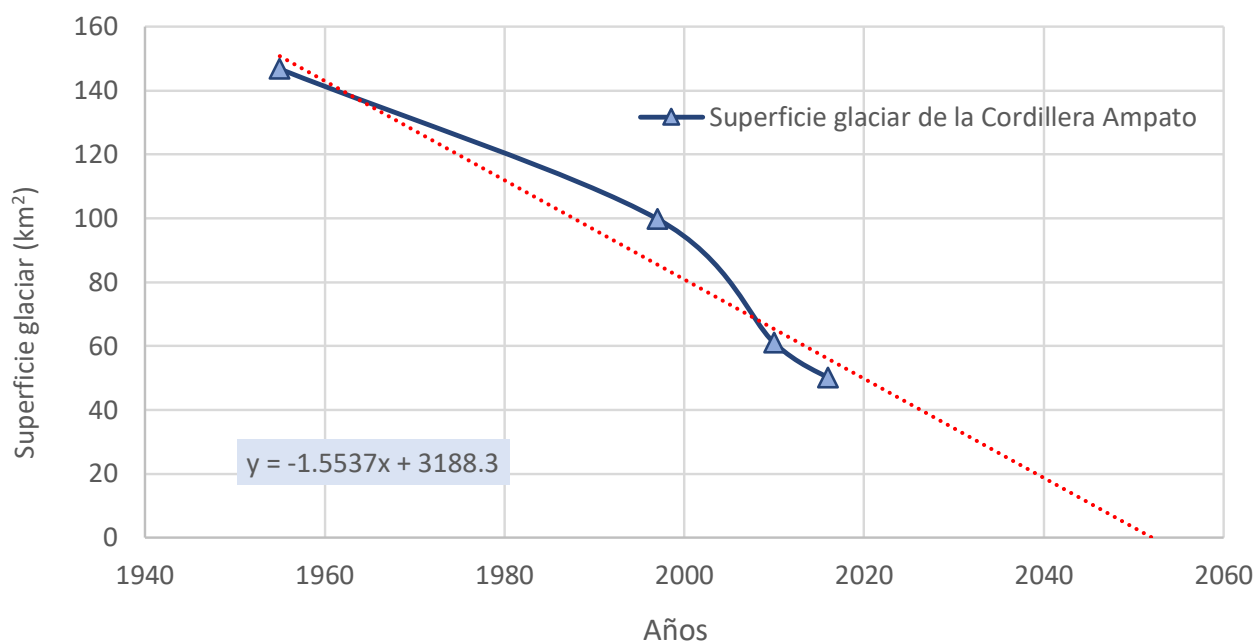


Gráfico 38. Tendencia estimada de la superficie glaciar de la Cordillera Ampato.

Resumen

- En el análisis de cambio de superficie, en la Cordillera Ampato, se muestra que el área glaciar ha disminuido de 146.73 km² a 50.05 km² con una pérdida de 96.68 km² equivalente al 65.89% en 61 años. Sin embargo, esta tendencia se ha agudizado en los últimos años.
- Los glaciares de la Cordillera Ampato presentan en su mayoría superficies libres de detritos o escombros, los cuales representan el 97.22% (50.05 km²) de la superficie total, y las lenguas o superficies glaciares cubiertas parcial o totalmente por materiales detríticos y escombros representan sólo el 2.78% (1.39 km²).
- Con los datos del inventario glaciar en la Cordillera Ampato se tiene una tasa de reducción de 1.55 km²/año, con esta tasa los glaciares de la cordillera desaparecerán hacia el año 2052 de continuar la tendencia actual.
- La población existente en el área de influencia de la cordillera para el 2015 es de 60,495 habitantes distribuidos en las provincias de Caravelí, Castilla Caylloma, Condesuyos, La Unión, Parinacochas y Paucar del Sara Sara. La densidad poblacional estimada es de 5 habitantes por km². También se tiene una tasa promedio de crecimiento anual de 0.98%.

4.3.2. CORDILLERA VILCABAMBA

4.3.2.1. Ubicación

La Cordillera Vilcabamba forma parte de las cordilleras ubicadas en la zona sur del país y se encuentra al oeste de la Cordillera Urubamba. El ámbito de influencia tiene un área de 5,707 km² y una longitud aproximada de 144 km. Sus límites geográficos están comprendidos entre las coordenadas de 13°41'43.34" y 12°58'57.26" de latitud sur y 73°27'30.22" y 72°09'33.46" de longitud oeste.

Políticamente, el ámbito se extiende parcialmente sobre los territorios del departamento de Cusco, en las provincias de La Convención, Urubamba y Anta, y del departamento de Apurímac, en la provincia de Abancay. Mapa 36.

4.3.2.2. Acceso

Los accesos principales a la cordillera son: desde la ciudad del Cusco hasta Ollantaytambo y Aguas Calientes; otra ruta, es desde Abancay hacia Andahuaylas y luego a Choquequirao.

4.3.2.3. Aspectos físicos

4.3.2.3.1. Hidrografía y climatología

El ámbito de la Cordillera Vilcabamba se sitúa íntegramente en la región hidrográfica del Amazonas, en las cuencas de los ríos Urubamba y Apurímac.

Dentro del ámbito podemos mencionar a los siguientes ríos: Pampaconas y Mopillo Grana, en la cuenca del Bajo Apurímac; los ríos Pachachaca y Blanco en la cuenca del Alto Apurímac; y los ríos Santa Teresa y Concevidayoc en la cuenca Urubamba. Todos estos ríos en su recorrido abastecen a diferentes pueblos, además de grandes proyectos hidroenergéticos como es la central hidroeléctrica de Macchupicchu, que se encuentran en el río Urubamba, frontera de las cordilleras Urubamba y Vilcabamba.

Las precipitaciones se concentran en dirección nornoreste del área donde se encuentra la mayor proporción de nevados de la cordillera. Desde esa dirección provienen los flujos trayendo consigo masas de aire con humedad y donde se tiene una media anual de alrededor de los 1,500 mm. Estas lluvias se dan principalmente en la estación de verano y son del tipo orográficas. Los valores van disminuyendo hacia el lado sursuroeste de la cordillera. Mapa 37.

De acuerdo con la clasificación climática de Thornthwaite (SENAMHI, 1988), sobre la cordillera predomina un clima semifrío lluvioso, con lluvia deficiente en otoño

e invierno. Según los datos grillados del proyecto PISCO, la temperatura media anual es entre los 18 °C y 20 °C para zonas ubicadas alrededor de los 2,000 a 2,500 m s.n.m., y entre los 14 °C y 16 °C para los 3,000 a 3,500 m s.n.m. Los valores siguen disminuyendo mientras se incrementa la altitud, obteniéndose para las zonas sobre los 4,500 m s.n.m. una temperatura media anual de alrededor de 6 °C (Lavado, et al., 2016).

4.3.2.3.2. Geología y geomorfología

En la parte occidental de la Cordillera Vilcabamba sobresalen los afloramientos de rocas metamórficas precámbricas compuestas principalmente por gneis; sobreyaciendo, se tienen rocas sedimentarias paleozoicas conformados por areniscas, calizas y arcillitas. Toda esta secuencia ha sido intruída por pequeños cuerpos plutónicos en diferentes fases, resaltando un intrusivo de naturaleza granodiorítica y tonalítica. Posteriormente, toda la secuencia fue cubierta por depósitos de origen glaciar constituido por bloques angulosos a subangulosos de rocas sedimentarias, metamórficas y volcánicas, con arenas, limos y arcillas (INGEMMET, 1999).

En la parte oriental, afloran rocas sedimentarias paleozoicas constituidas por cuarcitas, areniscas grises intercaladas con esquistos, filitas y pizarras grises carbonosas con alto contenido de piritita, también se tienen pizarras limolíticas fosilíferas, conglomerados polimícticos, areniscas cuarzosas, y sobreyaciendo a estas unidades, se tienen calizas micríticas intercaladas con calizas bioclásticas y espáticas. Toda esta secuencia ha sido intruído por cuerpos plutónicos de naturaleza granítica y micromonzodiorita, que fueron cubiertos posteriormente por depósitos cuaternarios de origen glaciar.

Se visualizan estructuras existentes (anticlinales y sinclinales), plegamientos y sobreescurrecimientos como resultado de la geodinámica compresional entre la placa tectónica Nazca y Sudamericana, con una orientación E-O.

La Cordillera Vilcabamba se ubica en la Cordillera Oriental de los Andes. Se caracteriza por tener una morfología montañosa cuyo drenaje superficial es parte de la unidad hidrográfica del Atlántico. Esta cordillera tiene un basamento rocoso metamórfico en su mayor extensión, cubierto por rocas sedimentarias en menor proporción y deformadas por un intenso plegamiento y fallamiento de las diversas orogenias que afectó nuestro territorio.

Los procesos geodinámicos que han modelado el paisaje actual fueron de origen glaciar, generando geoformas agradacionales (morrenas) y fondos de valle glaciar. En la actualidad, la escorrentía superficial actúa fuertemente en el modelamiento del paisaje reciente, generando zonas

inestables por movimientos en masas que podrían afectar zonas muy focalizadas.

4.3.2.4. Ecosistemas de montaña

En la Cordillera Vilcabamba se presentan nueve ecosistemas, que son: bofedales, bosque de montaña altimontano, bosque de montaña basimontano, bosque de montaña montano, bosque relicto mesoandino, bosque relicto mesoandino de coníferas, bosque xérico interandino, matorral arbustivo y pajonal andino. El pajonal andino ocupa 35.5% del territorio seguido de las áreas de no bosque amazónico (14%) y matorral arbustivo (12.6%). Los bosques andinos suman también un porcentaje importante de aproximadamente 20% del territorio, (MINAM, 2015).

Gran parte del ámbito de esta cordillera tiene escasa aptitud para la agricultura, debido al clima extremo. La falta casi total de plantas arborescentes es una de las características más resaltantes. Sólo los bosques de queña (*Polylepis*) y ccolle (*Buddleja coriacea*) constituyen una excepción. También en lugares muy contados se encuentran rodales de *Puya raimondii*. Predominan los pajonales de ichu (*Stipa ichu*) y chiliwa (*Festuca dolichophylla*). Los lugares más abrigados, como son fondos de valles, roqueríos y laderas expuestas al sol, permiten el desarrollo de una vegetación más variada. En las partes muy altas, la vegetación es corta, densamente enmarañada y adaptada a las condiciones extremas. Muchas plantas tienen rosetas de hojas comprimidas en el suelo y raíces muy profundas; muchas también tienen hermosas flores (*Gentiana*, *Hypochaeris*, *Werneria*). Otras forman almohadones extensos como la yareta (*Azorella compacta*). Los fondos de los valles glaciares a menudo tienen bofedales con vegetación densamente enmarañada (*Plantago rigida*, *Distichia muscoides*). Por encima de los 4,600 m s.n.m. las pendientes son más rocosas y desnudas, excepto por las zonas de bofedales. Mapa 38.

4.3.2.5. Aspectos socio económicos culturales

4.3.2.5.1. Población

La población en el área de influencia de la cordillera se mantiene sin mayores cambios, en 15 años ha variado de 119,438 a 126,015 habitantes, mostrando un incremento de 6,577 habitantes (INEI, 2018). Estos datos son un indicador del fuerte proceso migratorio

que afecta a las cordilleras del país y en particular a la Cordillera Vilcabamba. La población tiende a migrar hacia los centros urbanos mayores y más cercanos como Quillabamba y Cusco principalmente.

Un dato importante fue el hecho que el distrito de Quillabamba recibió una fuerte corriente migratoria motivada por la presencia del Gaseoducto Sur Andino. Sin embargo, esto se ha revertido debido a la paralización de las obras programadas y al retiro de empresas como Odebrecht y subsidiarias. Las inversiones en este lugar han sufrido una paralización y, tanto la ciudad de Quillabamba como sus distritos, están atravesando por una fuerte crisis. La densidad poblacional estimada es de 24 habitantes por km². La tasa de crecimiento poblacional promedio es de 0.358%. Tabla 31.

4.3.2.5.2. Energía y minería

En el ámbito de la cordillera se encuentra la central hidroeléctrica de Machu Picchu con una capacidad instalada de 107 MW. Los distritos con mayor extensión de concesiones mineras son Chinchaypujio y Limatambo, que abarcan el 90% y 47% de sus territorios. En el año 2013 se multiplicó por cuatro los derechos mineros otorgados desde el 2005. Cuatro empresas concentran algo más del 53% de las hectáreas concesionadas: Minera del Norte, Vale Exploration Perú, Golden Ideal Gold Mining y Super Strong Mining (CooperAcción, 2017).

Urubamba, ubicada en la zona central de Cusco, está catalogada como Paisaje Cultural Arqueológico de la Nación. El Ministerio de Cultura desarrolla una intensa labor de protección del patrimonio como en el Santuario Histórico Machu Picchu, entre otros lugares. Por lo tanto, INGEMMET ha definido gran parte del territorio de la provincia como zona restringida para el desarrollo de la actividad minera. Como consecuencia, Urubamba es una de las provincias cusqueñas con menor presencia de concesiones y a mediados de 2014 apenas superaban las 10,000 ha y representa el 7.46% de la superficie. En la provincia se registran 47 titulares de derechos mineros, gran parte de los cuales son personas naturales con concesiones menores a las 500 ha (CooperAcción, 2017).

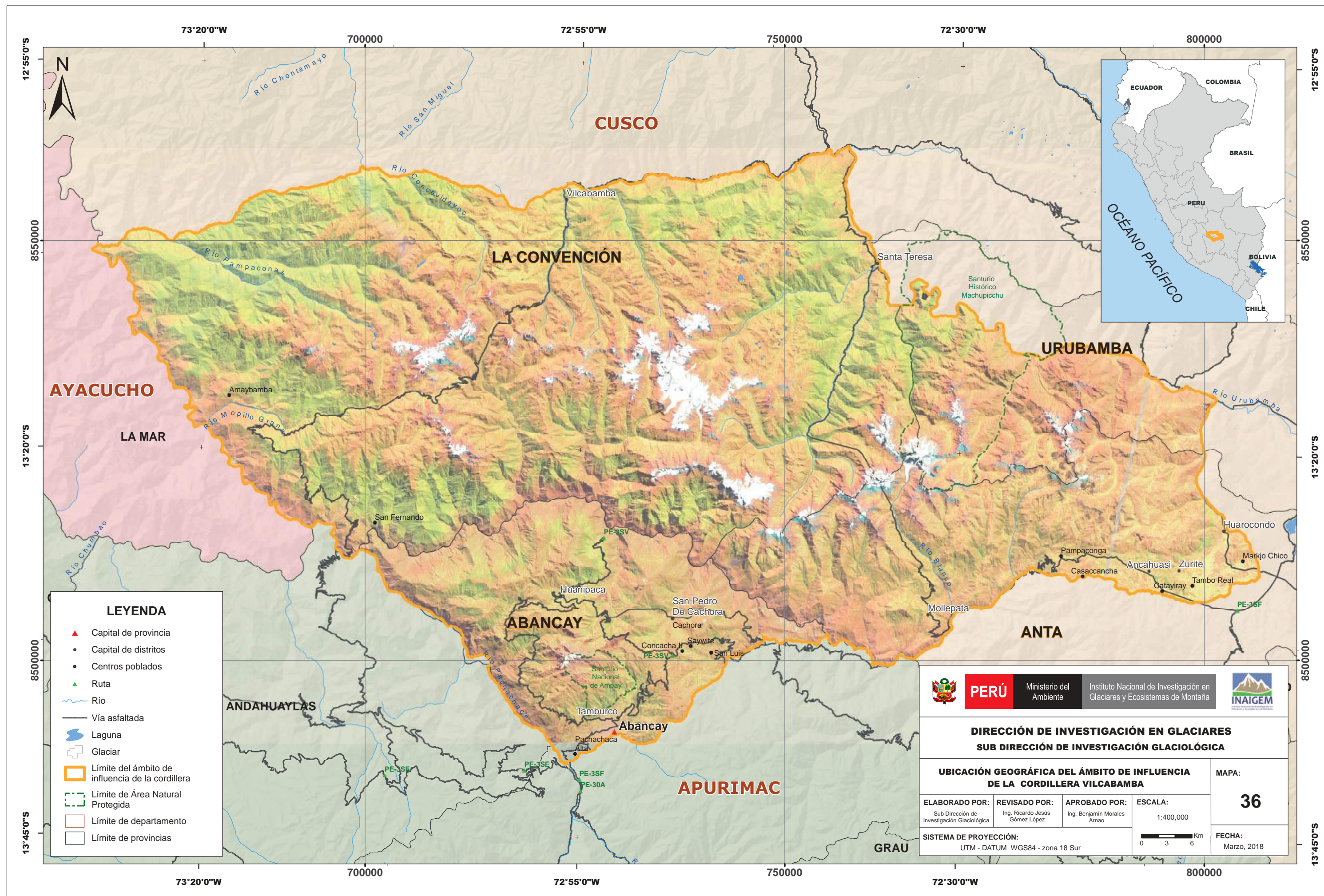
4.3.2.5.3. Agricultura y ganadería

La agricultura fue una de las actividades más importantes de los incas. Tal fue su magnificencia que los incas siempre buscaban mejorar el estilo de la agricultura hasta

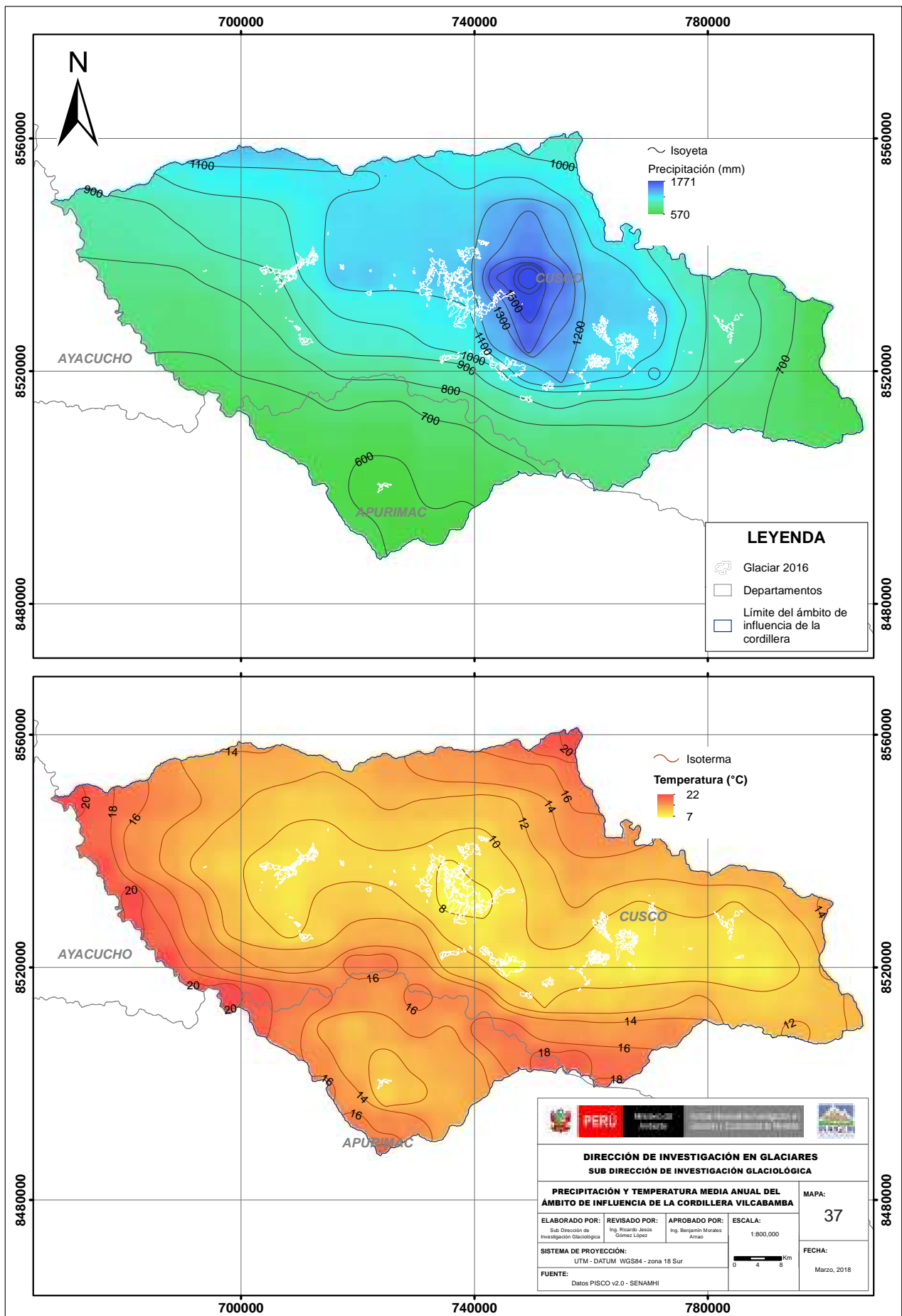
Tabla 31 Población de las Provincias de la Cordillera Vilcabamba

Años	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
ABANCAY(0.71*)	72,535	72,777	73,010	73,236	73,457	73,675	73,894	74,113	74,326	74,527	74,710	74,882	75,043	75,190	75,314	75,412
ANTA(0.08*)	4,775	4,769	4,761	4,750	4,737	4,723	4,707	4,689	4,669	4,648	4,627	4,604	4,581	4,557	4,531	4,504
LA CONVENCION(0.12*)	20,849	20,953	21,045	21,127	21,200	21,267	21,326	21,377	21,421	21,458	21,491	21,519	21,542	21,560	21,573	21,581
URUBAMBA(0.38*)	21,279	21,538	21,787	22,029	22,263	22,493	22,718	22,935	23,146	23,353	23,557	23,758	23,955	24,148	24,336	24,518
TOTAL	119,438	120,037	120,603	121,141	121,657	122,158	122,644	123,113	123,561	123,986	124,386	124,763	125,120	125,455	125,754	126,015

Fuente: INEI. (*) Factor de incidencia territorial.



Mapa 36. Ubicación geográfica del ámbito de influencia de la Cordillera Vilcabamba



Mapa 37. Precipitación y temperatura del ámbito de influencia de la Cordillera Vilcabamba.



llegar al punto de cultivar sus productos en zonas de alto riesgo. Los incas en la antigüedad utilizaban los andenes: técnica que consistía en crear pequeñas divisiones en forma de una escalera en donde cultivaban la papa y el maíz. El proceso de cultivar llevó al agricultor andino a buscar fertilizantes y tal fue la necesidad que llegaron a utilizar el estiércol de los animales domésticos e incluso el guano de isla. Estas técnicas ancestrales aún se siguen utilizando (MachuPicchu Travel, 2014).

Se domesticaron animales emblemáticos para la ganadería tales como las alpacas y las llamas, así como animales menores como el cuy y las perdices. En las partes altas de la cordillera se desarrolla una importante actividad ganadera y de sus derivados (lácteos y textiles), tanto de vacunos, ovejas y alpacas.

Respecto del uso de la tierra, según los datos del Censo Nacional Agropecuario del año 2012, aproximadamente el 20% de la superficie de la cordillera se encuentra en uso directo en los porcentajes siguientes:

• Superficie con cultivos	: 12.63%
• Superficie agrícola sin cultivo y va a ser sembrada	: 3.78%
• Superficie agrícola sin cultivo y no va a ser sembrada	: 1.69%
• Superficie agrícola en descanso	: 3.15%
• Pastos naturales manejados	: 1.01%
• Pastos naturales no manejados	: 37.04%
• Montes y bosques	: 27.20%
• Superficie dedicada a otros usos	: 13.51%

Los datos arriba mostrados reflejan una presencia considerable de la superficie destinada a los cultivos con 23,880 ha (CENAGRO, 2012).

4.3.2.5.4. Turismo y cultura

Desde el punto de vista turístico, esta es una de las cordilleras más visitadas en el país por los centros arqueológicos de Machu Picchu, Choquequirao y Sayhuite, especialmente por visitantes extranjeros.

Machu Picchu («Montaña Vieja») es el nombre contemporáneo de un antiguo pueblo andino (*Ilaqta*). Fue construido antes del siglo XV en un promontorio rocoso que une las montañas Machu Picchu, Putucusi y Huayna Picchu en la vertiente oriental de la Cordillera Vilcabamba, a 2,490 m s.n.m. Su nombre original habría sido *Llaqtapata*. Ahora, es el sitio arqueológico más reconocido del Perú.

Según documentos de mediados del siglo XVI, Machu Picchu habría sido una de las residencias de descanso de Pachacútec, noveno inca del Tahuantinsuyo entre 1438 y 1470 (Kauffmann Doig, 2006). Sin embargo, por la alta calidad de algunas de sus construcciones y el evidente carácter ceremonial de la principal vía

de acceso a la Ilaqta, se evidencia su origen anterior a Pachacútec y su presumible utilización como santuario religioso (Valencia & Gibaja, 1992). Se considera el sitio como una obra maestra de la arquitectura y la ingeniería incaica. Sus peculiares características arquitectónicas y paisajísticas, y el velo de misterio que se ha tejido a su alrededor, lo han convertido en uno de los destinos turísticos más populares del planeta.

Machu Picchu está en la Lista del Patrimonio Cultural de la Humanidad declarada por la UNESCO desde 1983, como parte de todo un conjunto cultural y ecológico conocido bajo la denominación *Santuario histórico de Machu Picchu*. El 7 de julio de 2007 Machu Picchu fue declarada como una de las nuevas siete maravillas del mundo moderno (MINCETUR, 2008) en una ceremonia realizada en Lisboa, que contó con la participación de cien millones de votantes en el mundo entero. Fotografía 72.



Fotografía 72. Machu Picchu. Fuente: National Geographic.

Choquequirao es una ciudad inca situada entre las estribaciones del nevado Salcantay, y bajo la jurisdicción del distrito de Santa Teresa, provincia de La Convención, departamento del Cusco (DDC - CUSCO, 2015). El sitio está conformado por edificios y terrazas distribuidas en diferentes niveles, desde el nivel más bajo, Sunch'u Pata, hasta la cima truncada más alta, la cual fue nivelada y cercada con piedras para formar una plataforma con un área aproximada de 150 m². El sitio es conocido como la "hermana sagrada" de Machu Picchu por su semejanza estructural y arquitectónica (Todras, 2007). Aunque está parcialmente excavada, ha despertado el interés del gobierno peruano por recuperar aún más el complejo y convertirlo en una alternativa para turistas muy interesados en la cultura Inca.

Durante la época Inca (1438 - 1534), Choquequirao fue un centro cultural y religioso para la región. Puede haber servido como una garita de control para asegurar el acceso a las áreas de Vilcabamba, que conectaba la selva con otros centros importantes como Písac y Machu

Picchu. Además, jugó un importante papel como nexo entre la selva y la ciudad imperial del Cusco. Durante la época de transición (1534 - 1572) fue uno de los últimos bastiones de resistencia y refugio de los incas, quienes por órdenes de Manco Inca habían abandonado la ciudad del Cusco para resguardarse en la región de Vilcabamba cuando Cusco se encontraba sitiado por los españoles alrededor de 1535. Fue en el valle de Vilcabamba donde Manco Inca y sus seguidores resistieron el embate de los españoles, hasta la captura y ejecución de Túpac Amaru I en 1572. Fotografía 73.



Fotografía 73. Choquequirao. Foto: Treking Choquequirao Casa Nostra.

Otro sitio arqueológico importante de la zona de la Cordillera Vilcabamba es Sayhuite, en el distrito de Curahuasi de la provincia de Abancay, a la altura del km 45 de la carretera Abancay-Cusco. Este conjunto arqueológico se encuentra en el eje del camino principal del Tahuantinsuyo, camino que conducía de Cusco al Chinchaysuyo. Tiene un área aproximada de 60 ha, situándose sobre los 3,500 m s.n.m., dentro de una depresión topográfica delimitada por dos pequeños riachuelos que convergen y cierran el pequeño valle interandino. El atractivo principal es la piedra de Sayhuite; un gran bloque de granito de unos once metros de circunferencia, cuatro de diámetro y casi dos y medio de alto, ornamentado en su mitad superior con una serie de complejas figuras. Contiene más de doscientas figuras fitomorfas, zoomorfas (felinos), de accidentes geográficos y construcciones humanas talladas en un aparente desorden y aprovechando los relieves y depresiones naturales de la piedra. Se desconoce qué uso los incas le daban, pero estando en un centro ceremonial lo probable es que tuviera una significación religiosa, quizá una representación simbólica del universo o relacionado con el culto del agua, una especie de gigantescas paccha, debido a los receptáculos en los que podía empozarse la lluvia. La piedra está acompañada por varias construcciones y escalinatas de la época Inca (ENPERÚ, 2018). Fotografía 74.



Fotografía 74. Piedra de Sayhuite.

4.3.2.6. Inventario de la superficie glaciar

4.3.2.6.1. Antecedentes

Entre 1970 y 1989, se realizó el primer inventario de las dieciocho cordilleras glaciares del Perú, usando fotografías aéreas del proyecto N° AF-60-17 de 1962-1963 y 62336-002 (44) de 1955, donde se determinó un área de cobertura glaciar de 37.74 km² y 98 glaciares para la Cordillera Vilcabamba (Hidrandina S.A., 1989). Se volvieron a analizar estos datos por parte de INAIGEM a través de la reconstrucción de superficies glaciares con imágenes satelitales LANDSAT de 1975, encontrándose 261.45 km² de cobertura glaciar para la Cordillera Vilcabamba.

En 1997, se llevó a cabo un nuevo inventario parcial en cuencas seleccionadas en las cordilleras Blanca, Raura, Central, Huaytapallana, Huagoruncho y Vilcanota. Con base al inventario parcial se realizó una proyección a nivel nacional con respecto a las demás cordilleras. El material básico de trabajo fueron las imágenes del satélite LANDSAT tomadas en el período 1995-1997, obteniéndose un área de cobertura glaciar de 25.66 km² para la Cordillera Vilcabamba (CONAM, 2001).

Entre los años 2003 al 2014, se efectuó el tercer inventario de glaciares y lagunas realizado por la Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos (UGRH), en base al procesamiento imágenes satelitales SPOT, ASTER, LANDSAT y LISS III, de diecinueve cordilleras del Perú (se incluyó a la Cordillera Volcánica que en la actualidad es considerada extinta, aunque con acumulación estacional de nieve). Se obtuvo un área de cobertura glaciar de 129.15 km² y 355 glaciares para la Cordillera Vilcabamba (ANA, 2014).

En el año 2016, el INAIGEM efectuó el cuarto inventario de las coberturas glaciares de las dieciocho cordilleras glaciares del Perú, registrándose un área de cobertura glaciar de 101 km² para la Cordillera Vilcabamba.

4.3.2.6.2. Descripción de los glaciares

Los glaciares en la cordillera se distribuyen a lo largo de 94 km ubicados en la cadena montañosa de los andes del oriente, destacando los siguientes glaciares: Salcantay, Chilipahua, Ticllacocha, Planchayoc, Ampay (Fotografía 75), Padrechachoc, Chulluncuy, Ranrapata, Ancasvilca y Ranrapata, entre otros.

4.3.2.6.3. Monitoreo de glaciares

En la Cordillera Vilcabamba se tiene registro mensual de la concentración de carbono negro desde abril de 2015 en el glaciar Salkantay y de forma anual en el

glaciar Inka Chiriaska, en la provincia de Anta, distrito de Mollepata. Asimismo, en el glaciar Ampay en la provincia de Abancay, distrito de Tamburco, se tiene un registro mensual desde enero del 2017. Este monitoreo está a cargo del Ing. Juan José Zúñiga Negrón de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco y el Dr. Carl Schmitt del programa American Climber Science Program de los EE.UU. Cabe resaltar que para el glaciar Ampay se cuenta con financiamiento de la Fundación para el Desarrollo Agrario (FDA) y la ONG CESAL de la Universidad Agraria La Molina. Las expediciones a los glaciares Inka Chiriaska y Salkantay se efectúa con financiamiento propio. Fotografía 76 y Fotografía 77.



Fotografía 75. Glaciar Ampay - Cordillera Vilcabamba.



Fotografía 76. Trabajo de campo sobre el glaciar Incachiriasca.



Fotografía 77. Equipo de trabajo recolectando muestras en el nevado Ampay - Cordillera Vilcabamba.

4.3.2.6.4. Lagunas de origen glaciar

Las lagunas más extensas en la cordillera son Coyllorcocha, Parcoy, Asnacocha, Llaspay, Sara Huascacocha, Yanacocha, Aputinya, Usnucocha, Salcantaycocha, Negrococha, Chaupicocha, Pacacocha, Uspaycocha, Maranniyoc, Piñacocha, Caycococho y Cuchi Iranca, entre otras.

4.3.2.6.5. Riesgos de origen glaciar

El ámbito de la Cordillera Vilcabamba tiene un amplio registro de eventos geodinámicos. Después de la Cordillera

Blanca es la segunda con más sucesos documentados. El aluvión de 1998 fue uno de los más catastróficos del país, que resultó con víctimas y destruyó parte de la central hidroeléctrica Machupicchu, tal como se muestra en la Tabla 32, publicado en el Estudio *Mapa de peligros y medidas de mitigación ante desastres* realizado de forma conjunta por INDECI y la Municipalidad Distrital de Machupicchu.

Tabla 32. Desastres en la Cordillera Vilcabamba.

Fecha	Microcuenca	Causas	Consecuencias		
			Victimas	Infraestructura	Geoforma
Febrero 1946	Aluvión en el río Aguas Calientes.	Represamiento del río, 20 días después se produjo una réplica, de menor intensidad.	No hubo	Arrasó 2 puentes peatonales incluidos el puente de la línea férrea.	Producto de un deslizamiento y al cierre de cause a 2 km. Aguas arriba se eleva el nivel del río en 2.5 m.
1961	Aluvión en el río Aguas Calientes	Precipitaciones Intensas.	No hubo	Destrucción de algunos muros.	Colmato el cauce.
Marzo 1995	Aluvión desde la parte alta del río Aguas Calientes.	Precipitación deslizamiento y represamiento.	No hubo, 1500 moradores fueron evacuados hacia las laderas.	Arrasó 3 puentes, los baños termales y 5 viviendas.	Se eleva el nivel del agua de Aguas Calientes en 2 m y en menor proporción del Alcamayo.
Diciembre 1997	Inundación y Aluvión en el río Aguas Calientes.	Procedió de una precipitación (5 horas continuas).	No hubo.	Afectó el muro de contención de los baños termales.	
Febrero 1998	Aluvión del Aobamba.	Deshielo y desembalse de una laguna en el circo glaciar del nevado Salcantay.		Destrucción de la central hidroeléctrica de Machupicchu y la ciudad de Santa Teresa.	Levantamiento del Cauce del río Vilcanota.
Marzo 1998	Aluvión en el río Aguas Calientes.	Precipitación, deslizamiento y represamiento en la parte alta.	No hubo.	No hubo mayores consecuencias.	
Abril 2004	Aluvión en el río Alcamayo.	Intensas precipitaciones represamiento en la parte media.	11 muertos.	6 viviendas afectadas así como el puente de la línea férrea fue arrasado.	Se profundiza y ensancha el cauce del río.
Abril 2007	Aluvión en el río Aguas Calientes	Intensas precipitaciones, deslizamiento y Represamiento.	No hubo	No hubo mayores consecuencias.	Se ensancha y llena de escombros el cauce del río
Marzo 2009	Caída de bloques de roca.	Bolonería suelta caída del cerro Media Naranja.	No hubo	5 viviendas.	Se tumba árboles y se deja desprotegido todo el tramo de caída
Febrero 2010	Indicación y Socavamiento de cauce del río Vilcanota.	Intensas precipitaciones a nivel Regional	3 muertos registrados a nivel del Santuario	Más de 30 viviendas afectadas, 2 puentes, y varios tramos de la plataforma de la línea férrea destruidos y decenas de hectáreas de terrenos de cultivo inundados.	Cambio geomorfológico en los flancos, riveras y a lo largo del lecho del río Vilcanota.

4.3.2.6.6. Resultados del inventario

La Cordillera Vilcabamba cubría una superficie glaciaria total de 101 km² al 2016, que incluye área glaciaria cubierto con 5.42 km² y área glaciaria libre de detritos o escombros con 95.58 km² Tabla 33 y Gráfico 39.

Tabla 33. Superficie glaciaria 2016 - Cordillera Vilcabamba.

Unidad	Superficie Glaciaria		
	Libre de detritos o escombros	Cubierto	Total
Km ²	95.58	5.42	101.00
%	94.64	5.36	100.00

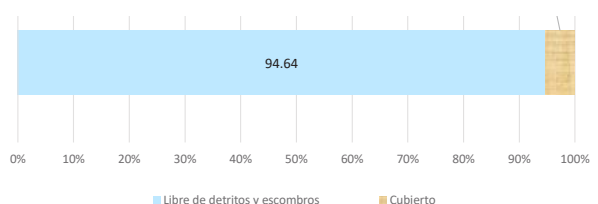


Gráfico 39. Proporción de superficies glaciares 2016 Cordillera Vilcabamba.

En el análisis de cambio de superficie, se determinó que en 54 años (1962-2016), el área glaciaria disminuyó en 160.45 km². Gráfico 40 y Figura 21.

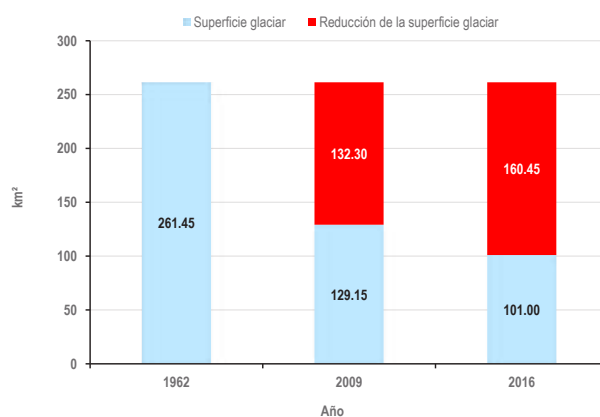


Gráfico 40. Reducción del área glaciaria por periodos (1962-2016) - Cordillera Vilcabamba



Figura 21. Reducción de la superficie glaciaria en la Cordillera Vilcabamba.

4.3.2.7. Tendencia estimada de la reducción de la superficie glaciar

Para la proyección de la Cordillera Vilcabamba se ha considerado los datos del segundo análisis con imágenes de 1975 realizado por INAIGEM y el inventario de 2014 (ANA-UGRH). Los datos del inventario de Hidrandina S.A. (1989) y del inventario del CONAM (2001) no han

sido considerados por no ser representativos. Se obtuvo una tasa de retroceso de 3.91 km²/año. De acuerdo con estos datos, se estima que los glaciares de la Cordillera Vilcabamba desaparecerían en el año 2042. Sin embargo, es importante mencionar que este valor es una estimación estadística lineal, sujeta a las variaciones y tendencias climáticas futuras a nivel global. Gráfico 41.

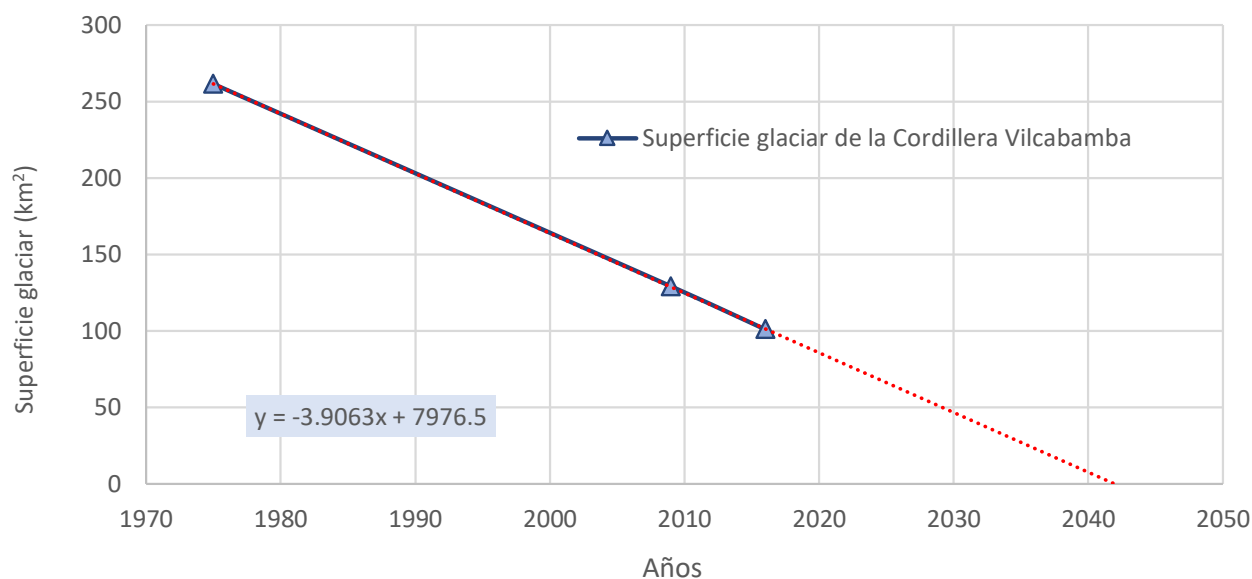


Gráfico 41. Tendencia estimada de la reducción de la superficie glaciar de la Cordillera Vilcabamba.

Resumen

- En el análisis de cambio de superficie en la Cordillera Vilcabamba, muestra que el área glaciar ha disminuido de 261.45 km² a 101 km² con una pérdida de 160.45 km² equivalente al 61.37%. Sin embargo, esta tendencia se ha agudizado en los últimos años.
- La Cordillera Vilcabamba cubre una superficie glaciar total de 101 km² en el 2016, que incluye área glaciar cubierto de escombros con 5.42 km² y área glaciar libre de detritos o escombros con 95.58 km², siendo el 5.36% y el 94.64% respectivamente.
- Con los datos del inventario glaciar en la Cordillera Vilcabamba, se tiene una tasa de reducción de 3.91 km²/año, con esta tasa los glaciares de la cordillera desaparecerán hacia el año 2042 de continuar la tendencia actual.
- Los recursos hídricos almacenados en la Cordillera Vilcabamba, hacen posible la generación de 107 MW de energía a través de la central hidroeléctrica de Machu Picchu.
- La Cordillera Vilcabamba alberga el más importante atractivo turístico del país con Machu Picchu, donde también destaca Choquequirao, entre otros, habiéndose registrado una afluencia de turistas cercana al 1'500,000 de visitas por año.
- La población existente para el área de influencia de la cordillera es de 126,015 habitantes distribuidos en las provincias de Abancay, Anta, La Convención y Urubamba. La densidad poblacional estimada es de 24 habitantes por km². La tasa de crecimiento poblacional promedio es de 0.36%.

4.3.3. CORDILLERA URUBAMBA

4.3.3.1. Ubicación

La Cordillera Urubamba forma parte de las cordilleras ubicadas en la zona sur del país, tiene un área de influencia de 5,236 km² y una longitud aproximada de 120 km. Geográficamente sus límites están comprendidos entre las coordenadas de 12°30'46.02" y 13°39'52.53" de latitud sur y 71°37'23.55" a 72°50'28.42" de longitud

Políticamente, el ámbito se extiende sobre el territorio del departamento de Cusco, en las provincias de Anta, Calca, Cusco, La Convención, Paucartambo y Urubamba. Mapa 39.

4.3.3.2. Acceso

El acceso principal a esta cordillera es de Cusco hacia Ollantaytambo y luego hacia el abra Málaga, para luego descender hacia Huayopata, todo por vía asfaltada. Igual desde Ollantaytambo camino a Willoq hacia Ocobamba. Otra posibilidad es aproximarse desde el sur de la cordillera, partiendo de Cusco a Pisac y Calca; o de Cusco a Urubamba y Calca, para luego ir por la ruta hacia Choquecancha al norte o hacia Amparaes hacia el este.

4.3.3.3. Aspectos físicos

4.3.3.3.1. Hidrografía y climatología

El ámbito de la Cordillera Urubamba se sitúa íntegramente en la región hidrográfica del Amazonas, en la cuenca del mismo nombre.

Los ríos principales son: el Jochoc, Tanjac, Lucumayo, Santa María, Huacayoc y Sahuayacu, todos tributarios del río Vilcanota; y los ríos Lares, Quelcanca, Ocobamba y Versalles drenan al río Amparaes y al río Yanatile. Este último confluye con el río Vilcanota para dar inicio al río Urubamba.

Las aguas que discurren de los glaciares vierten sus aguas a ríos importantes, como es el caso del río Urubamba que en su recorrido contribuye al desarrollo de la población de Calca, Urubamba, Quillabamba y otros pueblos pequeños. Además, sus aguas contribuyen al desarrollo de proyectos de irrigación para las actividades agrícolas. El valle de Urubamba es uno de los más productivos del país, siendo muy conocido por su producción de maíz y diversos frutales que llegan a ser denominados de primera calidad. El río Urubamba también abastece a la central hidroeléctrica de Machupicchu, proyecto de gran importancia en la generación energética del Perú.

Las precipitaciones se concentran hacia el lado noroeste de la cordillera, donde se tiene una media anual mayor de alrededor de 1,100 mm. Estas se dan en mayor proporción en la estación de verano y su cercanía a la

selva alta produce una alta humedad en la atmósfera y se obtienen altas precipitaciones. Hacia las zonas que abarcan los nevados, las precipitaciones se dan más hacia el barlovento (el lado que mira hacia el nornordeste, que es de donde viene el viento), teniéndose valores de media anual de entre 700 a 900 mm. Mapa 40.

De acuerdo con la clasificación climática de Thornthwaite (SENAMHI, 1988), sobre la cordillera predomina un clima semifrío lluvioso, con lluvia deficiente en otoño e invierno. Según los datos grillados del proyecto PISCO, la temperatura media anual es alrededor de 14 °C para zonas ubicadas alrededor de los 2,500 a 3,000 m s.n.m., que es donde se encuentran las ciudades principales como Urubamba, Ollantaytambo y Calca. Luego los valores van disminuyendo mientras se incrementa la altitud llegando a tener, sobre los 4,500 m s.n.m., una temperatura media anual de alrededor de 6 °C (Lavado, et al., 2016).

4.3.3.3.2. Geología y geomorfología

En el área de influencia de la Cordillera Urubamba afloran rocas sedimentarias paleozoicas, conformando grupos y formaciones de amplia distribución regional, constituidos por metavolcánicos, cuarcitas, esquistos, filitas, conglomerados, areniscas intercaladas con esquistos y por lutitas micáceas, seguido de lavas andesíticas porfíricas, brechas y lavas basálticas, las cuales han sido intruídas por rocas ígneas de naturaleza granítica.

Hacia la parte meridional de la cordillera, sobresalen afloramientos de rocas sedimentarias cretácicas, constituidas por calizas micríticas intercaladas con calizas bioclásticas y espáticas. Sobreyaciendo, existe una secuencia sedimentaria paleógena compuesta por conglomerados, microconglomerados, areniscas intercaladas con limoarcilitas, lodolitas, areniscas caóticas con contenido de yeso, anhidrita, dolomías y limoarcilitas. Sobreyaciendo estas unidades, afloran rocas volcánicas conformadas por lavas, brechas y lahares con bombas lávicas. Esta secuencia ha sido intruída por cuerpos plutónicos de naturaleza cuarzomonzodiorita.

Hacia la parte septentrional de la cordillera, afloran rocas sedimentarias, paleozoicas compuestas por metavolcánicos, cuarcitas, mármol, esquistos, filitas, areniscas intercaladas con esquistos, pizarras con alto contenido de piritita, pizarras fosilíferas, metareniscas y niveles micáceos con lutitas. Toda esta secuencia ha sido intruída por varios cuerpos plutónicos de naturaleza granítica y granodiorítica.

Regionalmente, todo este basamento ha sido cubierto por depósitos cuaternarios de origen glaciar, constituidos por bloques angulosos a subangulosos de rocas sedimentarias, metamórficas y volcánicas. Estructuralmente, se

visualizan plegamientos y sobreescurrecimientos como resultado de la geodinámica de las placas tectónicas. El área descrita tiene una orientación general atípica porque flexiona desde el NO-SE hacia el E-O, afectado por la Deflexión de Abancay y en parte por la Depresión Interandina.

La Cordillera Urubamba se ubica en la Cordillera Oriental (parte sur) de la Cordillera de los Andes y se caracteriza por tener una morfología montañosa cuyo drenaje superficial es parte de la cuenca hidrográfica del Atlántico. En las partes altas resalta la presencia de una serie de lagunas de origen glaciar, como parte del acelerado proceso de retroceso glaciar.

Los procesos geodinámicos que han modelado el paisaje actual fueron de origen glaciar, generando geoformas agradacionales (morrenas) y degradacionales (fondos de valle glaciar). En la actualidad, la geodinámica de las aguas superficiales actúa fuertemente en la nueva configuración del modelado reciente.

4.3.3.4. Ecosistemas de montaña

En la Cordillera Urubamba se presentan siete ecosistemas que brindan servicios ecosistémicos importantes dentro de sus áreas de influencia. Estos ecosistemas son: bosque de montaña altimontano, basimontano, montano, bofedales, bosque relicto altoandino, matorral arbustivo y pajonal andino (MINAM, 2017). Los servicios que brindan estos ecosistemas están orientados a la regulación hídrica, mantenimiento de la biodiversidad, secuestro de carbono, belleza paisajística y formación de suelos, entre otros.

El pajonal andino ocupa el 37% del territorio seguido de áreas de no bosque amazónico con el 19%, y el porcentaje restante lo ocupan los otros ecosistemas resaltando el bosque de montaña montano con el 14%.

El ecosistema más resaltante en esta cordillera son los pajonales y matorrales altimontanos de la puna húmeda, definidos como vegetación secundaria de origen principalmente antrópico a partir de la degradación de los bosques bajos y arbustales altimontanos de la puna

húmeda. Son herbazales graminoides amacollados con proporciones variables de matorrales mayormente microfoliados y resinosos, que se instalan sobre suelos degradados después de la deforestación, cultivo e impacto del fuego y el ganado.

Las formaciones vegetales conformadas por matorrales y bosques remanentes se encuentran relegados a zonas inaccesibles de pendiente pronunciada, habiendo sido remplazados por plantaciones forestales exóticas, principalmente el eucalipto. Mapa 41.

4.3.3.5. Aspectos socio económicos culturales

4.3.3.5.1. Población

El área de influencia de la cordillera es de 5,236 km² y abarca el 12% del territorio total de las provincias mencionadas.

La evolución del número de habitantes en las provincias es proporcional al territorio dentro de la Cordillera Urubamba y se caracteriza por un ligero estancamiento en el crecimiento población con tendencia incluso a la disminución en la provincia de Anta. En dieciséis años la población ha crecido en 15,521 habitantes: de 102,809 en el año 2000 a 117,330 en el año 2015, (INEI, 2018). Estos datos son un indicador de un permanente proceso migracional hacia el Cusco y hacia otras ciudades de la costa como Arequipa, Ica y Lima, en busca de nuevas oportunidades, principalmente relacionadas con el empleo y la educación.

La densidad poblacional estimada para la cordillera es de 22 habitantes por km². La tasa de incremento poblacional medio anual es de 0.95%. Tabla 34.

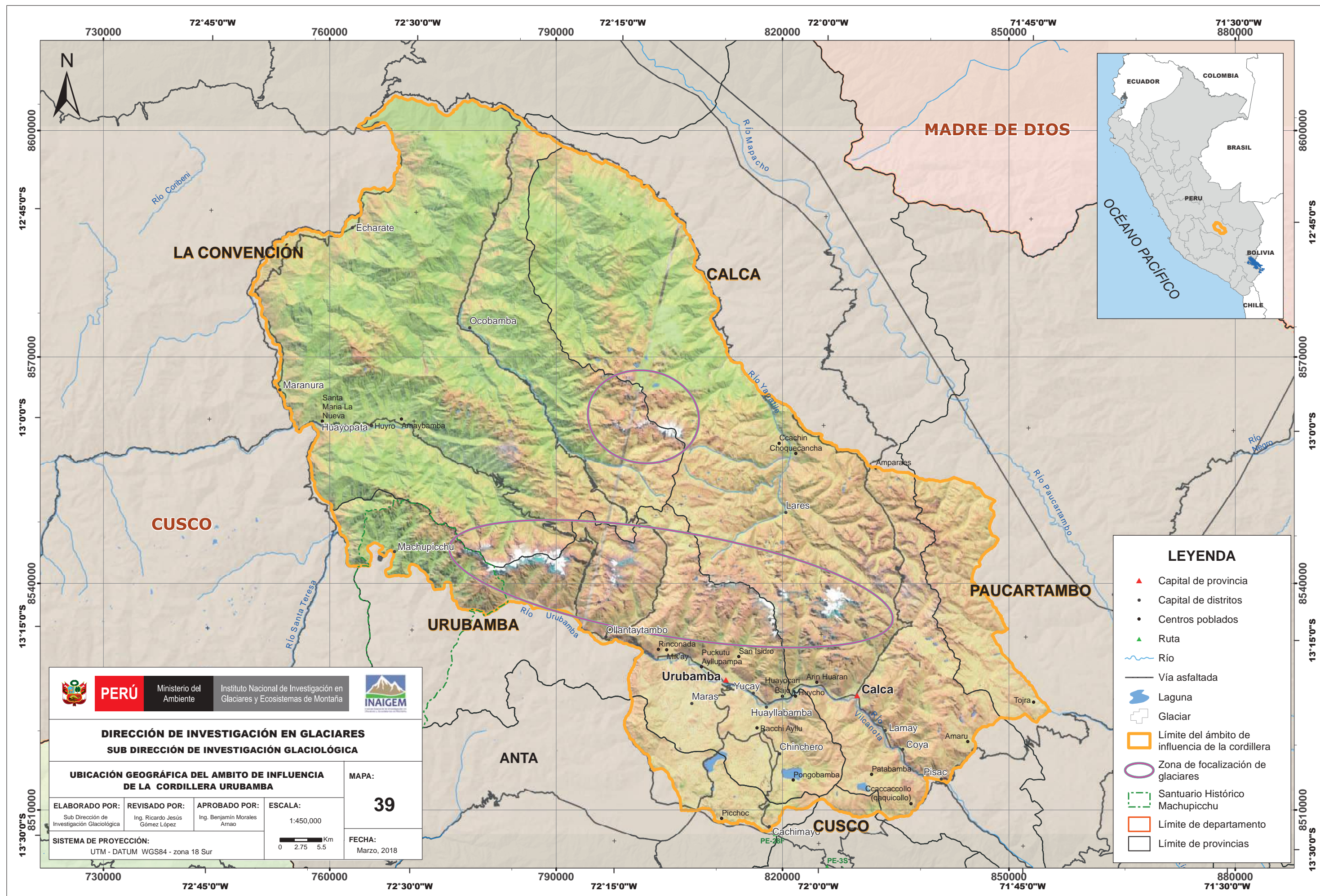
4.3.3.5.2. Energía y minería

En Santa Teresa (La Convención, Cusco), se ubica la central hidroeléctrica del mismo nombre, con una capacidad instalada de 98.2 MW y es operada por Luz del Sur S.A.A. (OSINERGMIN, 2017).

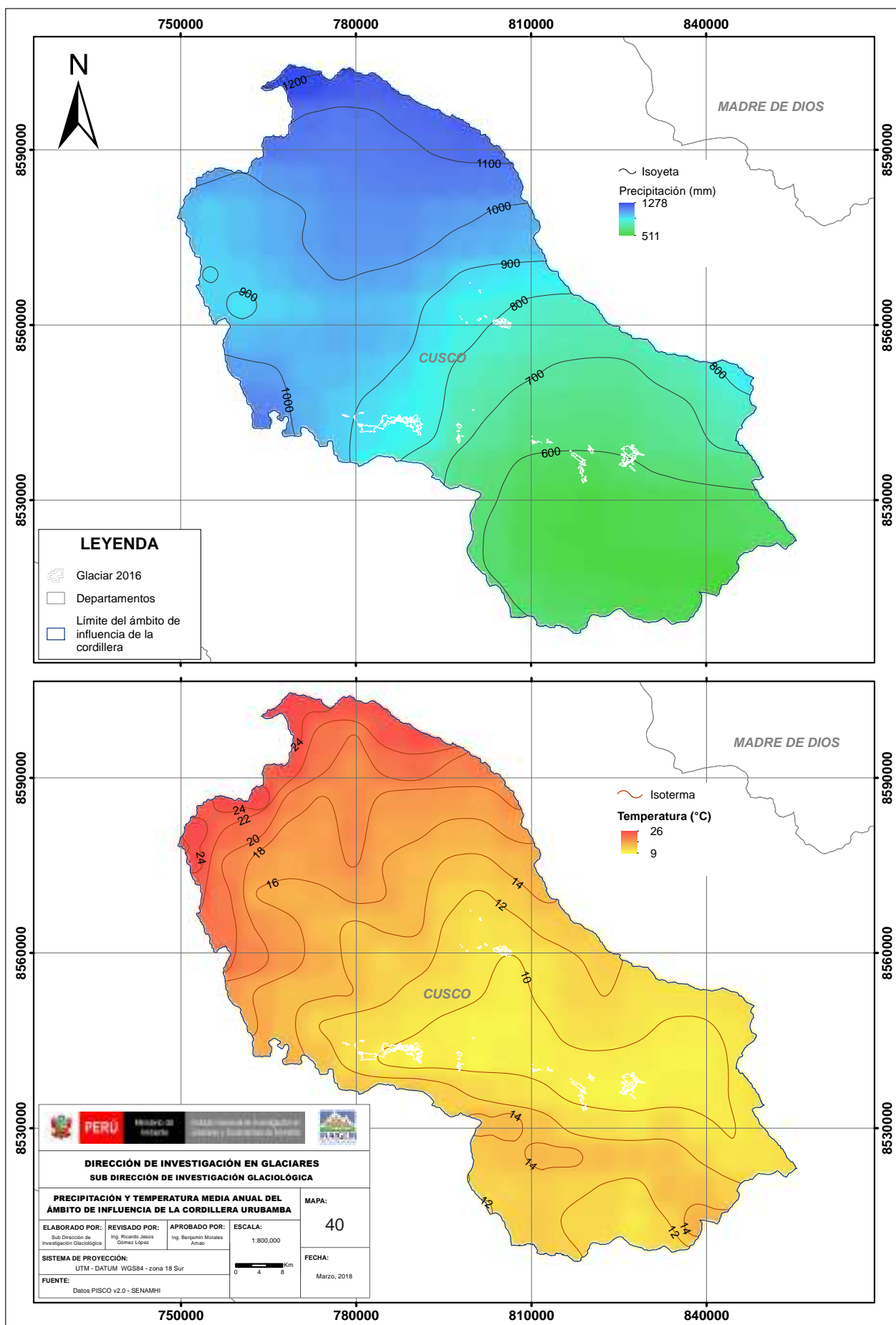
Tabla 34. Población de las Provincias de la Cordillera Urubamba

Años	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
ANTA(0.07*)	4,178	4,173	4,166	4,156	4,145	4,132	4,118	4,103	4,086	4,067	4,048	4,029	4,008	3,987	3,965	3,941
CALCA(0.53*)	34,343	34,747	35,134	35,508	35,873	36,228	36,573	36,908	37,232	37,549	37,861	38,168	38,469	38,763	39,048	39,323
CUSCO(0.04*)	13,493	13,799	14,102	14,403	14,703	15,003	15,303	15,602	15,901	16,200	16,500	16,801	17,103	17,405	17,705	18,004
LA CONVENCION(0.06*)	10,424	10,476	10,522	10,563	10,600	10,634	10,663	10,689	10,710	10,729	10,746	10,760	10,771	10,780	10,787	10,791
PAUCARTAMBO(0.04*)	1,851	1,868	1,885	1,900	1,915	1,929	1,942	1,955	1,968	1,979	1,991	2,002	2,013	2,023	2,033	2,042
URUBAMBA(0.67*)	37,519	37,975	38,414	38,840	39,254	39,659	40,055	40,437	40,810	41,175	41,535	41,888	42,236	42,576	42,907	43,228
TOTAL	101,809	103,039	104,223	105,371	106,489	107,584	108,655	109,694	110,706	111,700	112,681	113,648	114,600	115,534	116,445	117,330

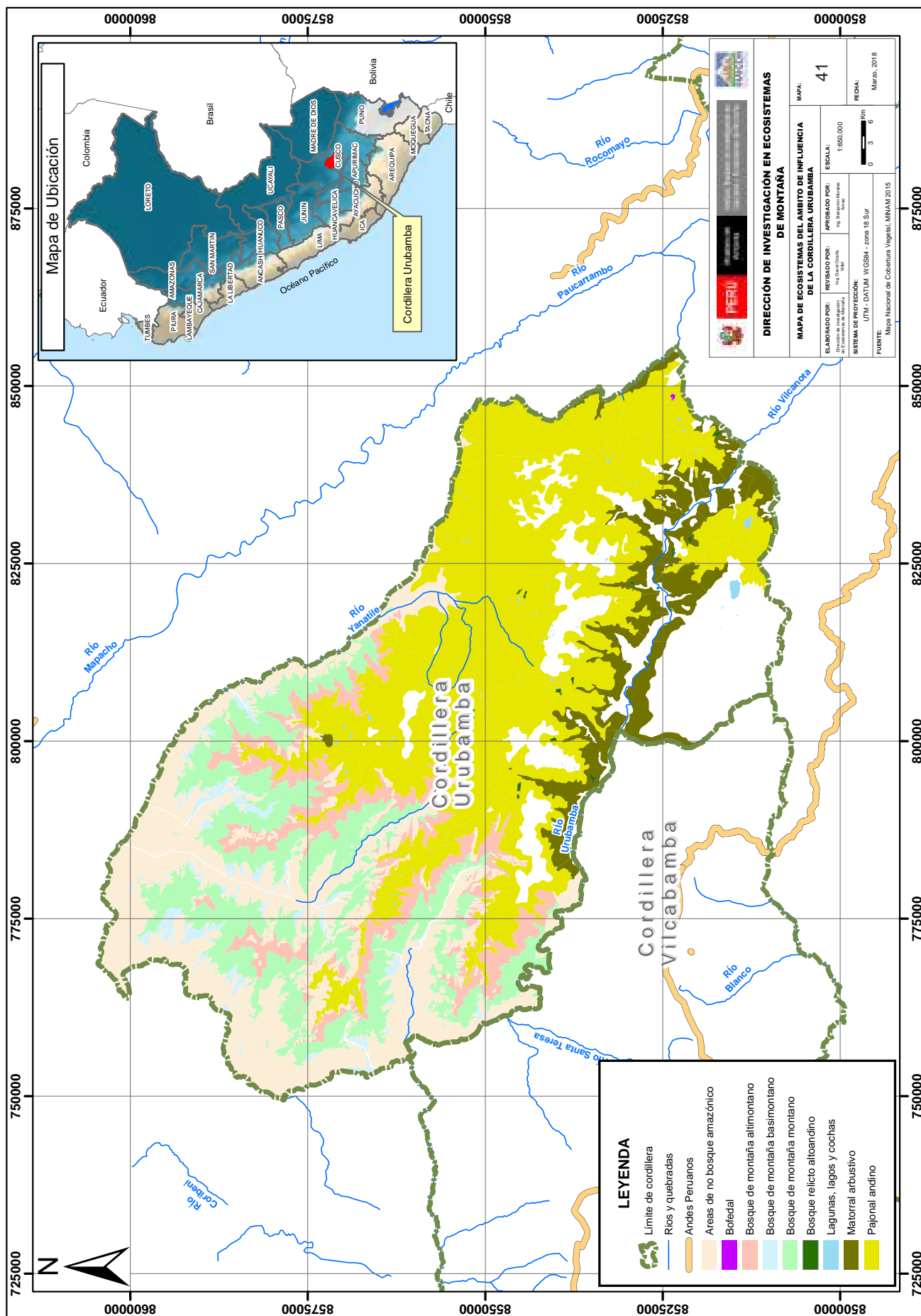
Fuente: INEI. (*) Factor de incidencia territorial.



Mapa 39 . Ubicación geográfica del ámbito de influencia de la Cordillera Urubamba



Mapa 40. Precipitación y temperatura del ámbito de influencia de la Cordillera Urubamba.



Mapa 41. Ecosistemas en el ámbito de influencia de la Cordillera Urubamba.

De otro lado, desde mediados de la década de 1990 se registra el aumento significativo en número y extensión de las concesiones mineras en toda la provincia de Calca. Al año 2005, los derechos mineros ocupaban el 2.3% del territorio, en la actualidad, el área concesionada se multiplicó por diez y ocupa el 24.37%. Los titulares de las concesiones mineras en la provincia ascienden a 62 personas jurídicas y naturales, la Compañía de Exploraciones Orión concentra el 67% del total.

La Convención es la provincia más extensa del Cusco, abarca algo más del 44% de la superficie regional y casi la totalidad de su territorio se encuentra en la zona amazónica. Las concesiones y petitorios mineros ocupan 115,000 ha, lo que representan apenas el 3.33% del total. Entre el año 2005 y 2013, el área concesionada para la minería se multiplicó por 2.6. Hacia mediados de 2013, se registraban 87 titulares de derechos mineros: los quince principales concentran aproximadamente el 69% de la extensión. La Compañía de Exploraciones Orión posee más del 35% del total y le siguen la canadiense Solex del Perú con 7.28% y Aceros Arequipa con 4.94%.

Finalmente, Urubamba, ubicada en la zona central del Cusco, está catalogada como *Paisaje Cultural Arqueológico de la Nación*. El Ministerio de Cultura desarrolla una intensa labor de protección del patrimonio, como en el *Santuario Histórico de Machu Picchu*, entre otros lugares. Por lo tanto, INGEMMET ha definido gran parte del territorio de la provincia como zona restringida para el desarrollo de actividad minera. Como consecuencia, Urubamba es una de las provincias cusqueñas con menor presencia de concesiones, y a mediados de 2014, apenas superaban las diez mil ha y representaban el 7.46% de la superficie. En la provincia se registran 47 titulares de derechos mineros, gran parte de los cuales son personas naturales con concesiones menores a 500 ha (CooperAcción, 2017).

4.3.3.5.3. Agricultura y ganadería

El imponente Moray para muchos estudiosos fue un centro de planificación de desarrollo agrario y de domesticación de especies. El sitio en buena cuenta refleja lo avanzado de la tecnología inca que en muchos aspectos han contribuido de manera significativa con la nutrición y alimentación mundial. Los expertos parecen estar de acuerdo en que Moray era un centro de investigación agrícola. La disposición gradual de sus terrazas forma diferentes microclimas que, por sus características de altitud, humedad y temperatura, permiten la experimentación con los cultivos. En estas terrazas, los antiguos habitantes del valle experimentaron con especies como la papa, el maíz o la coca, así como con muchas otras plantas salvajes que adaptaron al consumo humano. Gracias a centros como el de Moray, los incas lograron increíbles avances en su agricultura; disciplina que, a la larga, sería fundamental para su desarrollo

económico (Pérez del Olmo, 2011). John Earls, uno de los científicos que más ha investigado Moray, sostiene haber descubierto piedras verticales en las terrazas, las mismas que marcarían los límites de las sombras del atardecer durante los equinoccios y solsticios. Los pobladores locales llaman "ñustas" a estas piedras. Earls concluye que cada terraza en Moray reproduce las condiciones climáticas de diferentes zonas ecológicas del imperio incaico (MachuPicchu Travel, 2014).

También está la zona de Quillabamba y su enorme diversidad de cultivos tropicales, que están dando lugar a una agroindustria de exportación, con el cacao y el café principalmente, aparte de muchos frutales y sus derivados.

Respecto del uso de la tierra, según los datos del Censo Nacional Agropecuario del año 2012, se tiene que aproximadamente el 5.3% de la superficie de la cordillera se encuentra en uso directo, en los porcentajes siguientes:

• Superficie con cultivos	: 13.40%
• Superficie agrícola sin cultivo y va a ser sembrada	: 2.64%
• Superficie agrícola sin cultivo y no va a ser sembrada	: 1.80%
• Superficie agrícola en descanso	: 2.02%
• Pastos naturales manejados	: 1.26%
• Pastos naturales no manejados	: 46.41%
• Montes y bosques	: 25.22%
• Superficie dedicada a otros usos	: 7.26%

En estos datos notamos un ligero crecimiento de las áreas destinadas a los diversos cultivos con 22,420 ha. Las extensiones de pastos naturales no manejados siguen constituyendo la mayor extensión con 77,676 ha. Los montes y bosques muestran una extensión muy considerable con 42,212 ha.

4.3.3.5.4. Turismo y cultura

Los atractivos turísticos son muchos y cada uno más imponente que el otro. Entre los que destacan Ollantaytambo, Moray, Calca y Pisac, con gran afluencia de turistas muy similar a Machu Picchu.

Ollantaytambo es un poblado y sitio arqueológico incaico, capital del distrito de Ollantaytambo (provincia de Urubamba), a unos 90 km al noroeste de la ciudad del Cusco. Durante el incanato, inca Pachacuti conquistó la región, construyó el pueblo y un centro ceremonial. Sirvió durante la época de la conquista como fuerte de Manco Inca Yupanqui, líder de la resistencia inca. En Ollantaytambo hay andenes de contención o resistencia (para evitar deslizamientos) que no sirvieron como los andenes agrícolas presentes en los demás sitios arqueológicos del Cusco. Hoy en día es una importante atracción turística debido a sus construcciones incas y

por ser uno de los puntos de partida más comunes del camino inca hacia Machu Picchu.

Este complejo arquitectónico monumental con sus descomunales muros no fue una fortaleza, como muchos lo llaman, sino un tambo o ciudad-alojamiento, ubicado estratégicamente para dominar el Valle Sagrado de los Incas. Su tipo arquitectónico y la calidad de cada piedra, trabajada individualmente, conforman una obra muy peculiar y sorprendente, especialmente el Templo del Sol y sus gigantescos monolitos. Las calles rectas, estrechas y pintorescas hoy forman quince manzanas de casas ubicadas al norte de la plaza principal de la ciudad moderna, constituyendo un verdadero legado histórico. Unas casas coloniales están construidas sobre hermosos muros incaicos (Pierre Protzen, 2014). Fotografía 78.



Fotografía 78. Andenes de Ollantaytambo.
Fuente: Go Machu Picchu.

En Moray, los microclimas de las terrazas (andenes) que rodean el embudo más grande (Qechuyoq) se distribuyen en sectores de cuatro niveles contiguos, cada sector con características microclimáticas propias. Los cuatro andenes inferiores (1, 2, 3 y 4) del Sector I son más húmedos y tienen temperaturas de suelo bajas debido a la mayor evapotranspiración del agua. Los suelos de los andenes del Sector II (niveles 5, 6, 7 y 8) tienen temperaturas anuales promedios de 2 °C o 3 °C mayores. Los del Sector III (9, 10, 11 y 12) tienen temperaturas que pueden ser mayores o menores de acuerdo con la variación en la exposición solar en el curso de las estaciones del año. Los meses de mayor diferenciación microclimática son los de la estación seca (mayo, junio y julio) y la del sembrío (agosto, setiembre, octubre y noviembre). Fotografía 79.



Fotografía 79. Terrazas de cultivo de Moray - Cordillera Urubamba.

Se puede observar la majestuosidad de la Cordillera Urubamba desde la localidad de Maras, que fue un poblado importante durante el virreinato. Este lugar fue el principal abastecedor de sal de la sierra meridional, así lo demuestran la iglesia y las casonas que aún conservan los escudos de nobleza indígena en sus fachadas (Origen Andino, 2012). Cerca se encuentran los poblados indígenas de Lares, Wacawasi, Cuncani, Qachin, Choquecancha, Quiswarani y otros. En la actualidad, los pobladores de estas villas son muy conocidos por el empleo de técnicas y costumbres ancestrales en los procesos de producción agrícola y de textiles hechos con lana de llama y alpaca, y teñidos de manera natural utilizando plantas y minerales de la zona. Fotografía 80.



Fotografía 80. Salinas de Maras - Cordillera Urubamba.

4.3.3.6. Inventario de la superficie glaciar

4.3.3.6.1. Antecedentes

Entre 1970 y 1989, se realizó el primer inventario de dieciocho cordilleras glaciares del Perú, usando fotografías aéreas del proyecto N° AF-60-17 de 1962-1963, 62336-002 (44) de 1955 y algunas fotografías verticales en infrarrojo tomadas por la NASA en 1970, donde se determinó un área de la cobertura glaciar de 41.48 km² y 90 glaciares para la Cordillera Urubamba (Hidrandina S.A., 1989). Analizados los datos nuevamente por INAIGEM a través de la reconstrucción de superficies glaciares con imágenes satelitales LANDSAT de 1975, se encontraron 76.16 km² de cobertura glaciar para la Cordillera Urubamba.

Debido al visible retroceso de los glaciares en las cordilleras peruanas, en 1997 se llevó a cabo un nuevo inventario parcial en cuencas seleccionadas en las cordilleras Blanca, Raura, Central, Huaytapallana, Huagoruncho. El material básico de trabajo fueron las imágenes del satélite LANDSAT tomadas en el período 1995-1997, obteniendo un área de cobertura glaciar de 28.21 km² para la Cordillera Urubamba (CONAM, 2001).

Entre los años 2003 al 2014, se efectuó el tercer inventario de glaciares y lagunas realizado por la UGRH, en base al procesamiento de imágenes satelitales SPOT, ASTER,

LANDSAT y LISS III de diecinueve cordilleras del Perú (se incluyó a la Cordillera Volcánica que en la actualidad es considerada extinta, aunque con acumulación estacional de nieve). Se obtuvo un área de cobertura glaciar de 26.39 km² y 117 glaciares para la cordillera (ANA, 2014).

En el año 2016, el INAIGEM efectuó el cuarto inventario de las coberturas glaciares de las dieciocho cordilleras glaciares del Perú, registrando un área de cobertura glaciar de 23.54 km² para la Cordillera Urubamba.

4.3.3.6.2. Descripción de los glaciares

Los glaciares en esta cordillera se encuentran dispersos dentro de 52 km a lo largo de la cadena montañosa del ramal central de los Andes peruanos, entre el nevado Apuy Padreyoc en su extremo norte, nevado Bonanta en el extremo Oeste y el nevado Ccerayoc en su extremo sur. Esta cordillera forma parte de las cordilleras con cobertura glaciar del sur. Los glaciares dentro de este ámbito son de tipo montaña, los cuales se encuentran adheridos a los flancos de las laderas. Los grupos importantes son el nevado Verónica de mayor extensión, además de los nevados Marconi, Huajayhuilca, Ccolque Cruz y Terijuay, por citar algunos importantes.

Los glaciares que conforman el nevado Verónica, son un claro ejemplo de la acelerada fusión de los frentes, quedando ahora masas reducidas pegadas a las faldas de las montañas Fotografía 81.

Las cumbres de los glaciares presentan gran potencial para el andinismo y otras actividades turísticas. Las masas

glaciares se distribuyen desde los 4,429 hasta los 5,823 m s.n.m., donde los puntos más elevados se encuentran en el nevado Ccolque Cruz y el nevado Verónica. Los glaciares presentan en su mayoría superficies libres de detritos o escombros, los cuales representan el 97.09% de la superficie total, y las lenguas o superficies glaciares cubiertas parcial o totalmente por materiales detríticos y escombros, representan el 2.91%.

4.3.3.6.3. Monitoreo de glaciares

En la Cordillera Urubamba se inició el monitoreo anual de carbono negro desde abril de 2015 en el glaciar Chicón, en el distrito de Urubamba, provincia de Urubamba, a cargo del Ing. Juan José Zúñiga Negrón de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco y el Dr. Carl Schmitt del programa American Climber Science Program de los EE.UU.

4.3.3.6.4. Lagunas de origen glaciar

Los impactos del cambio climático han incrementado las tasas de fusión de los glaciares sobre esta cordillera, dando origen a nuevas lagunas.

Estas lagunas, que resaltan por su magnitud y belleza, son recursos hídricos de gran importancia para las comunidades que habitan la región. Piuray es la laguna más importante de la Cordillera Urubamba, tiene una extensión superficial de 3 km², posee represamiento y se encuentra dentro de la unidad hidrográfica Urubamba, que además comprende las lagunas de Huaypo, Qoricocha, Huaysalcocha, Palanganayoc, Jatunranyoc, Azulcocha, Laycamyo, Lalacay y Quimsacocha. Fotografía 82.



Fotografía 81. Reducción de los frentes de los glaciares que conforman el Nevado Verónica - Cordillera Urubamba.



Fotografía 82. Vista de la laguna Piuray, al fondo los glaciares de la cordillera Urubamba. Fuente: Andean Peru Adventure.

4.3.3.6.5. Riesgos de origen glaciar

El último evento aluviónico se registró en la cuenca Occururuyoc en diciembre del 2010, donde el incremento súbito del caudal en el río causó daños materiales en la comunidad de Chicón y parte de la ciudad de Urubamba. Este suceso tuvo como detonante el desprendimiento de un frente glaciar sobre la laguna Riticocha. En la actualidad esta laguna está siendo monitoreada por un sistema de alerta temprana (SAT).

4.3.3.6.6. Resultados del inventario

La Cordillera Urubamba cubre una superficie glaciar total de 23.54 km² al 2016, que incluye un área glaciar cubierto de 0.69 km² y otra área glaciar libre de detritos o escombros con 22.85 km². Tabla 35 y Gráfico 42.

Tabla 35. Superficie glaciar 2016 - Cordillera Urubamba.

Unidad	Superficie Glaciar		
	Libre de detritos o escombros	Cubierto	Total
Km ²	22.85	0.69	23.54
%	97.09	2.91	100.00

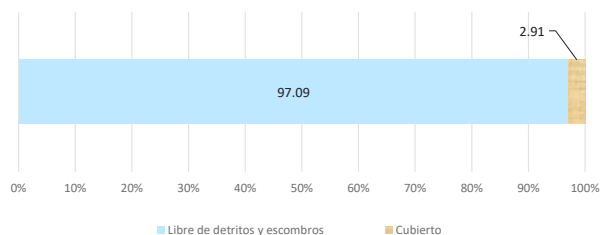


Gráfico 42. Proporción de superficies glaciares 2016 - Cordillera Urubamba.

En el análisis de cambio de superficie, se determinó que en 54 años (1962-2016) el área glaciar disminuyó en 52.62 km². Gráfico 43 y Figura 22.

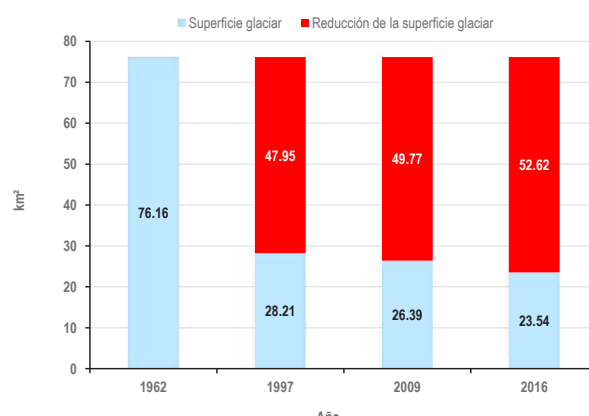


Gráfico 43. Reducción del área glaciar por periodos (1962-2016) - Cordillera Urubamba.



Figura 22. Reducción de la superficie glaciar en la Cordillera Urubamba.

4.3.3.6.7. Tendencia estimada de la reducción de la superficie glaciar

Considerando los resultados de los inventarios de 1989 (publicado por Hidrandina S.A. & y reanalizado por INAIGEM al 2016), de 2001 (CONAM), de 2014 (ANA-UGRH) y del 2017 (INAIGEM), se obtiene una tasa de

retroceso 1.01 km²/año. De acuerdo con estos datos, se estima que los glaciares de la Cordillera Urubamba desaparecerían en el año 2034. Sin embargo, es importante mencionar que este valor es una estimación estadística lineal, sujeta a las variaciones y tendencias climáticas futuras a nivel global. Gráfico 44.

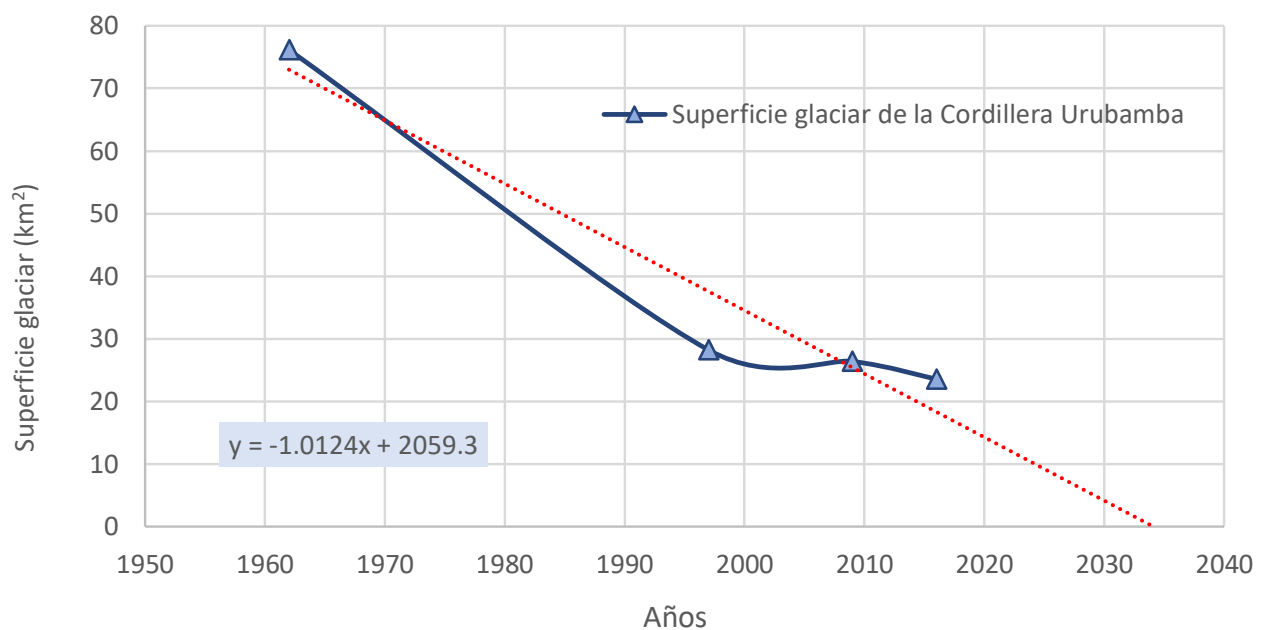


Gráfico 44. Tendencia estimada de la reducción de la superficie glaciar de la Cordillera Urubamba.

Resumen

- El análisis de cambio de superficie en la Cordillera Urubamba al año 2016, muestra que el área glaciar disminuyó de 76.16 km² a 23.54 km² con una pérdida de 52.62 km², equivalente al 69.09%. Sin embargo, esta tendencia se ha agudizado en los últimos años.
- Los glaciares presentan en su mayoría superficies libres de detritos o escombros, los cuales representan el 97.09% (22.85 km²) de la superficie total, y las lenguas o superficies glaciares cubiertas parcial o totalmente por materiales detríticos y escombros, representan el 2.91% (0.69 km²).
- Con los datos del inventario glaciar en la Cordillera Urubamba, se tiene una tasa de reducción de 1.01 km²/año, con esta tasa los glaciares de la cordillera desaparecerán hacia el año 2034 de continuar la tendencia actual.
- En esta cordillera se ubica la central hidroeléctrica Santa Teresa, que tiene una potencia instalada de 98.2 MW de energía.
- La Cordillera Urubamba al igual que la Cordillera Vilcabamba es receptora del más importante flujo turístico del país, entre los que destacan Ollantaytambo, Pisac, Moray, Palca y Maras entre otros, habiéndose registrado una afluencia de turistas cercana a las 1'500,000 de visitas por año.
- La población existente para el área de influencia de la cordillera es de 117,330 habitantes distribuidos en las provincias de Abancay, Anta, La Convención y Urubamba. La densidad poblacional estimada es de 22 habitantes por km². La tasa poblacional de incremento medio anual es de 0.95%.

4.3.4. CORDILLERA HUANZO

4.3.4.1. Ubicación

La Cordillera Huanzo forma parte de las cordilleras ubicadas en la zona sur del país y se ubica al norte de las cordilleras Ampato y Chila. El ámbito de influencia de la cordillera tiene un área de 13,761 km² y una longitud de 175 km. Sus límites geográficos están comprendidos entre los paralelos 15°21'07.48" y 14°03'17.54" latitud sur y entre los meridianos 73°24'12.55" y 71°46' 43.38" longitud oeste.

Políticamente, el ámbito se extiende parcialmente sobre los territorios de los departamentos de Apurímac en las provincias de Antabamba, Cotabambas y Grau; Arequipa en las provincias de Castilla, Caylloma, Condesuyos y La Unión; Cusco en la provincia de Chumbivilcas; y Ayachucho en las provincias de Parinacochas y Paucar del Sara Sara. Mapa 42.

4.3.4.2. Acceso

El acceso es por carretera asfaltada de 904 km partiendo desde Lima hasta la ciudad de Abancay, y luego de Abancay a Vilcabamba. Otra alternativa es desde Cotahuasi, hacia el noreste, por carreta afirmada, hacia Millpo y Linqui. También desde Cotahuasi hacia el este, rumbo a Alca y Huilla.

4.3.4.3. Aspectos Físicos

4.3.4.3.1. Hidrografía y climatología

La red de drenaje dentro de la Cordillera Huanzo se distribuye en tres cuencas hidrográficas: Alto Apurímac, que pertenece a la vertiente del Atlántico; y Ocoña y Camaná, de la vertiente del Pacífico. El mayor almacenamiento de agua se ubica en la cuenca del Alto Apurímac.

En el flanco occidental, los ríos Huancahuanca, Oyolo y Cotahuasi se unen aguas abajo y forman el río Ocoña; y los ríos Umachulco, Huancurama y Mollo que vierten sus aguas al río Colca pasando por el río Majes y más abajo forma parte del río Camaná.

En el flanco oriental, tenemos a los ríos Antabamba, Oropesa, Santo Tomás y Cayarani, que abastecen a los diferentes pueblos en su recorrido y a diversas actividades.

Los ríos principales en la cuenca Ocoña son: Pucuraypampa, Ccoruro y Ecma, este último con origen en la laguna Vila. Además, existe un conjunto de ríos como Guanamonarca, Arcaya, Cushpa y Ayrusa que en unión con el río Ccoruro dan origen al río Samana, que aguas abajo se junta con el río Pampamarca que reúne los

caudales del río Chaupimayo y los reboses de las lagunas Huanzo y Llanguille, todo este grupo de ríos forma el río Cotahuasi.

Las precipitaciones que concentran en la zona nornoreste de la cordillera llegando a una media anual de alrededor de los 700 mm. Éstas se dan principalmente en la estación de verano y son del tipo orográficas. Mapa 43.

De acuerdo con la clasificación climática de Thornthwaite (SENAMHI, 1988), sobre la cordillera predomina un clima lluvioso semifrío de tundra, con veranos lluviosos, invierno y otoño secos con heladas moderadas. Según los datos grillados del proyecto PISCO, la temperatura media anual se ubica entre los 10 y 12 °C para zonas ubicadas alrededor de los 3,000 a 3,500 m s.n.m., que es donde se encuentran las ciudades principales. Luego los valores van disminuyendo mientras se incrementa la altitud, llegándose a tener, por sobre los 4,500 m s.n.m., una temperatura media anual por debajo de los 6 °C (Lavado, et al., 2016).

4.3.4.3.2. Geología y geomorfología

En la parte meridional de la Cordillera Huanzo afloran en forma restringida rocas sedimentarias cretácicas compuestas por areniscas cuarcíferas blancas intercaladas con lutitas. Sobre yaciendo se tiene una secuencia volcánica-sedimentaria cenozoica, donde sobresalen aglomerados volcánicos, lahares, andesitas porfíricas, y andesitas afaníticas de grano fino y medio, habiendo sido intruídas por cuerpos intrusivos de naturaleza dacítica, diorítica y latítica (INGEMMET, 1994).

En la parte septentrional de la cordillera, afloran rocas sedimentarias mesozoicas compuestas de lutitas grises y estratos delgados de areniscas y areniscas cuarcíferas blancas, intercaladas con lutitas. Sobre yaciendo, se tienen secuencias volcánica-sedimentarias cenozoicas.

Localmente, está constituida por rocas volcánicas andesíticas y basálticas, cuyos afloramientos se exponen como basamento de las zonas nevadas. Litológicamente se caracterizan como andesitas oscuras variando a basalto, en algunos sectores se observan también domos o intrusiones hipabisales. Estructuralmente, se visualizan pocos lineamientos estructurales debido a su gran cobertura volcánica.

La Cordillera Huanzo se ubicada en la Cordillera Occidental de la Cordillera de los Andes. Se caracteriza por tener un relieve montañoso variado y típicamente glaciar. Está conformada por laderas de montaña muy escarpadas y colinas de relieve ondulado, con planicies alto andinas por encima de los 4,500 m s.n.m., y siendo su pico más alto el nevado Huanzo con 5,400 m s.n.m.

El proceso de peneplanización ha afectado en esta área, generando zonas de mesetas altoandinas conformando la

región puna. Asimismo, se observa una serie de cuerpos de agua (lagunas) hacia la parte sureste, evidenciando el proceso de desglaciación. Finalmente, la geodinámica de las aguas superficiales actúa fuertemente en la nueva configuración del paisaje, generando zonas inestables por movimientos en masas que podrían afectar zonas pobladas.

4.3.4.4. Ecosistemas de montaña

En la Cordillera Huanzo se presentan cinco ecosistemas que cumplen funciones ecosistémicas importantes dentro de sus áreas de influencia. Estos ecosistemas son bofedales, bosque relicto mesoandino, cardonal, matorral arbustivo y pajonal andino (MINAM, 2017). El pajonal andino ocupa 65.5% del territorio y el porcentaje restante lo ocupan los otros ecosistemas: bofedal (2%), matorral arbustivo (7%), bosque relicto mesoandino (0.3%) y cardonal (0.5%). Fotografía 83 y Fotografía 84.



Fotografía 83. Vista del paisaje andino - Cordillera Huanzo.



Fotografía 84. Vista de un bofedal - Cordillera Huanzo.

Las condiciones ecológicas de los bosques de alto andinos de esta cordillera se pueden caracterizar principalmente en relación con condiciones de temperatura, humedad y suelos. Debido a su localización a grandes elevaciones en los Andes, los bosques están sujetos a amplias fluctuaciones diurnas de temperatura, comúnmente con diferencias de 20-30°C entre las temperaturas máximas del día y las heladas nocturnas.

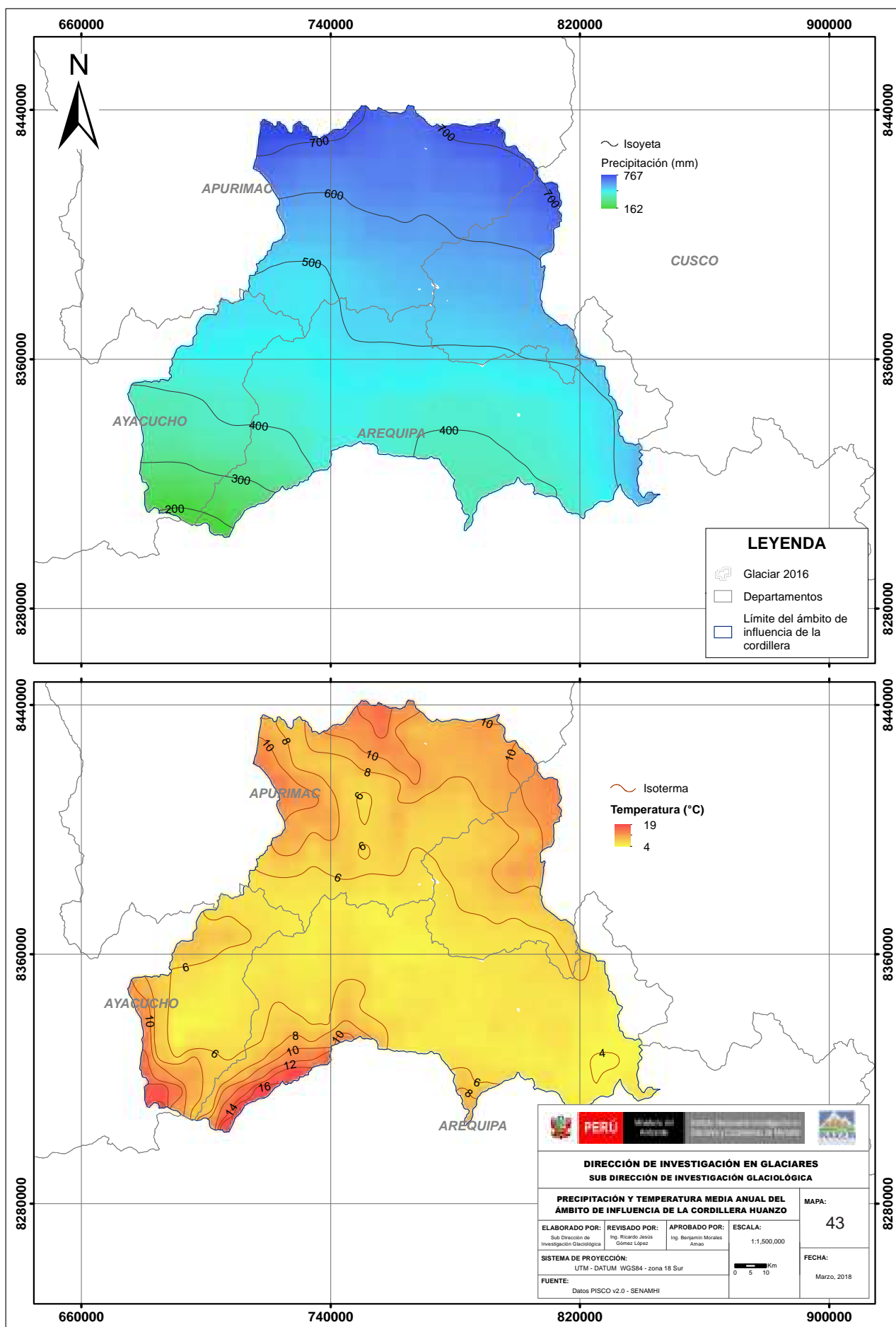
Estas fluctuaciones representan un estrés enorme para las plantas, sobre todo, a altitudes por encima de los 4,000 m s.n.m., la gran mayoría de las especies muestra adaptaciones a temperaturas bajas. Estas pueden ser morfológicas como las gruesas cortezas y el crecimiento en cojines en *Azorella* o fisiológicas como la resistencia al congelamiento. Las condiciones semiáridas a áridas de gran parte de la cordillera conllevan a observar adaptaciones especiales de las plantas. En la época seca, que coincide con la época relativamente más fría, muchas plantas se encuentran en estados inactivos, sobreviviendo como semillas (plantas anuales), bulbos o rizomas subterráneos (geófitos, incluyendo especies de *Solanum*, *Oxalis*, *Ullucus* y *Tropaeolum*) o al menos no mostrando crecimiento (muchos arbustos). Las plantas suculentas son raras en bosques andinos ya que las amplias reservas de agua de éstas son susceptibles al congelamiento. En el caso de *Polylepis*, el crecimiento vegetativo tiene lugar sobre todo en la época húmeda y relativamente caliente, mientras que la floración ocurre principalmente en la época seca y fría. Mapa 44.

4.3.4.5. Aspectos socio económicos culturales

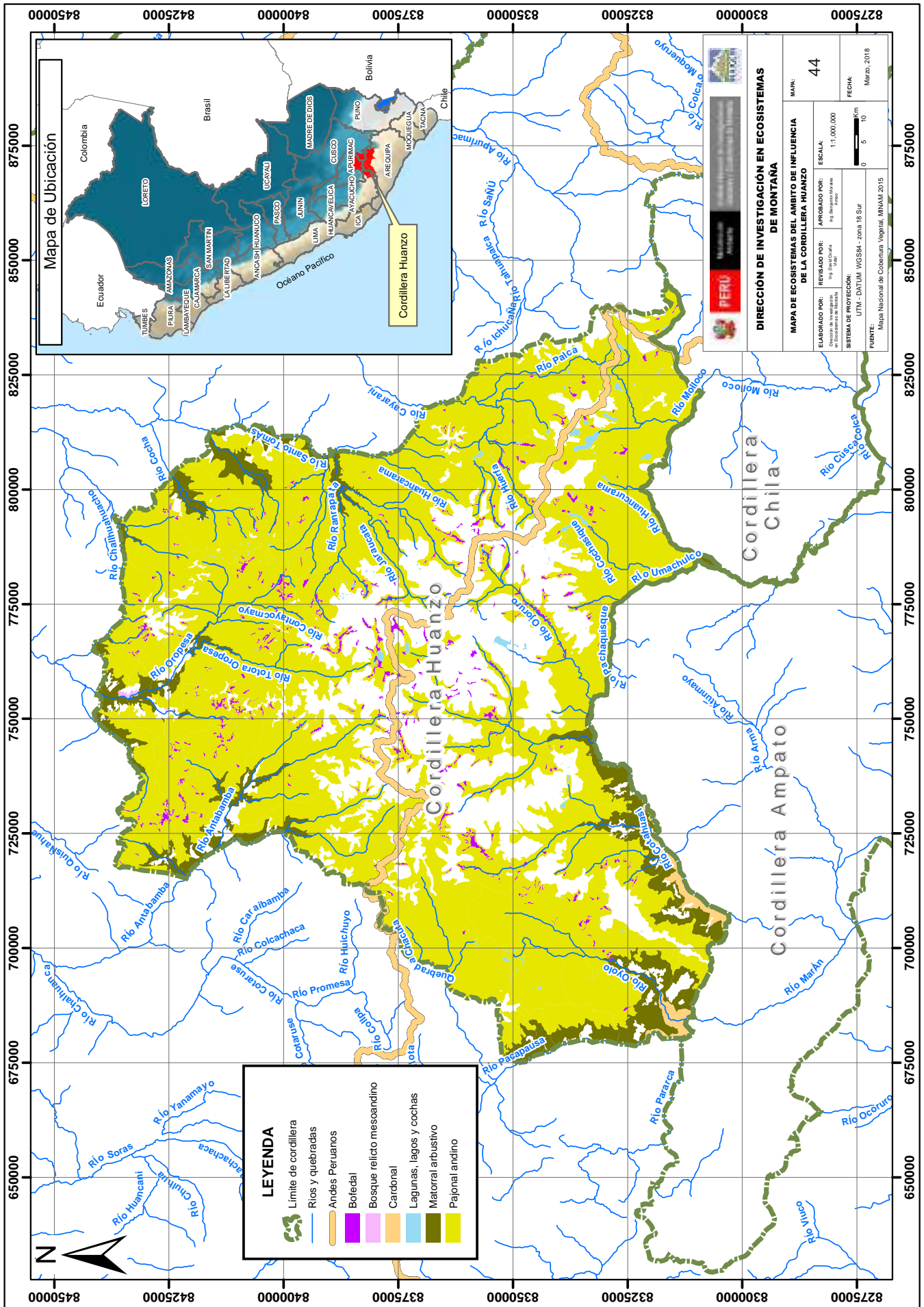
4.3.4.5.1. Población

La población inferida, en la zona de influencia de la cordillera, con una data de 16 años, se mantiene prácticamente estable. Se tiene un incremento de 1,772 habitantes en todo ese período de tiempo. Esto se explica por el marcado proceso migratorio hacia las ciudades principales de la sierra tales como Ayacucho, Abancay, Arequipa y otras ciudades de la costa como Ica y Lima; como se sabe, la migración se centra en los jóvenes en busca de oportunidades para su futuro. La población ha disminuído entre el 2000 y el 2015 en las provincias de Antabamba, Castilla, Condesuyos, Grau y La Unión (INEI, 2018).

La densidad poblacional estimada para la cordillera es de 7 habitantes por km². La tasa de incremento poblacional medio anual es de 0.13%. Tabla 36.



Mapa 43. Precipitación y temperatura del ámbito de influencia de la Cordillera Huanzo.



Mapa 44. Ecosistemas en el ámbito de influencia de la Cordillera Huanzo.

Tabla 36. Población de las Provincias de la Cordillera Huanzo

Años	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
ANTABAMBA(0.86*)	11,370	11,388	11,404	11,420	11,435	11,449	11,464	11,478	11,491	11,502	11,511	11,518	11,523	11,527	11,524	11,521
CASTILLA(0.2*)	7,979	7,986	7,986	7,979	7,968	7,954	7,936	7,914	7,889	7,863	7,840	7,819	7,798	7,777	7,756	7,734
CAYLLOMA(0.02*)	1,218	1,258	1,298	1,338	1,378	1,419	1,461	1,503	1,546	1,590	1,635	1,682	1,731	1,781	1,832	1,884
CHUMBIVILCAS(0.35*)	27,216	27,394	27,557	27,707	27,848	27,979	28,101	28,212	28,314	28,408	28,497	28,580	28,657	28,727	28,790	28,844
CONDESUYOS(0.12*)	2,522	2,503	2,481	2,457	2,432	2,407	2,381	2,355	2,327	2,300	2,274	2,249	2,225	2,201	2,177	2,153
COTABAMBA(0.22*)	10,303	10,392	10,482	10,570	10,659	10,748	10,838	10,928	11,019	11,108	11,195	11,281	11,367	11,450	11,531	11,609
GRAU(0.37*)	10,243	10,226	10,208	10,189	10,169	10,149	10,129	10,109	10,088	10,065	10,040	10,013	9,985	9,956	9,923	9,886
LA UNION(0.66*)	11,526	11,423	11,311	11,190	11,065	10,938	10,807	10,670	10,532	10,395	10,262	10,134	10,008	9,884	9,761	9,637
PARINACOCNAS(0.13*)	3,497	3,545	3,601	3,661	3,721	3,779	3,835	3,890	3,946	4,001	4,055	4,109	4,163	4,216	4,269	4,321
PAUCAR DEL SARA SARA(0.61*)	6,650	6,652	6,665	6,684	6,702	6,715	6,722	6,728	6,731	6,734	6,733	6,731	6,727	6,721	6,712	6,703
TOTAL	92,522	92,768	92,993	93,195	93,377	93,537	93,674	93,785	93,883	93,966	94,043	94,117	94,184	94,240	94,276	94,294

Fuente: INEI. (*) Factor de incidencia territorial.

4.3.4.5.2. Energía y minería

Las principales centrales eléctricas de la Cordillera Huanzo se muestran la Tabla 37.

Tabla 37. Principales centrales eléctricas en la Cordillera Huanzo

EMPRESA	CENTRAL	POT.INST. (MW)	PROVINCIA	DISTRITO
Electro Sur Este S.A.A.	C.H. ANTABAMBA	0.060	Antabamba	Antabamba
	C.T. ANTABAMBA	0.200	Antabamba	Antabamba
	C.H. ONGORO	0.520	Castilla	Caylloma
	C.T. COTAHUASI	0.160	La Unión	Cotahuasi
Cia. De Minas Buenaventura S.A.A.	C.H. HUANCARAMA	3.900	Castilla	Orocampampa
	C.T. ORCOPAMPA	3.976	Castilla	Orocampampa
Cia. Minera Ares	C.T. ARES 2	5.100	Castilla	Orocampampa
Minera Shila S.A.	C.T. SHILA	2.440	Castilla	Chachas

De otro lado, la actividad minera tiene su propio espacio en el departamento Apurímac y en los últimos años ha tomado mayor importancia. El mayor proyecto minero en desarrollo es Las Bambas, que se encuentra concesionado a la empresa suiza Xstrata Copper y que representa una inversión aproximada de US\$ 4,200 millones. Se ubica a más de 4,000 m s.n.m., en una extensión de 35,000 ha, entre las provincias de Cotabambas y Grau (MEM, 2018).

4.3.4.5.3. Agricultura y ganadería

La dinámica económica del departamento Apurímac involucra a la agricultura, la ganadería, la minería, el turismo, la pesca, la industria y el comercio. La zona andina se caracteriza por la agricultura intensiva que mantiene ocupada la mano de obra de sus pobladores. Este rubro va asociado a la producción de carne (fresca y seca), fibras de camélidos, producción de lácteos, desarrollo de la apicultura, producción de palta, chirimoya, sauco y aguaymanto, además de la incorporación de la crianza de gusanos de seda, papa ecológica y páprika, entre otros. La piscicultura es otra de las actividades de mayor potencial en la región, debido a la presencia de numerosos ríos y espejos de agua, aptos para la siembra de truchas y otras especies acuícolas. También se conoce la aplicación de programas de desarrollo productivo, encontrándose

las dificultades que afectan a otras regiones andinas, como las deficiencias en la organización, la tecnología tradicional mal orientada, la falta de visión en el contexto económico, y la falta de propuestas en la interacción con las cadenas productivas.

En Cusco, la actividad económica principal de la provincia de Chumbivilcas es la ganadería porque cuenta con unos factores ambientales favorables como la calidad del agua y la extensión del terreno, que tiene pastos naturales que corresponden al 84.39% de la superficie agropecuaria de la provincia. Chumbivilcas se diferencia de las otras provincias de Cusco por sus factores ambientales, ecológicos y socioeconómicos que logran una práctica ganadera bastante interesante; podemos encontrar el 18% de la población de vacunos de la región Cusco, 23.1% de equinos, 22.9% de ovinos, 13.6% de llamas, 13.2% de caprinos y 9% de alpacas. A pesar de ser la principal actividad económica, encontramos un conflicto en la ganadería de Chumbivilcas: los rendimientos de productividad de carne de vacuno y ovino, así como de leche y fibra de alpaca, tienen un valor por debajo del promedio de la región, lo que se refleja en baja rentabilidad para los productores.

Respecto del uso de la tierra según los datos del Censo Nacional Agropecuario del año 2012, aproximadamente el 24.8% de la superficie de la cordillera se encuentra en uso directo, en los porcentajes siguientes:

- Superficie con cultivos : 4.71%
- Superficie agrícola sin cultivo y va a ser sembrada : 1.32%
- Superficie agrícola sin cultivo y no va a ser sembrada : 0.83%
- Superficie agrícola en descanso : 1.61%
- Pastos naturales manejados : 2.04%
- Pastos naturales no manejados : 69.24%
- Montes y bosques : 4.23%
- Superficie dedicada a otros usos : 16.02%

Llama la atención la reducida área destinada a montes y bosques.

Como podremos observar, la variable pastos naturales no manejados continúa teniendo alta presencia con 69.24%, nos estamos refiriendo a 402,307 ha, en tanto que la superficie dedicada a cultivos solo representa el 4.71%, (27,385 ha) (CENAGRO, 2012). Entre los cultivos principales que son conducidos en los terrenos agrícolas de esta Cordillera predominan los altoandinos en su mayoría productos de autoconsumo y de baja rentabilidad. Los montes y bosques muestran un porcentaje poco significativo con 4.23%.

4.3.4.5.4. Turismo y cultura

La Cordillera Huanzo comprende los departamentos sureños de Apurímac, Arequipa, Ayacucho y parte de Cusco. Por su amplitud ofrece variedades opciones turísticas de recreación, de aventura y ecológicas.

Turísticamente, en las diferentes provincias de Apurímac, se destacan iglesias y templos coloniales y el complejo arqueológico de Markansaya en el distrito de Challhuahuacho.

En Arequipa encontramos la reserva Cotahuasi en el distrito de Huaynacotas, provincia de La Unión. La denominada *Reserva Paisajística Sub Cuenca del Cotahuasi* (RPSCC) es un área natural protegida del Perú, creada el 23 de mayo de 2005 mediante Decreto Supremo N°027-2005-AG. Es una de las reservas más grandes de la sierra peruana con una extensión de 490,550 ha. Dentro de la reserva destaca el cañón del Cotahuasi que se ubica a aproximadamente a 400 km al noroeste de la ciudad de Arequipa. Es uno de los cañones más profundos y hermosos del planeta, el cual se extiende desde las faldas del nevado Solimana hasta la confluencia con el río Ocoña. En el sector de Ninacocha, el cañón supera los 3,500 m s.n.m. de altura, es considerado el más profundo del mundo.

También se encuentra el bosque de piedras de Huito en el distrito de Pampamarca, sobre los 4,000 m s.n.m. Es una formación geológica, volcánica, producto de la erosión y constituye un mirador desde donde se aprecian los florecientes pueblos de Ccotanayoc, Cochapampa, Ceccencaylla, Cotahuasi y Quillunsa. Destaca también el bosque de Puyas Raimondi en el poblado de Lauripampa.

La subcuenca del Cotahuasi alimenta casi en su totalidad al río Ocoña, que es el segundo río más importante de la costa peruana por el volumen de agua en el estiaje. Asimismo, en este lugar, las áreas de nevados y lagunas conforman una de las principales reservas de agua dulce en los Andes occidentales. Además, el aislamiento de la cuenca ha permitido que no se desarrollen actividades contaminantes del agua, suelo o aire, constituyéndose en valores esenciales del ambiente. La Cordillera Huanzo le asigna un valor ambiental particular a la cuenca, debido a estar considerada como un hotspot de los Andes

meridionales y por tener un alto valor biológico.

En los alrededores del cañón se han identificado templos y zonas arqueológicas con extensos y antiguos andenes que reflejan el ingenio de los pueblos nativos en adaptarse a su entorno conservando el ecosistema de manera armónica. Otro valor importante de la RPSCC es que esta alberga una gran diversidad cultural (SERNANP, 2018). Fotografía 85.



Fotografía 85. Andenes curvos en el Cañón del Cotahuasi Foto: Alfredo Mujica.

En los alrededores del cañón se han identificado templos y zonas arqueológicas con extensos y antiguos andenes que reflejan el ingenio de los pueblos nativos en adaptarse a su entorno conservando el ecosistema de manera armónica.

4.3.4.6. Inventario de la superficie glaciar

4.3.4.6.1. Antecedentes

Entre 1970 y 1989, se realizó el primer inventario de dieciocho cordilleras glaciares del Perú, usando fotografías aéreas del proyecto N° AF-60-17 de 1962-1963 y 62336-002 (44) de 1955, donde se determinó un área de la cobertura glaciar de 36.93 km² y 115 glaciares para la Cordillera Huanzo (HIDRANDINA S.A., 1989). Un segundo análisis de estos datos por INAIGEM a través de la reconstrucción de superficies glaciares con imágenes satelitales LANDSAT de 1975, se encontró 39.31 km² de cobertura glaciar para la Cordillera Huanzo.

En 1997 se llevó a cabo un nuevo inventario parcial en cuencas seleccionadas en las cordilleras Blanca, Raura, Central, Huaytapallana, Huagoruncho y Vilcanota. Con base al inventario parcial se realizó una proyección a nivel nacional con respecto a las demás cordilleras. El material básico de trabajo fueron las imágenes del satélite LANDSAT tomadas en el período 1995-1997 obteniendo un área de cobertura glaciar de 25.11 km² para la Cordillera Huanzo (CONAM, 2001).

Entre los años 2003 al 2014, se efectuó el tercer inventario de glaciares y lagunas realizado por la Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos (UGRH), en base al procesamiento imágenes satelitales SPOT, ASTER, LANDSAT y LISS III de diecinueve cordilleras del Perú (se incluyó a la Cordillera Volcánica que en la actualidad es considerada extinta, aunque con acumulación estacional de nieve). Se obtuvo un área de cobertura glaciar de 4.51 km² y 31 glaciares para la Cordillera Huanzo (ANA, 2014).

En el año 2016, el INAIGEM efectuó el cuarto inventario de las coberturas glaciares de las dieciocho cordilleras glaciares del Perú, registrándose un área de cobertura glaciar de 2.91 km² para la Cordillera Huanzo.

4.3.4.6.2. Descripción de los glaciares

Los glaciares en la cordillera se distribuyen a lo largo de 91 km, siendo los de mayor extensión los glaciares Huaychahui, Huayrahui, Atashira y Huaña, mientras que los de menos superficie glaciar se encuentran aislados y dispersos, como los glaciares Chancoña, Huaytane,

Yuracocha y Huamanripa, entre otros. El tipo de glaciar presente en esta cordillera es de montaña, la cobertura glaciar es escasa y es considerada una de las cordilleras en proceso de extinción. Fotografía 86.

La cercanía de la actividad minera amenaza la existencia de la cobertura glaciar. Se ha identificado en campo que el proyecto AZUCA tiene una conexión de tuberías hasta el glaciar Atashira, utilizando agua directamente desde el glaciar para su campamento (INAIGEM, 2016).

4.3.4.6.3. Monitoreo de glaciares

En esta cordillera no se han identificado lenguas glaciares para estudios específicos, como el monitoreo glaciar directo. Sin embargo, se cuenta con información de estudios realizados a través de imágenes satelitales, que han podido determinar de forma general el estado de extinción por la que está pasando.

En el 2016, INAIGEM, realizó estudios de percepción por la escasez del agua y la reducción glaciar como influencia de los fenómenos globales. Fotografía 87.



Fotografía 86. Superficie glaciar escasa en la cadena montañosa de la Cordillera Huanzo Fuente: IPERU, 2018.



Fotografía 87. Estado del glaciar Huaychahui al 2016.

4.3.4.6.4. Lagunas de origen glaciar

Las lagunas de origen glaciar que se encuentran en la Cordillera Huanzo, de acuerdo con el avance del inventario con imágenes Sentinel 2 de 2016 realizado por INAIGEM, determinó un aproximado de 388 lagunas con superficies superiores a los 5,000 m². Muchas de ellas se encuentran en procesos severos de eutrofización debido a la carga orgánica que aportan los animales que crían los pobladores.

Las principales lagunas que resaltan por sus dimensiones en esta cordillera son Machucocha, Ecama, Asoca, Huacullo, Lllaygua, Pariguana, Huanzo, Almilla y Llocococha, entre otros.

La laguna Huanzo es uno de los cuerpos de agua más importantes de la Cordillera Huanzo, con una superficie aproximada de 1.91 km². Políticamente se encuentra dentro de la jurisdicción del distrito de Puyca, provincia de La Unión del departamento de Arequipa. Esta laguna cumple una función vital para las poblaciones aledañas. Para el 2016 se venían ejecutando proyectos para la crianza y producción de truchas a mediana escala como alternativa económica adicional.

La laguna Huacullo es el cuerpo de agua con mayor superficie en la Intercuenca Alto Apurímac con aproximadamente 2.31 km². Políticamente se encuentra en el distrito de Oropeza, provincia de Antabamba. Esta laguna se considera vital para el centro poblado Huacullo dado que alimenta uno de los principales bofedales que

provee de pastos para la ganadería y es un medio para la crianza de truchas. Fotografía 88.

4.3.4.6.5. Riesgos de origen glaciar

Los riesgos asociados a fenómenos de origen glaciar como aluviones o avalanchas en la Cordillera Huanzo prácticamente han desaparecido ya que las masas glaciares actuales no representan un riesgo latente. Se observa que la exposición del basamento rocoso que tenía cobertura glaciar está generando zonas de caída de roca muy localizada producto de la meteorización y posterior erosión de las laderas hacia las partes más bajas. Fotografía 89.

En términos de riesgos es importante mencionar que éstos se asocian los impactos de las actividades económicas (minería, ganadería) sobre los ecosistemas altoandinos con efectos sobre la disponibilidad hídrica. Asimismo, los procesos de eutrofización son agresivos, el número de cochas que permiten la filtración de agua en los ecosistemas son menos eficientes, ocasionando un deterioro del entorno y afectando a la actividad ganadera.

La Cordillera Huanzo, está circundada por lagunas de origen glaciar, como las lagunas Huacullo y Huanzo. Estas lagunas tienen características de drenaje dendrítico siendo recolectada la mayor parte del agua por el río Santo Tomás, que pertenece a la unidad hidrográfica del Atlántico. Los principales riesgos de origen hídrico se relacionan con las crecidas del caudal debido a las lluvias ya que, al ser una zona altiplánica, los cauces pueden inundar las poblaciones cercanas.



Fotografía 88. Vista panorámica de la laguna Huacullo y el centro poblado del mismo nombre.



Fotografía 89. Zona de caída de rocas, generada por la exposición prolongada a la intemperie. Anteriormente estos afloramientos se encontraban con cobertura glaciar.

4.3.4.6.6. Resultados del inventario

La Cordillera Huanzo cubre una superficie glaciar total de 2.91 km² al 2016, corresponden a superficies libres de detritos o escombros y no cuentan con áreas cubiertas. Tabla 38.

Tabla 38. Superficie glaciar 2016 - Cordillera Huanzo.

Unidad	Superficie Glaciar
	Libre de detritos o escombros
Km ²	2.91
%	100.00

En el análisis de cambio de superficie, se determinó que en 54 años (1962-2016), el área glaciar disminuyó en 36.40 km². Gráfico 45 y Figura 23.

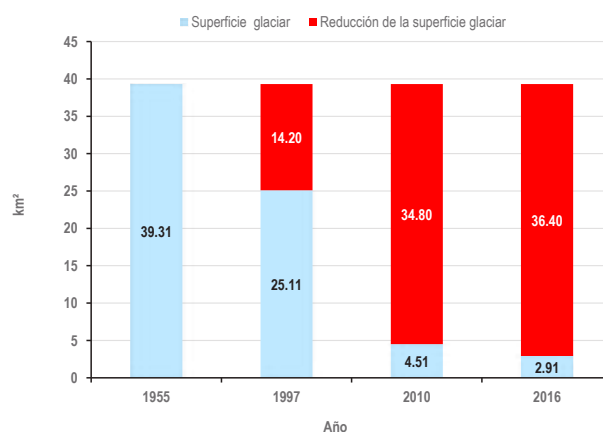


Gráfico 45. Reducción del área glaciar por periodos (1962-2016) - Cordillera Huanzo.

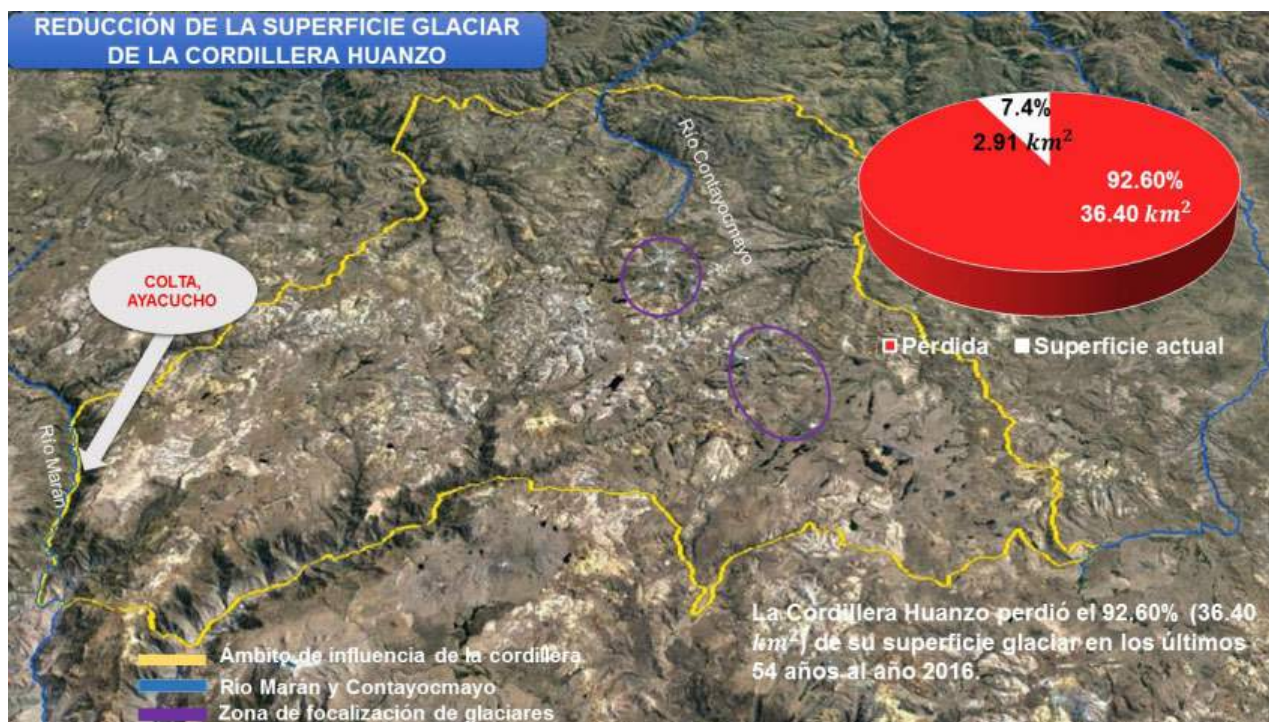


Figura 23. Reducción de la superficie glaciar en la Cordillera Huanzo.

4.3.4.6.7. Tendencia estimada de la reducción de la superficie glaciar

Considerando los resultados de los inventarios de 1989 (publicado por Hidrandina S.A. & y reanalizado por INAIGEM al 2016), de 2001 (CONAM), de 2014 (ANA-UGRH) y del 2017 (INAIGEM), se obtiene

una tasa de retroceso 0.60 km²/año. De acuerdo con estos datos, se estima que los glaciares de la Cordillera Huanzo desaparecerían en el año 2024. Sin embargo, es importante mencionar que este valor es una estimación estadística lineal, sujeta a las variaciones y tendencias climáticas futuras a nivel global. Gráfico 46.

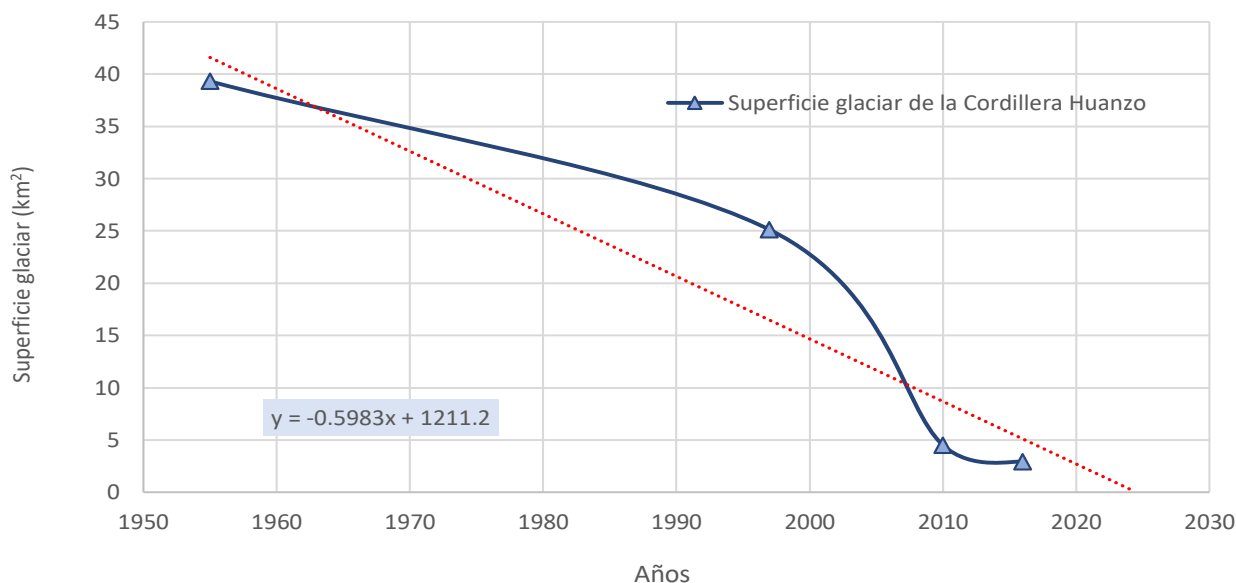


Gráfico 46. Tendencia estimada de la reducción de la superficie glaciar de la Cordillera Huanzo.

Resumen

- En el análisis de cambio de superficie en la Cordillera Huanzo se muestra que el área glaciar ha disminuido de 39.31 km² a 2.91 km² con una pérdida de 36.40 km² equivalente al 92.60% en 54 años. Sin embargo, esta tendencia se ha agudizado en los últimos años.
- Considerando los datos registrados en los inventarios de la cordillera al 2016, se tiene un retroceso de superficie glaciar de 0.60 km²/año. De acuerdo con estos datos se estima que los glaciares de la Cordillera Huanzo desaparecerán en el año 2024 de continuar la tendencia actual.
- La Cordillera Huanzo tiene un enorme potencial turístico por la presencia del cañón de Cotahuasi y parte del cañón del Colca.
- La población existente para el área de influencia de la cordillera es de 94,294 habitantes distribuidos principalmente en los valles conocidos como el Cañón del Cotahuasi y el Cañón del Colca. La densidad poblacional estimada es de 7 habitantes por km². La tasa de incremento poblacional medio anual es de 0.13%.

4.3.5. CORDILLERA CHILA

4.3.5.1. Ubicación

La Cordillera Chila forma parte de las cordilleras ubicadas en la zona sur del país y colinda con la Cordillera Huanzo, hacia el norte y con la Cordillera Ampato hacia el oeste y sur. Esta cordillera tiene un área de 3,961 km² y una longitud aproximada de 102 km. Sus límites geográficos están comprendidos entre las coordenadas de 15°39'41.36" y 15°09'29.37" de latitud sur y los meridianos 72°24'10.03" y 71°27'13.20" de longitud oeste.

Políticamente el ámbito se extiende sobre el departamento de Arequipa, en las provincias de Castilla (distritos de Choco, Chachas, Orcopampa, Chilcaymarca, Andagua y Ayo) y de Caylloma (distritos de Tapay, Caylloma, Tuti, Sibayo, Tisco, Lari, Coporaque, Ichupampa y Madrigal). Mapa 45.

4.3.5.2. Acceso

Los accesos a la cordillera son: desde Arequipa a Caylloma hacia el oeste por una carretera afirmada que cruza toda la cordillera hacia la costa de Camaná.

Para llegar al volcán Mismi, se va desde Lima a Chala (617 km), Chala a Arequipa (415 km), todo en carretera asfaltada, luego Arequipa a Chivay (262 km) y de ahí Chivay, Condorcucho y Mismi (268 km).

4.3.5.3. Aspectos físicos

4.3.5.3.1. Hidrografía y climatología

El ámbito de la Cordillera Chila se emplaza en las regiones hidrográficas del Pacífico y Amazonas, siendo las cuencas Camaná en la vertiente del Pacífico e Intercuenca Alto Apurímac en la cuenca Amazónica.

Los ríos principales en la cuenca Alto Apurímac son el Lloqueta, Ancollagua, Callumayo y Hornillos, juntas confluyen en el río Apurímac. En la cuenca Camaná, el río principal es el Colca y otro importante es el río Andahua, a estos ríos se suman otros como el Sillque, Carahui y Molloco, que confluyen en el río Colca.

Toda esta red de drenaje, que parte desde los glaciares y lagunas en las cabeceras de cuenca, abastecen a los diferentes pueblos en su recorrido impulsando actividades económicas importantes como la agricultura y proyectos hidroenergéticos como Huancarama y Siguan.

Las precipitaciones se concentran en el flanco oriental de la cordillera obteniéndose una media anual de alrededor de los 600 mm. Éstas se dan principalmente en la estación de verano y son del tipo orográficas. Por lo anterior es que

el valor de la media anual disminuye hacia la vertiente occidental de la cordillera con valores de alrededor de los 300 mm.

De acuerdo con la clasificación climática de Thornthwaite (SENAMHI, 1988) sobre la cordillera predomina un clima lluvioso semifrío de tundra, con veranos lluviosos, invierno y otoño secos con heladas moderadas. Según los datos grillados del proyecto PISCO, la temperatura media anual es entre los 10 y 12 °C para zonas ubicadas alrededor de los 3,000 a 3,500 m s.n.m., que es donde se encuentran las ciudades principales como Lari y Madrigal. Luego los valores van disminuyendo mientras se incrementa la altitud llegándose a tener, por sobre los 4,500 m s.n.m., una temperatura media anual por debajo de los 6 °C (Lavado, et al., 2016). Mapa 46.

4.3.5.3.2. Geología y geomorfología

En la zona meridional de la Cordillera Chila, afloran rocas precámbricas constituidas por ortogneis de composición granítica a granodiorítica y micaesquistos. Sobreyaciendo se tienen rocas sedimentarias constituidas por la intercalación de lutitas negras, calizas gris oscuras, areniscas blancas y grises de grano fino a medio, areniscas intercaladas con lutitas y areniscas rojas intercaladas con lutitas, a veces con niveles de yeso y calizas. Por encima se tienen secuencias volcánica-sedimentarias compuestas de lavas andesíticas intercaladas con tobas, flujos de andesitas porfíricas no soldadas y tobas cristalolíticas, habiendo sido intruídas por cuerpos plutónicos de naturaleza granítica y tonalítica (INGEMMET, 2003).

En la parte septentrional de la cordillera, afloran rocas sedimentarias conformadas por lutitas intercaladas con estratos de calizas fosilíferas, areniscas cuarzosas y por calizas bien estratificadas. Sobreyaciendo, se tienen rocas volcánico-sedimentarias compuestas por aglomerados, brechas de flujo y lavas de diferentes colores, tobas, ignimbritas y andesitas grises porfíricas. Finalmente, se tiene lavas dacíticas, andesíticas y coladas volcánicas negras afaníticas de composición andesita basáltica poco erosionadas. También existen cuerpos intrusivos mesozoicos de naturaleza granodiorítica, traquiandesítica, brechas y dacitas.

La Cordillera Chila conforma una cadena montañosa con orientación regional noroeste sureste. Se caracteriza por presentar una topografía accidentada con alturas máximas de hasta 5,600 m s.n.m., donde las rocas volcánicas presentan una mayor resistencia a la meteorización mientras que las rocas sedimentarias presentan superficies onduladas. En los afloramientos volcánicos se observan estructuras de abrasión como rocas aborregadas, que indican el paso de la masa glacial sobre dichos afloramientos, hoy expuestos.

4.3.5.4. Ecosistemas de montaña

En la Cordillera Chila se presentan cinco ecosistemas que brindan servicios ecosistémicos importantes dentro de sus áreas de influencia. Estos ecosistemas son: bofedales, bosque relicto altoandino, cardonal, matorral arbustivo y pajonal andino (MINAM, 2017). Los servicios que brindan estos ecosistemas están orientados a la regulación hídrica, mantenimiento de la biodiversidad, secuestro de carbono, belleza paisajística y formación de suelos, entre otros.

El pajonal andino ocupa el 55% del territorio seguido del matorral arbustivo 9.2%, el bofedal 1.5%, el cardonal 1.3% y el bosque relicto altoandino con el 1%.

La vegetación predominante comprende a las comunidades de pastos amacollados que se ubican, entre 3,500-3,800 a 4,200 m de altitud. Reciben mucha más precipitación que las punas interandinas y son comunidades mixtas, dominadas por gramíneas (*Festuca*, *Deyeuxia*, *Poa* y *Cortaderia*) y con presencia variable de especies leñosas arbustivas, sobre todo de familias como asteráceas (*Baccharis*, *Gynoxis* y *Pentacalia*). También son abundantes los helechos de porte herbáceo y arbustivo, así como una importante cobertura de musgos terrestres. En ciertas quebradas hay bosques de *Polylepis*, los cuales antes cubrían todo este piso. Mapa 47.

4.3.5.5. Aspectos socio económicos culturales

4.3.5.5.1. Población

Según datos oficiales del INEI, la población estimada en la Cordillera Chila ha decrecido en 1,185 habitantes desde el año 2000 hasta el 2015 (INEI, 2018), pasando de 11,905 a 10,709 respectivamente. Estas cifras indican un proceso continuo de despoblamiento del área rural, cuyas causas no son otras que la fuerte migración hacia las ciudades de mayor movimiento económico, tanto de la sierra como de la costa.

La densidad poblacional estimada para la cordillera es de 3 hab/km², la tasa de crecimiento poblacional anual promedio es de -0.70%. Tabla 39.

4.3.5.5.2. Energía y minería

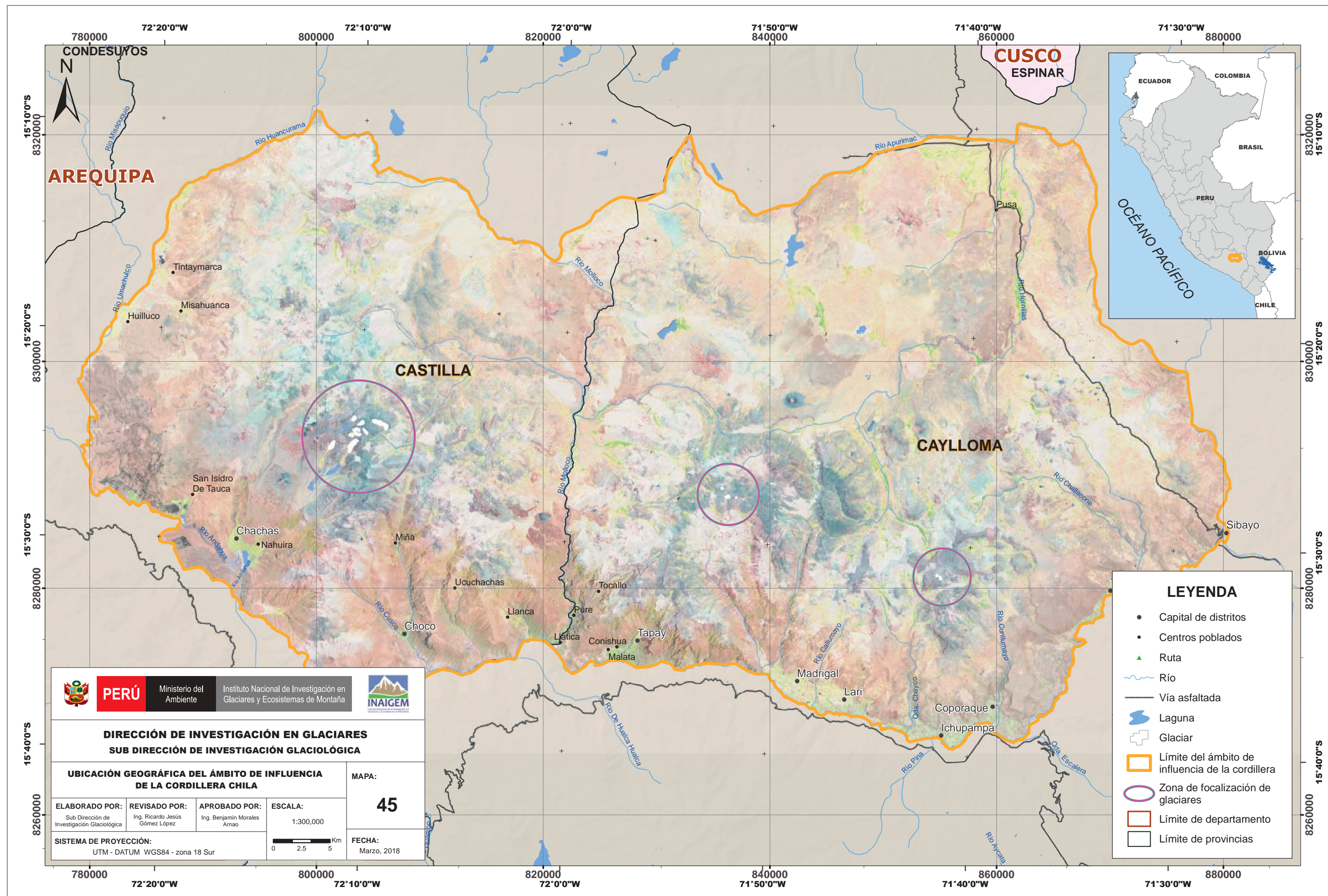
Los distritos y poblados de las provincias de Caylloma (Cabanaconde, Callalli, Hualca y Taya) y Castilla (Apta, Viraco, Machaguay, Pampacolca, Orcopampa) son los que se benefician del servicio de energía eléctrica a través de la Sociedad Eléctrica del Sur Oeste S.A. Su ámbito de influencia es toda la región Arequipa en un área de 1,661 km², equivalente solo al 2.6% de la región y abarcando diecisiete provincias (SEAL, 2017). En la provincia de Caylloma, existen zonas como Tolconi y San Juan de Chichas, que tienen energía eléctrica solo por horas. En otras localidades como Huallatani no existe este servicio (Hanco, 2017).

La Empresa de Generación Eléctrica de Arequipa S.A. (EGASA) es la principal generadora de la región sur con seis centrales hidroeléctricas. También se encuentra en desarrollo la central hidroeléctrica Molloco, que utilizará agua del río Molloco para desviarla hacia una red de canalización; el proyecto contemplará la construcción de dos plantas (Llatica y Soro) y tres embalses (Machucocha, Molloco y Japo) con una capacidad de 290 m³ de agua. La central hidroeléctrica Molloco se ubicará en las provincias de Caylloma (distritos de Cabanaconde y Tapay) y Castilla (distritos de Orcopampa, Choco y Chachas), cuyo monto de inversión ascenderá US\$ 800 millones, y su construcción tomará un período de al menos siete años. De acuerdo con la División de Supervisión de Electricidad Supervisión de Inversión en Electricidad – octubre 2017, estas provincias integrarán la línea de transmisión 220 kV: Llatica – Soro – Huambo (27.48 km) asociada a la central hidroeléctrica de Molloco, con subestaciones ubicadas en los distritos de Tapay y Huambo (Caylloma) y Soco (Castilla). El proyecto central hidroeléctrica de Molloco fue adjudicado el 21

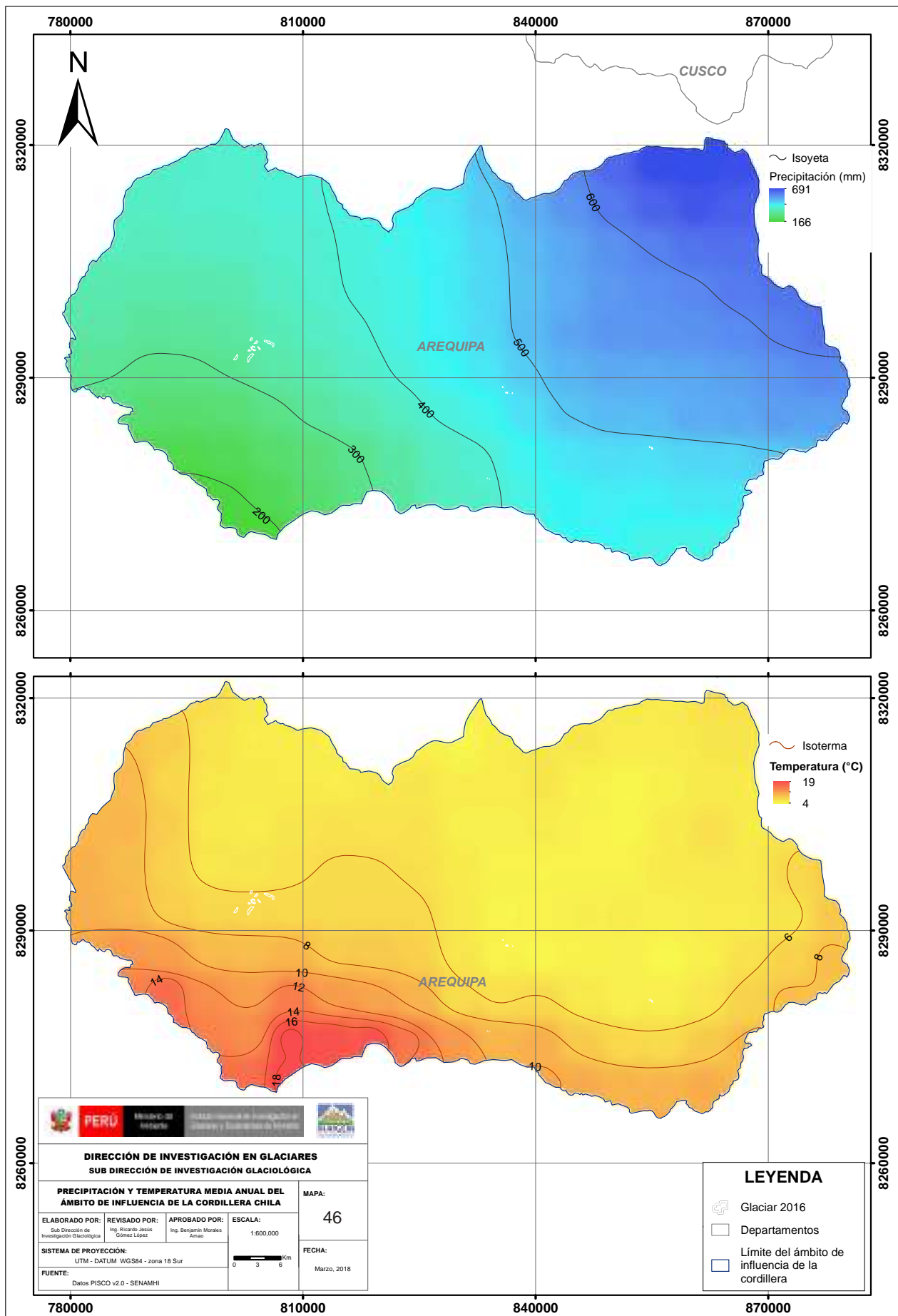
Tabla 39. Población de los Distritos de la Cordillera Chila.

Años	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Caylloma																
Coporaque(1*)	1,455	1,462	1,467	1,472	1,476	1,480	1,484	1,488	1,492	1,496	1,500	1,504	1,508	1,512	1,516	1,520
Ichupampa(1*)	870	862	853	842	829	814	799	783	767	751	735	719	705	690	677	663
Madrigal(1*)	994	958	922	884	846	808	772	735	700	666	634	604	575	548	522	498
Tuti(1*)	1,045	1,033	1,018	1,001	982	963	941	920	897	875	854	833	813	794	775	758
Lari(1*)	1,459	1,465	1,470	1,475	1,480	1,485	1,490	1,494	1,498	1,502	1,506	1,510	1,514	1,518	1,522	1,526
Tapay(1*)	827	812	795	777	758	738	717	696	676	655	635	616	597	579	562	545
Sibayo(0.87*)	830	820	806	791	774	757	740	722	703	685	666	650	633	618	603	587
Tisco(0.02*)	46	45	44	43	41	40	39	38	37	35	34	33	32	31	30	29
Castilla(*)																
Ayo(0.12*)	46	46	46	46	46	46	46	47	47	47	47	47	47	47	47	48
Andagua(0.29*)	443	437	430	423	416	409	401	394	386	378	371	363	356	348	341	334
Chilcaymarca(0.42*)	251	265	279	294	309	325	341	358	375	394	413	433	454	475	498	522
Choco(0.8*)	1,020	1,009	997	983	970	956	942	926	911	896	881	866	851	837	822	807
Ocopampa(0.22*)	1,623	1,662	1,700	1,736	1,771	1,805	1,839	1,872	1,903	1,935	1,967	1,999	2,031	2,064	2,095	2,125
Chachas(0.44*)	996	982	968	951	936	919	903	886	869	852	836	820	804	788	772	757
TOTAL	11,905	11,857	11,793	11,718	11,635	11,545	11,454	11,358	11,262	11,167	11,078	10,997	10,921	10,849	10,782	10,719

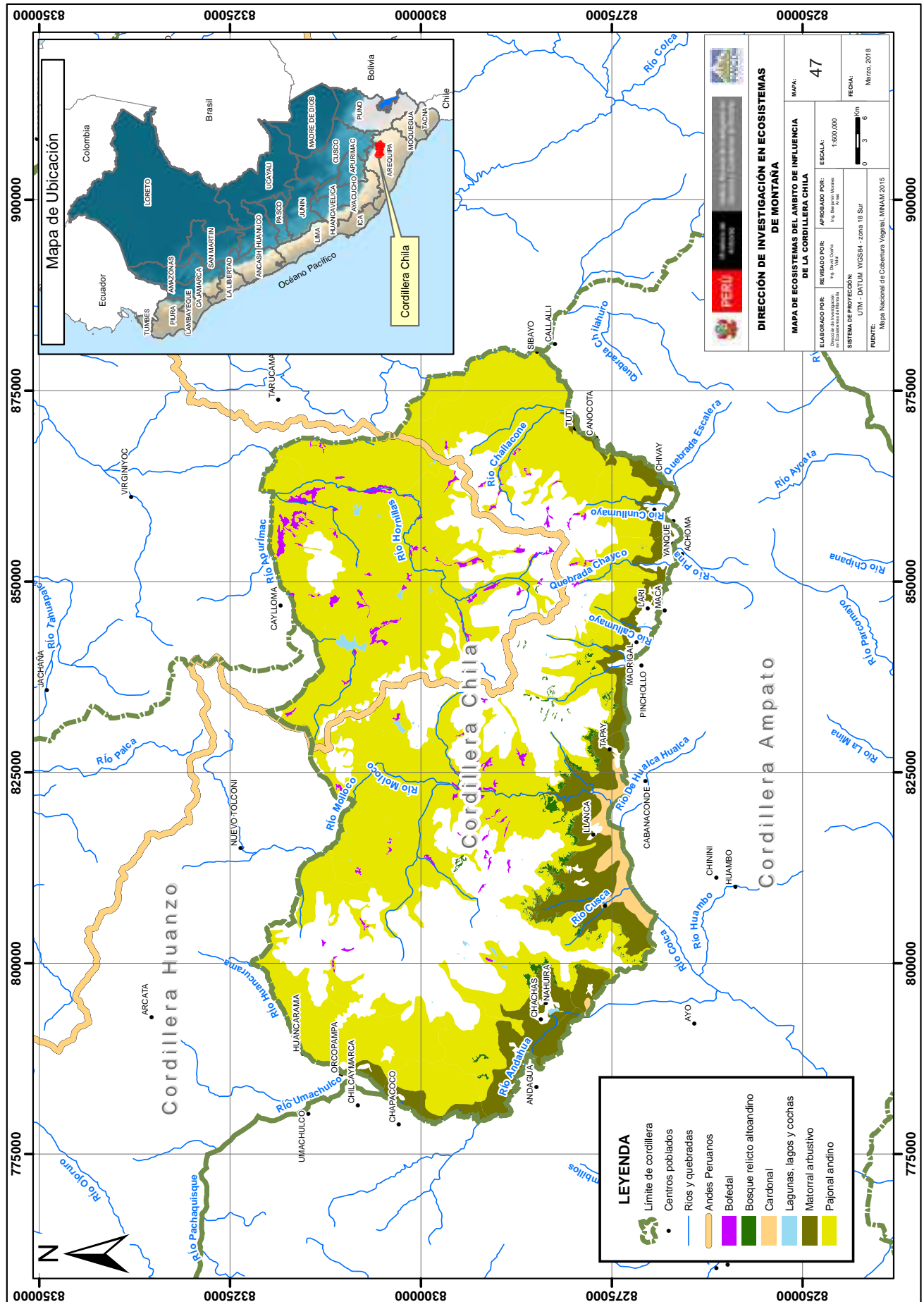
Fuente: INEI. (*) Factor de incidencia territorial.



Mapa 45 . Ubicación geográfica del ámbito de influencia de la Cordillera Chilena



Mapa 46. Precipitación y temperatura del ámbito de influencia de la Cordillera Chila.



Mapa 47. Ecosistemas en el ámbito de influencia de la Cordillera Chila.

de marzo del 2013. Sin embargo, a la fecha, no se inició la construcción de las obras de las líneas de transmisión (OSINERGMIN, 2018).

Caylloma, ocupada en el pasado por Collaguas y Cabanas, atesora reservas de Oro, Plata, Zinc, Cal, etc. Actualmente, (a mayo 2017) operan Fortuna Silver Mines Inc. —a través de su filial Minera Bateas S.A.C.—, Brexia Goldplata Perú S.A.C., Maxpala S.A.C., Calquipa S.A.C. y Compañía de Minas Buenaventura S.A.A., que tienen las Unidades Productivas de Tambomayo y Shila Paula. Según Transparencia Económica del MEF, los diecinueve municipios de esa provincia recibieron casi 30 millones de canon el año 2016, por aportes provenientes de la renta minera.

En setiembre del 2016, Minera Bateas presentó al Ministerio de Energía y Minas una modificación a su estudio de impacto ambiental del programa de Exploración Acumulación Caylloma 1°, 2° y 3° etapas, en Arequipa. La propuesta de Minera Bateas comprende un programa de 184 perforaciones que se realizarían en más de 20 vetas localizadas en la unidad San Cristóbal (Caylloma), con la finalidad de demostrar características mineralógicas y valores del yacimiento de minerales (plomo, zinc, plata y oro) (Rumbo Minero, 2016).

4.3.5.5.3. Agricultura y ganadería

En Caylloma, alrededor de 30,000 pobladores se dedican a la ganadería, y otros 32,000 a la agricultura. Los productos agrícolas para el autoconsumo son el maíz, habas y la quinua. Desde hace pocos años, a partir del auge internacional por los productos naturales, se ha comenzado a producir y a comercializar la quinua hacia el mercado nacional y el extranjero.

Dentro del Plan Estratégico a nivel provincial, se tiene el mejoramiento de los servicios de apoyo a la cadena productiva del cultivo de orégano, en el distrito de Huambo, provincia de Caylloma y la implementación del Programa de Transferencia de Tecnología de Escuelas de Campo en la provincia de Caylloma, Castilla media y alta, Caraveli, Condesuyos y La Unión (Avendaño, 2016). Se han priorizado las cadenas productivas de lácteos, lana de alpaca, frutales (Castilla) y maíz cabanita (Caylloma).

Debido al crecimiento del turismo en la provincia de Caylloma, son pocos los pobladores que se dedican a cultivar los campos, a diferencia de años atrás, cuando era la principal actividad económica.

Respecto del uso de la tierra según los datos del Censo Nacional Agropecuario del año 2012, aproximadamente el 22.9% de la superficie de la cordillera se encuentra en uso directo, en los porcentajes siguientes:

• Superficie con cultivos	: 3.66%
• Superficie agrícola sin cultivo y va a ser sembrada	: 0.43%
• Superficie agrícola sin cultivo y no va a ser sembrada	: 0.34%
• Superficie agrícola en descanso	: 0.29%
• Pastos naturales manejados	: 7.61%
• Pastos naturales no manejados	: 73.45%
• Montes y bosques	: 2.39%
• Superficie dedicada a otros usos	: 11.82%

De una mirada rápida a los datos proporcionados, podemos concluir que el mayor porcentaje de tierras está representado por los pastos naturales no manejados en 73.45% con una extensión de 153,005 ha (CENAGRO, 2012), mientras que la superficie dedicada a cultivos solo representa el 3.66% con una extensión de 7,621 ha. Entre los cultivos principales tenemos: papa, oca, mashua, olluco, tarwi, habas y maíz canchero. Siendo en su mayoría productos de autoconsumo y de baja rentabilidad.

También como dato importante podemos mencionar la existencia de una considerable área de pastos naturales manejados con 7.61%, representando 15,851 ha, siendo la provincia de Caylloma en donde existen mayores extensiones dedicados a esta variable.

4.3.5.5.4. Turismo y cultura

Castilla, cuya capital es la ciudad de Aplao, cuenta con varios atractivos turísticos, en especial para la práctica del turismo ecológico. Entre ellos podemos mencionar: Andagua, el valle de los volcanes y la catarata del río Challahuire en el distrito de Chachas. Para el turismo de aventura existen circuitos de caminatas entre los distritos de Chachas, Choco y Ayo, hacia el cañón del Colca. Como atractivos turísticos arqueológicos encontramos a la ciudadela de Antaymarca —localizada en el distrito de Orcopampa y que se presume de origen Collagua— y los petroglifos de Toro Muerto ubicado en el distrito de Uraca a 17 km de Aplao.

Chivay es la capital de la provincia de Caylloma y se sitúa a 3,635 m s.n.m. en la vertiente occidental de la Cordillera de los Andes en la parte alta del Cañón del Colca. Caylloma es famosa por el valle del Colca, donde se encuentra el volcán activo Sabancaya. La belleza de este valle se ve representada por su rica variedad de flora y fauna; además, por el conjunto de lagunas, montañas y nevados como el Ampato, Hualca Hualca y Huancate. El sitio también es importante por las evidencias preincaicas e incaicas que presenta, donde aún se pueden observar impresionantes andenes atribuidos a la cultura Collagua. El valle es surcado por el río Colca, hermoso torrente de agua donde los interesados en conocerlo podrán observar la belleza natural, además de practicar la pesca.

En Caylloma es importante mencionar los baños termales denominados Baños del Inca, de origen volcánico. A pocos kilómetros de Chivay se han construido modernas piscinas para uso turístico como los baños termales de La Calera, Shallihua o Chacapi.

Hacia el sur en la convergencia limítrofe de los distritos de Tuti, Coporaque, Ichupampa y Lari se encuentra el nevado Mismi de origen volcánico. En 1996 una lengua glaciar en el Mismi fue identificada como la naciente más remota del río Amazonas. Fotografía 90.

4.3.5.6. Inventario de la superficie glaciar

4.3.5.6.1. Antecedentes

Entre 1970 y 1989, se realizó el primer inventario de dieciocho cordilleras glaciares del Perú, usando fotografías aéreas del proyecto N° AF-60-17 de 1962-1963 y 62336-002 (44) de 1955, donde se determinó un área de la cobertura glaciar de 33.89 km² y 87 glaciares para la Cordillera Chila (Hidrandina S.A., 1989).

En 1997 se llevó a cabo un nuevo inventario parcial en cuencas seleccionadas en las cordilleras Blanca, Raura, Central, Huaytapallana, Huagoruncho y Chila. En base al inventario se realizó una proyección a nivel nacional con respecto a las demás cordilleras. El material básico de trabajo fueron las imágenes del satélite LANDSAT tomadas en el período 1995-1997 obteniendo un área de cobertura glaciar de 23.05 km² para la Cordillera Chila (CONAM, 2001).

Entre los años 2003 al 2014, se efectuó el tercer inventario de glaciares y lagunas realizado por la UGRH, en base al procesamiento de imágenes satelitales SPOT, ASTER, LANDSAT y LISS III de diecinueve cordilleras del Perú (se incluyó a la Cordillera Volcánica que en la actualidad es considerada extinta, aunque con acumulación estacional de nieve). Se obtuvo un área de cobertura glaciar de 0.93 km² y 22 glaciares para la Cordillera Chila (ANA, 2014).

En el año 2016, el INAIGEM efectuó el cuarto inventario de las coberturas glaciares de las dieciocho cordilleras glaciares del Perú, registrando un área de cobertura glaciar de 0.19 km² para la Cordillera Chila.

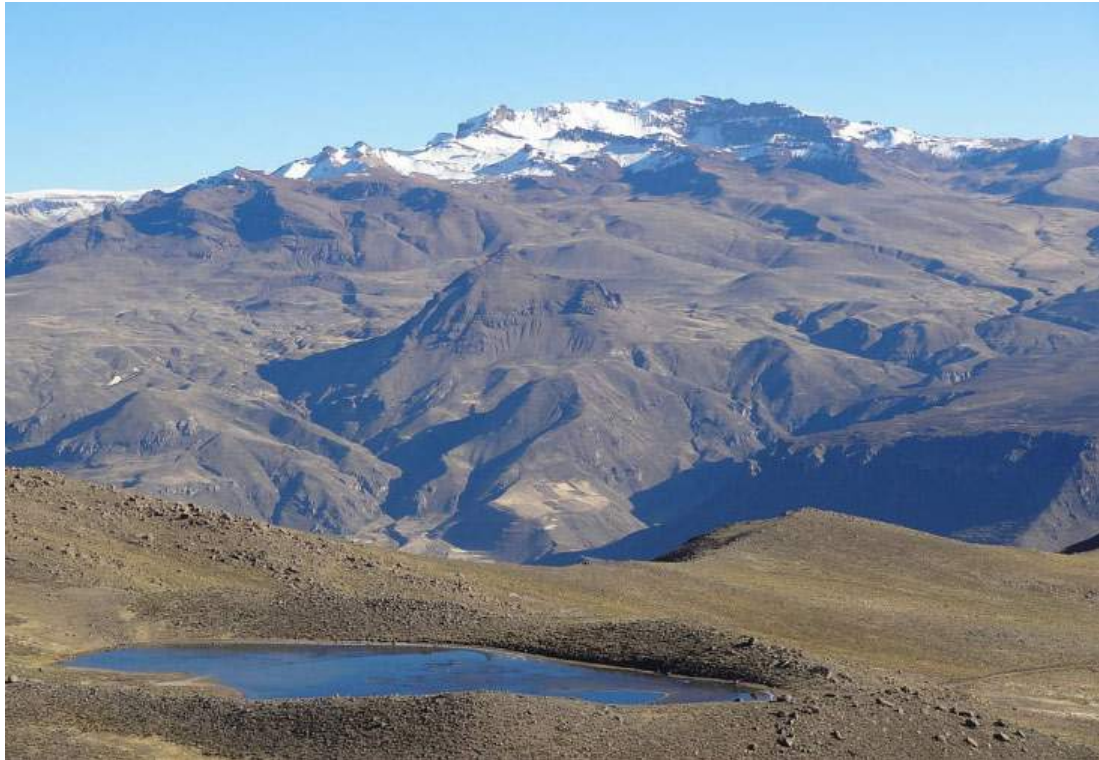
4.3.5.6.2. Descripción de los glaciares

Los glaciares en la cordillera se distribuyen a lo largo de 55 km, destacando los glaciares Chila Pillune, Sandoval con 5,575 m s.n.m., Choquepirhua, Huillcayo con 5,585 m s.n.m., Ccacsata, Surihuiri con 5,540 m s.n.m., Jatunpila y Mismi (Fotografía 90 y Fotografía 91), este último es el glaciar emblemático de la cordillera con una altura de 5,389 m s.n.m, se ubica al norte del valle del Colca y al noreste de la ciudad de Arequipa, y es considerado un apu. Los pobladores y sus saberes ancestrales conservan aún la tradición milenaria de la ofrenda a la Pachamama. Eventualmente ellos hacen la ascensión para entregar ofrendas y pedir que sean bendecidos por la lluvia.

El mayor número de glaciares drenan sus aguas hacia la cuenca Camaná y una mínima cantidad a la cuenca Alto Apurímac. La orientación predominante de los glaciares en la cordillera es hacia el suroeste y sur.



Fotografía 90. Valle de los volcanes en la Cordillera Chila.



Fotografía 91. Glaciar Mismi - Cordillera Chila.

4.3.5.6.3. Monitoreo de glaciares

En 1972 se dio la primera expedición a la cordillera, dirigida por los alemanes de la “Ausburger Andenexpedition”, quienes tenían por objetivo escalar 30 glaciares, logrando realizar un mapa muy preciso de la zona (Morales C. , 2001).

En 1975, los exploradores japoneses con el programa “Ichiko Muko”, estudiaron las nacientes (3 glaciares) y el curso del Amazonas entre 1973 y 1976 (Morales C. , 2001).

En 1996, los embajadores de Italia, Rusia y Polonia realizaron una expedición cuya misión era llegar hasta las nacientes del río Ucayali, considerado entonces el afluente más remoto del Amazonas (Morales C. , 2001).

En el 2016, el INAIGEM realizó el diagnóstico de la situación en la Cordillera Chila, determinando que los glaciares se encuentran en estado crítico de retracción y que los cuerpos de hielo se encuentran aislados y dispersos (INAIGEM, 2016).

4.3.5.6.4. Lagunas de origen glaciar

La Cordillera Chila posee un total de 71 lagunas con superficies mayores a los 5,000 m², siendo la laguna más extensa Lorocca, con un área de 1.07 km². Destacan también por sus dimensiones las lagunas Huarhuarco, San Félix, Chachas, Cochapunco Grande y Chico, Chila, Carhuacocha, Chungará, Chuspipujio, Pumajallo,

Jatuncocha, Cochastana, Culijra, Hujuyo, Ajuyocota Grande, Fullchulna, Pacque y Pallhuana, entre otras.

En la inspección llevada a cabo en dicha zona se observó que los ecosistemas cumplen una función vital de retención de agua. El aporte en escorrentía al Atlántico (naciente del río Amazonas) es sólo por infiltración de las lluvias y nieve que se pueda acumular en las partes altas, y que poco a poco van soltando agua hacia el bofedal. Los cuerpos de agua o lagunas que se encuentran en la cabecera de la cuenca cumplen, para las comunidades, el papel de reservorios naturales de agua. En algunos casos el volumen se ha reducido de manera significativa por la fuerte evaporación; en otros casos, como en la laguna Chila, se encuentra actividad minera ilegal (INAIGEM, 2016).

4.3.5.6.5. Riesgos de origen glaciar

Las masas glaciares aun presentes en la Cordillera Chila no representan amenaza, en cambio, el basamento rocoso por su exposición y la caída de rocas erosionadas en zonas localizadas presenta condiciones de peligro.

Las fuentes de agua existentes en la Cordillera Chila han disminuido considerablemente en volumen y caudales, originando en algunos casos corrientes intermitentes. Existen ciertos caudales sólo en temporada de precipitación que producen deslizamientos asociados a lluvias extraordinarias y posiblemente huaicos (INAIGEM, 2016). Fotografía 92.



Fotografía 92. Alrededores del nevado Mismi, mostrando roca altamente fracturada, que genera caída de roca localizada.

4.3.5.6.6. Resultados del inventario

La Cordillera Chila cubre una superficie glaciaria total de 0.19 km² en el 2016.

Tabla 40. Superficie glaciaria al 2016: Cordillera Chila.

Unidad	Superficie Glaciaria
	Libre de detritos o escombros
Km ²	0.19
%	100.00

En el análisis de cambio de superficie, se determinó que en 54 años (1962-2016) el área glaciaria disminuyó en 33.70 km². Gráfico 47 y Figura 24.

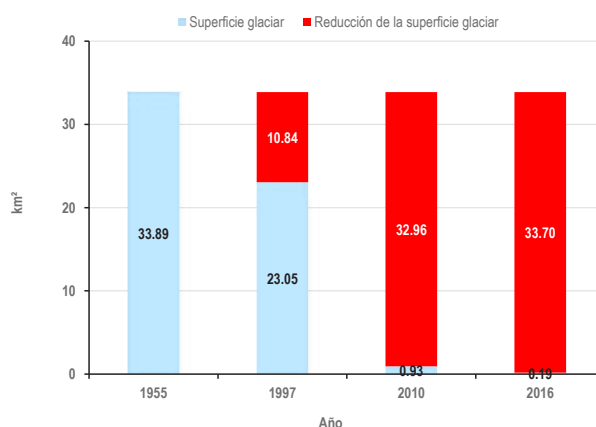


Gráfico 47. Reducción del área glaciaria por periodos (1962-2016) - Cordillera Chila.

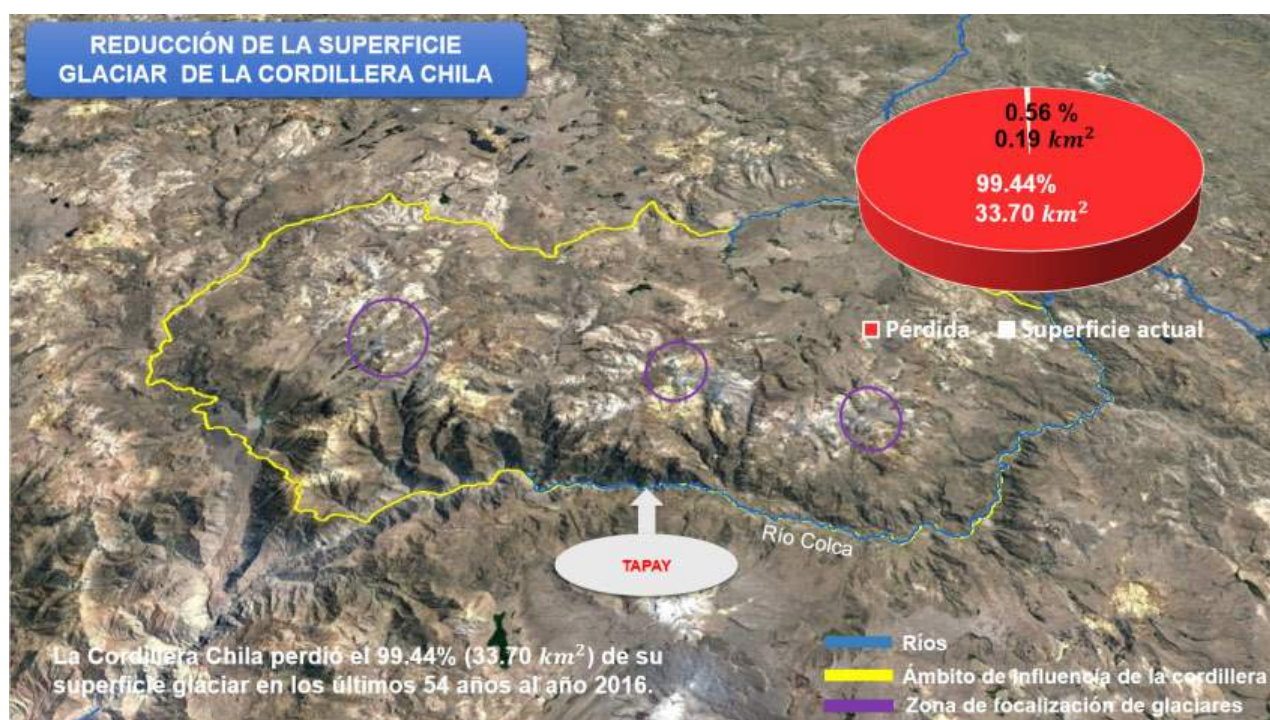


Figura 24. Reducción de la superficie glaciar en la Cordillera Chilil.

4.3.5.6.7. Tendencia estimada de la reducción de la superficie glaciar

Considerando los resultados de los inventarios de 1989 (publicado por Hidrandina S.A. & y reanalizado por INAIGEM al 2016), de 2001 (CONAM), de 2014 (ANA-UGRH) y del 2017 (INAIGEM), se obtiene

una tasa de retroceso $0.56 \text{ km}^2/\text{año}$. De acuerdo con estos datos se estima que los glaciares de la Cordillera Chilil desaparecerían en el año 2021. Sin embargo, es importante mencionar que este valor es una estimación estadística lineal, sujeta a las variaciones y tendencias climáticas futuras a nivel global. Gráfico 48.

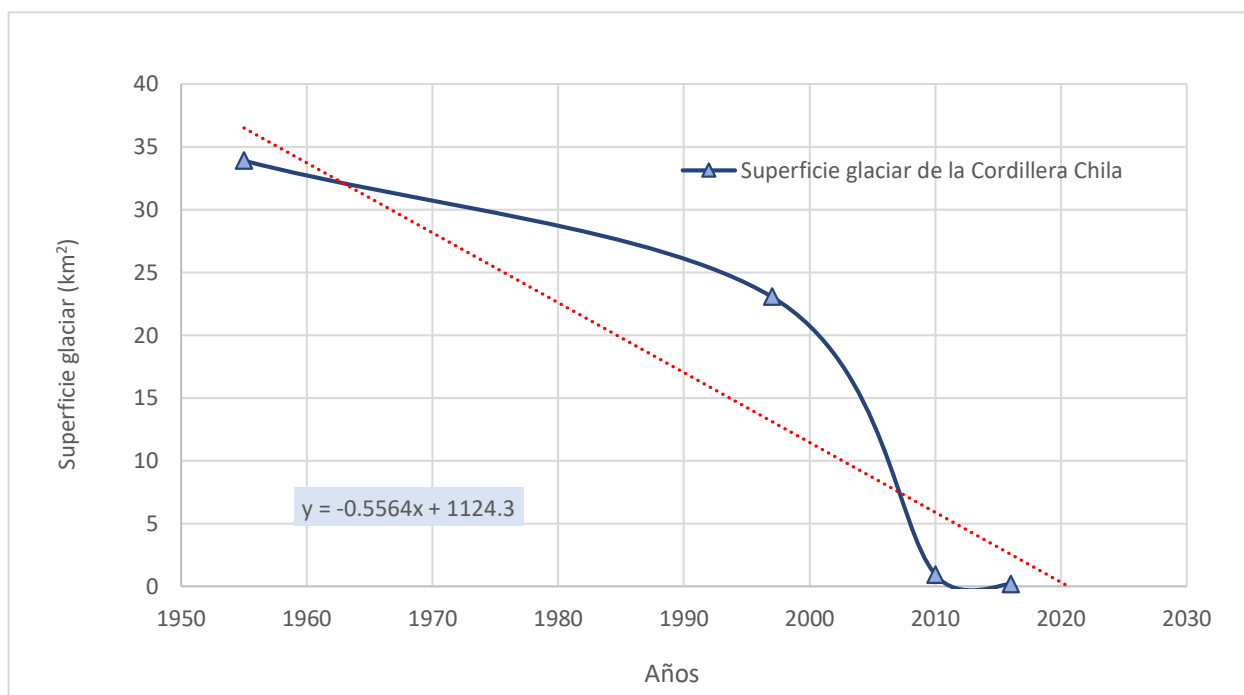


Gráfico 48. Tendencia estimada de la reducción de la superficie glaciar de la Cordillera Chilil.

Resumen

- El análisis de cambio de superficie en la Cordillera Chila muestra que el área glaciar ha disminuido de 33.89 km² a 0.19 km² con una pérdida de 33.70 km² equivalente al 99.44%, en 61 años. Sin embargo, esta tendencia se ha agudizado en los últimos años.
- La Cordillera Chila cubre una superficie glaciar total de 0.19 km² en el 2016.
- Considerando los datos registrado en los inventarios, se obtiene una tasa de retroceso 0.56 km²/año. De acuerdo con estos datos se estima que los glaciares de la Cordillera Chila desaparecerán en el año 2021 de continuar la tendencia actual.
- La población existente para el área de influencia de la cordillera es de 10,719 habitantes distribuidos en las provincias de Caylloma y Castilla. La densidad poblacional estimada es de 3 habitantes por km².

4.3.6. CORDILLERA LA RAYA

4.3.6.1. Ubicación

La Cordillera La Raya forma parte de las cordilleras ubicadas en la zona sur del país, tiene un área de 5,998 km² y una longitud aproximada de 117 km. Geográficamente sus límites están comprendidos entre las coordenadas de 13°52'2.02" y 15°07'48.02" de latitud sur y 70°33'29.48" a 71°42'24.50" de longitud oeste.

Políticamente, el ámbito se extiende sobre el territorio de los departamentos de Cusco, en las provincias de Acomayo, Canas, Canchis y Espinar; y Puno, en la provincia de Melgar. Mapa 48.

4.3.6.2. Acceso

Para acceder a la cordillera, se puede ir hacia el sur, partiendo de Cusco hacia Sicuani y Ayaviri; esta es una ruta que atraviesa longitudinalmente la Cordillera La Raya. También lo hace de norte a suroeste la ruta que pasa por Combapata, Tungasuca, Checca y Pichinga hasta Espinar.

4.3.6.2.1. Aspectos físicos

4.3.6.2.1.1. Hidrografía y climatología

La red hídrica de esta cordillera confluye en las vertientes del Atlántico y del Titicaca. Hacia el Atlántico cogiendo las cabeceras de las cuencas del Alto Apurímac y Urubamba, y hacia la cuenca del Titicaca drenan los ríos de las cuencas Azángaro y Pucará.

El río principal es el Vilcanota que se encuentra en la cabecera de la cuenca Urubamba, además de los ríos Aucara y Pacchuma. Este último alimenta a la laguna Langui Layo, la de mayor superficie en el ámbito.

La cuenca Azángaro con el río Quenamari y la cuenca Pucará con los ríos Santa Rosa y Vilacota, son los más importantes en el ámbito de la Cordillera La Raya en la región hidrográfica del Titicaca.

En el flanco oriental, los ríos que delimitan el ámbito de la cordillera son Cacata, Acco, Salcca y Vilcanota en la zona noreste y el río Apurímac en la zona oeste. La presencia de masa glaciar y la cantidad de lagunas de origen glaciar ubicadas sobre estos ámbitos hacen que el río Vilcanota abastezca a importantes centrales hidroeléctricas como Machupicchu, Maranganí, Centauro y Pucará, entre otras. Es la fuente principal para el desarrollo agrícola de zonas, en su recorrido abastece a las ciudades de Maranganí, Sicuani, Cusco, San Pablo, San Pedro, Tinta, Urubamba, Ollantaytambo, Combapata y otros pueblos.

En la vertiente del Titicaca la cordillera limita con el río Llallimayo y parte del río Santa Rosa, que aguas abajo

y fuera del ámbito, abastecen a las ciudades de Ayaviri y Pucará.

Las precipitaciones se concentran en la parte centro-sur de la de los límites de la cordillera, sin embargo, se da en mayor volumen en el flanco oriental con una diferencia poco acentuada. Esto debido a que los puntos más elevados no superan los 5,000 m s.n.m. dando oportunidad a que los flujos de viento que traen consigo la humedad puedan pasar hacia el flanco occidental sin tanto esfuerzo, obteniéndose una media anual de alrededor de los 700 mm. Éstas se dan principalmente en la estación de verano y son del tipo orográficas.

De acuerdo con la clasificación climática de Thornthwaite (SENAMHI, 1988) sobre la cordillera predomina un clima lluvioso semifrío de tundra, con veranos lluviosos, invierno y otoño secos con heladas moderadas. Según los datos grillados del proyecto PISCO, la temperatura media anual es alrededor de los 10 °C para zonas ubicadas entre los 3,500 a 4,000 m s.n.m., que es donde se encuentran las ciudades principales como Sicuani y Yanaoca. Luego los valores van disminuyendo mientras se incrementa la altitud llegándose a tener, sobre los 4,500 m s.n.m., una temperatura media anual por debajo de los 6 °C (Lavado, et al., 2016). Mapa 49.

4.3.6.2.2. Geología y geomorfología

En la zona sur de la Cordillera La Raya sobresalen afloramientos de rocas sedimentarias cretácicas representadas por calizas micríticas bioclásticas, dolomías, calizas, limoarcillitas abigarradas, arcillitas rojizas, areniscas arcóscas beige friables, limoarcillitas marrón rojizas intercalados con conglomerados polimícticos y tobas. Toda la secuencia ha sido cubierta por depósitos cuaternarios de origen glaciar y fluvio-glaciar (INGEMMET, 1995).

Hacia la parte occidental de la cordillera, afloran rocas volcánicas cenozoicas compuestas por rocas volcánicas y rocas piroclásticas, cubiertas parcialmente por depósitos fluvio-glaciáricos del Cuaternario. En el sector oriental, sobresalen rocas sedimentarias paleozoicas compuestas por areniscas y arcillitas; sobreyaciendo, se tiene rocas sedimentarias cretácicas conformados por limoarcillitas y lodolitas rojas, intercaladas con rocas volcánicas, areniscas arcóscas, brechas, aglomerados, lavas andesíticas y tobas líticas de composición riolítica y tobas vitroclásticas de composición riolítica.

Estructuralmente presenta fuerte actividad tectónica, evidenciada en secuencias estratificadas y falladas con dirección preferente noroeste sureste, Rumbo Andino.

La Cordillera La Raya se ubica en la Cordillera Oriental de la Cordillera de los Andes y también está situada al noroeste del altiplano peruano entre los departamentos de

Cusco y Puno, y se extiende a unos 60 km en dirección este. El drenaje es hacia el océano Atlántico y a la cuenca del lago Titicaca. Fotografía 93.



Fotografía 93. Paisaje de alta montaña en la Cordillera La Raya.

Geomorfológicamente, corresponde a la unidad puna montañosa, sobresaliendo montañas altas con laderas fuertemente empinadas y cimas, siendo el sector oriental, el más afectado por la intensa geodinámica glaciar. Asimismo, se presentan formaciones montañosas aisladas (Aucará, Chinchina), las cuales han sido esculpidas por glaciares en roca.

Los procesos geodinámicos que han modelado el paisaje actual son de origen glaciar, facilitando la formación de morrenas y amplios fondos de valle, que han ocasionado cambios en la parte baja de las subcuencas. Cabe destacar, que los valles típicos en “U”, cubiertos en sus flancos por depósitos glaciáricos, nos permiten vislumbrar la antigua posición del glaciar; en tanto que, a medida que nos adentramos en las quebradas, se observan valles escalonados. Fotografía 94.



Fotografía 94. Cono aluviónico sobre el río Santa Santa, Cordillera La Raya.

4.3.6.3. Ecosistemas de montaña

En la Cordillera La Raya se presentan tres ecosistemas que cumplen funciones ecosistémicas importantes dentro de sus áreas de influencia. Estos ecosistemas son: bofedales, matorral arbustivo y pajonal andino (MINAM, 2017). El pajonal andino ocupa 70% del territorio y el porcentaje restante lo ocupan los otros ecosistemas: bofedal con el 3.5% y matorral arbustivo con el 8%. Los servicios que brindan estos ecosistemas están orientados a la regulación hídrica, mantenimiento de la biodiversidad, secuestro de carbono, belleza paisajística y formación de suelos, entre otros.

Los pajonales es el tipo de vegetación altoandina que ocupa la mayor extensión. Sus elementos característicos son densas agrupaciones en matas de gramíneas de hojas duras, en algunos casos punzantes, conocidos con el nombre vulgar de “ichus” o paja en todo el territorio altoandino. Este tipo de vegetación es dominado por gramíneas altas de los géneros *Festuca*, *Calamagrostis* y *Stipa*, siendo las especies más frecuentes: *Festuca dolichophylla*, *Festuca orthophylla*, *Stipa ichu*, *Stipa barbata*, *Calamagrostis intermedia* y *Calamagrostis rigida*. Fotografía 95.



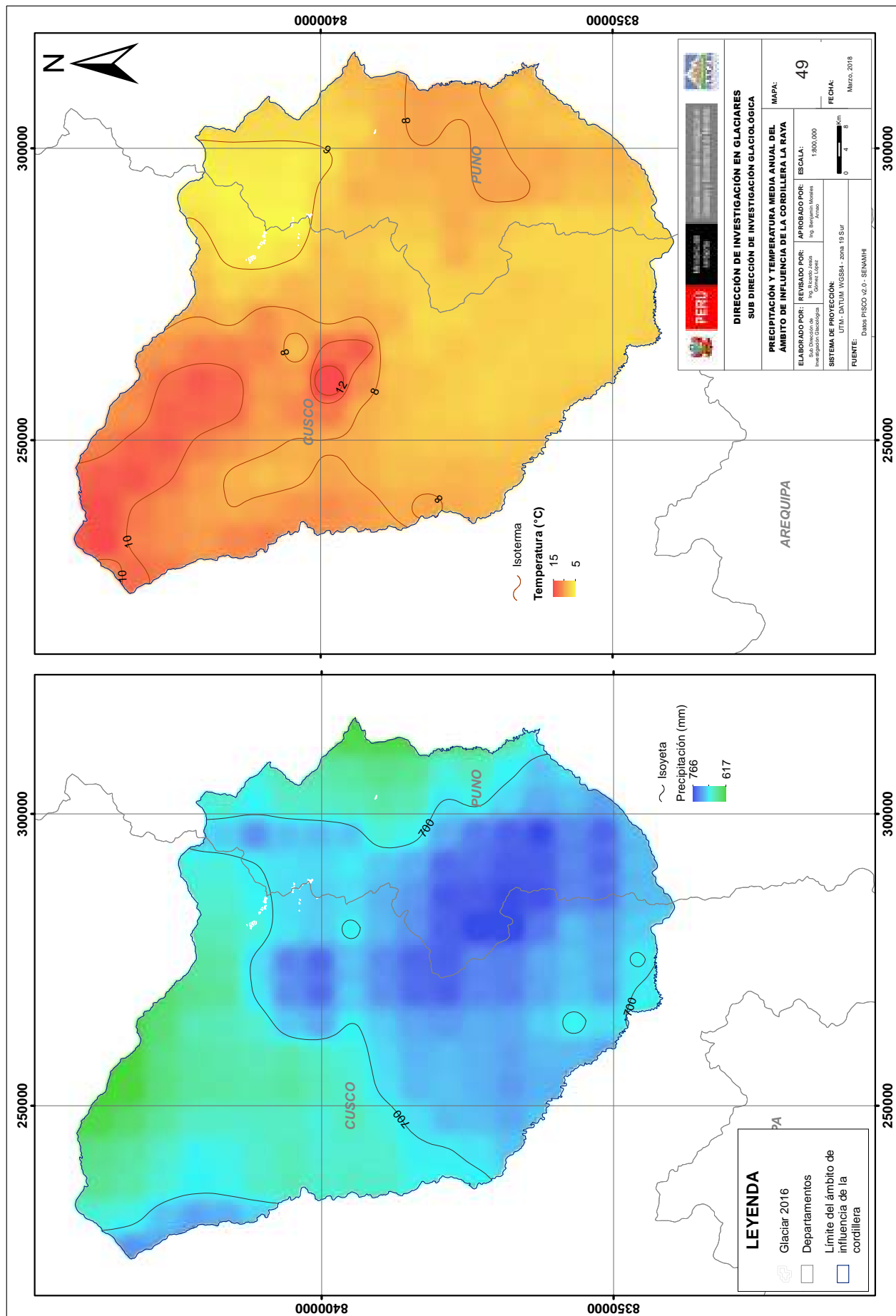
Fotografía 95. Abundancia de gramíneas en el paisaje andino, Cordillera La Raya.

El césped de puna se caracteriza por la presencia de plantas de porte almohadillado y arrosetado en su mayor parte, este tipo de vegetación es semejante al de la tundra ártica. Sin embargo, los líquenes y musgos, tan característicos de la tundra, son de importancia secundaria en el césped de puna. Su fisonomía está definida principalmente por variaciones en la proporción de especies de los géneros *Aciachne*, *Azorella*, *Liabum*, *Nototriche*, *Opuntia*, *Perezia*, *Pycnophyllum* y *Werneria*.

Los bofedales se hallan constituidos por especies vegetales propias de ambientes húmedos, de carácter permanente o temporal, y constituyen fuentes de forraje durante los periodos de sequía. En su composición florística dominan especies de porte almohadillado,



Mapa 48 . Ubicación geográfica del ámbito de influencia de la Cordillera La Raya



Mapa 49. Precipitación y temperatura del ámbito de influencia de la Cordillera La Raya.

como: *Distichia muscoides*, *Plantago rigida*, *Oxycloe* sp., y especies como *Calamagrostis ovata*, *C. eminens* y *C. rigescens*. Junto a estas especies se encuentran otras de importancia secundaria, como *Hypochaeris taraxacoides*, *Werneria pygmaea*, *Alchemilla diplophylla* y *Cotula mexicana*.

Son importantes también los totorales y juncuales que son comunidades vegetales que se desarrollan al borde de los lagos y se hallan dominados mayormente por *Schoenoplectus californicus* y *Karinia mexicana*. Mapa 50.

4.3.6.4. Aspectos socio económicos culturales

4.3.6.4.1. Población

La población en la zona de influencia de la Cordillera La Raya tiene una tendencia a la disminución, en total se ha reducido de 101,014 a 100,040 habitantes en 16 años (INEI, 2018), es decir se ha reducido en 974 habitantes. Estos datos evidencian una fuerte migración hacia las ciudades como Cusco, Juliaca y Puno, pero también hacia las ciudades de la costa, especialmente de la población joven en busca de nuevas oportunidades económicas y de estudios superiores.

Las provincias que muestran una disminución poblacional son Acomayo, Canas, Canchis y Melgar. La provincia de Espinar muestra un ligero crecimiento.

La densidad poblacional es de 17 habitantes por km² y la tasa poblacional de crecimiento promedio anual es de -0.07%. Tabla 41.

4.3.6.4.2. Energía y minería

La fábrica de tejidos Maranganí S.A. tiene a su cargo la central hidroeléctrica Langui con una capacidad instalada de 0.8 MW ubicada en Canas (Langui).

La minería artesanal es una actividad económica que se desarrolla en inmediaciones de la Cordillera La Raya. En Atuncucho se están implementando labores de extracción y para ello han realizado la construcción de un acceso hasta las zonas más altas de la cabecera de cuenca. Esta actividad convive de forma paralela con la ganadería en el mismo ámbito; se desconoce de estudios de impacto ambiental realizados para la extracción de minerales,

pero preliminarmente se advierte que de expandirse esta actividad pondría en serio peligro los glaciares y la calidad del agua que aún quedan (INAIGEM, 2016).

4.3.6.4.3. Agricultura y ganadería

La actividad económica principal es la ganadería, principalmente con la crianza de camélidos sudamericanos (alpacas y llamas). La importancia de esta actividad es tal que ha sido objeto de programas de investigación y estudio por el Instituto de Investigaciones del Trópico y Altura de la Universidad de San Marcos (IVITA) por varias décadas, con apoyo de la Cooperación Suiza, Neozelandesa, Norteamericana y Canadiense, y en convenio con la Universidad Nacional Técnica del Altiplano (UNTA), así como con las mismas comunidades campesinas de Macusani (INAIGEM, 2016).

En los valles formados por los ríos Vilcanota y Salca se presentan zonas más bajas y planas, con mayores aptitudes para el desarrollo de la actividad agrícola. Actualmente se desarrolla una agricultura diversificada, con productos agrícolas típicos como maíz, habas, trigo, papa, hortalizas y algunos frutales (durazno, manzano, capulí, etc.); encontrándose, asimismo, ganado vacuno, ovino y auquénido. En los pisos superiores se cultivan en menor intensidad tubérculos (oca, olluco, mashua) y leguminosas como el tarwi (chocho).

Respecto del uso de la tierra según los datos del Censo Nacional Agropecuario del año 2012, aproximadamente el 41% de la superficie de la cordillera se encuentra en uso directo, en los porcentajes siguientes:

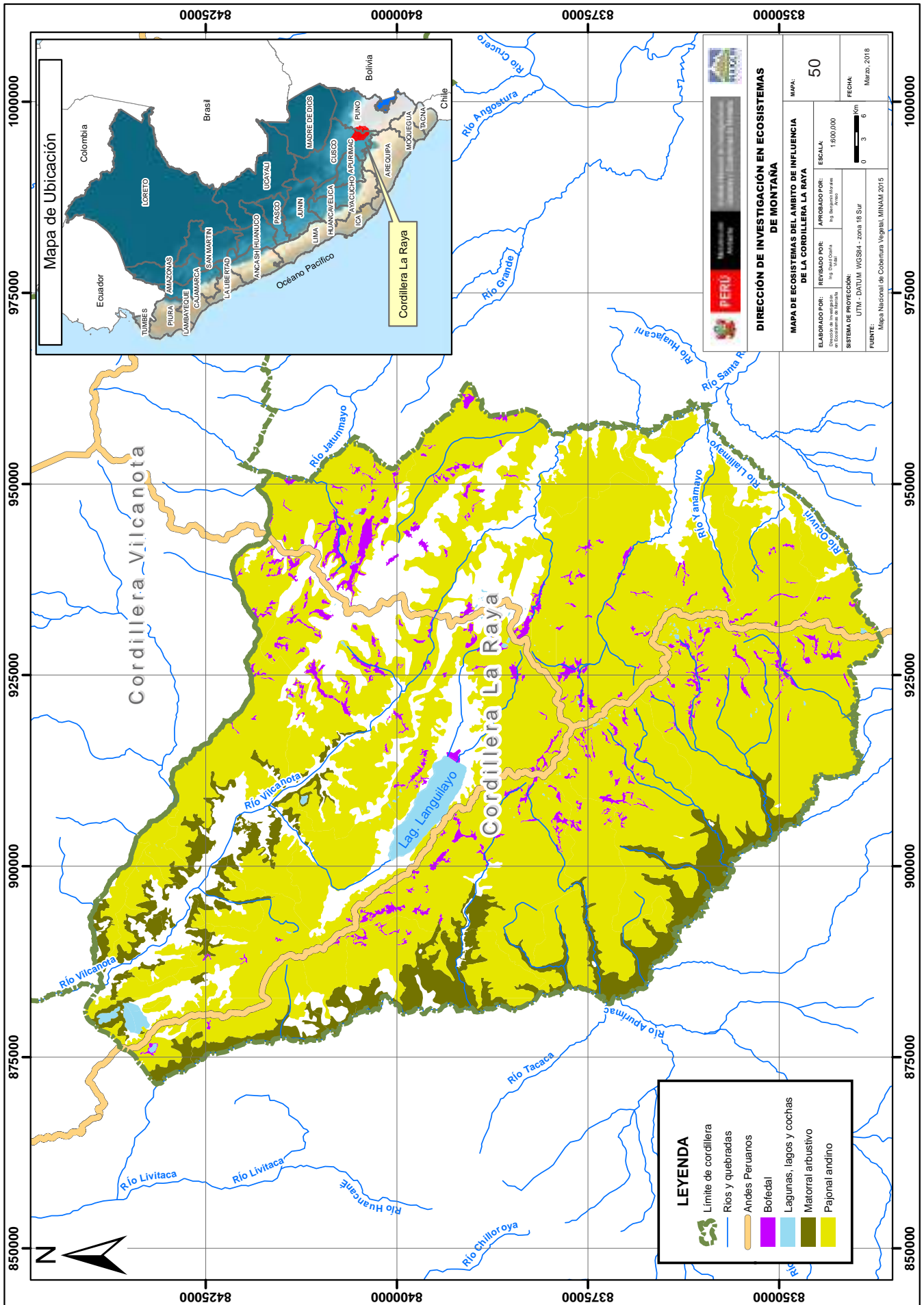
- Superficie con cultivos : 4.76%
- Superficie agrícola sin cultivo y
• va a ser sembrada : 1.52%
- Superficie agrícola sin cultivo y
• no va a ser sembrada : 1.86%
- Superficie agrícola en descanso : 3.08%
- Pastos naturales manejados : 6.27%
- Pastos naturales no manejados : 74.05%
- Montes y bosques : 0.56%
- Superficie dedicada a otros usos : 7.91%

La superficie con mayor extensión es la destinada a pastos naturales no manejados que alcanza 328,527 ha

Tabla 41. Población de las Provincias de la Cordillera La Raya.

Años	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
ACOMAYO(0.03*)	905	903	899	896	891	887	882	878	872	867	861	855	850	843	837	831
CANAS(0.8*)	33,372	33,328	33,265	33,185	33,092	32,988	32,872	32,743	32,605	32,458	32,303	32,144	31,978	31,806	31,624	31,434
CANCHIS(0.29*)	29,826	29,880	29,927	29,962	29,990	30,010	30,011	29,999	29,978	29,948	29,911	29,869	29,820	29,763	29,698	29,624
ESPINAR(0.24*)	15,312	15,435	15,550	15,658	15,761	15,858	15,951	16,038	16,120	16,198	16,273	16,345	16,414	16,478	16,539	16,595
MELGAR(0.28*)	21,599	21,662	21,720	21,768	21,804	21,823	21,824	21,807	21,780	21,748	21,719	21,690	21,659	21,626	21,591	21,556
TOTAL	101,014	101,208	101,361	101,469	101,538	101,567	101,540	101,465	101,355	101,219	101,067	100,903	100,720	100,516	100,289	100,040

Fuente: INEI. (*) Factor de incidencia territorial.



Mapa 50. Ecosistemas en el ámbito de influencia de la Cordillera La Raya.

(CENAGRO, 2012), en tanto que la superficie destinada a cultivos diversos llegan a 21,129 ha. Los pastos naturales manejados tienen también una considerable representación con 27,812 ha. Llama la atención la reducida área destinada a montes y bosques.

4.3.6.4.4. Turismo y cultura

Sicuani es la segunda ciudad de mayor importancia en el Cusco, se ubica dentro de la provincia de Canchis, donde se asientan 30 comunidades campesinas en el entorno rural.

En Espinar (Cusco) se tiene como atractivo turístico el templo de Yauri y el conjunto arqueológico de Kanamarca, así como el Museo Arqueológico Julio C. Tello de Sicuani.

En la provincia de Melgar (Puno) se pueden mencionar los restos arqueológicos preincas de Maucallacta y la propia ciudad de Ayaviri, capital de la provincia, con el Kolqueparque, las aguas termales de Pokpoquilla y las rocas de Tinajani. Como atractivo turístico natural se encuentran las lagunas Langui y Quilca y el glaciar Chimbolla.

El nevado Kunurana (5,620 m s.n.m.) es el apu de las comunidades de la región, la montaña representativa de la Cordillera La Raya. El pueblo más cercano es Santa Rosa en la provincia de Melgar del departamento de Puno, se encuentra el sitio arqueológico *Jullulluma*, un asentamiento pre inca con delimitaciones de calles y plazas y la presencia de *chullpas* o mausoleos, algunos con muros en forma circular que miden más de tres metros de altura. Fotografía 96, Fotografía 97 y Fotografía 98.



Fotografía 96. Templo de Yauri. Foto: Blog turismo de aventura en espinar.



Fotografía 97. Conjunto arqueológico de Kanamarca.
Fuente: Mex Failero.



Fotografía 98. Chullpas de Jullulluma.
Fuente: Blog Santa Rosa de Melgar.

4.3.6.5. Inventario de la superficie glaciar

4.3.6.5.1. Antecedentes

Entre 1970 y 1989, se realizó el primer inventario de dieciocho cordilleras glaciares del Perú, usando fotografías aéreas del proyecto N° AF-60-17 de 1962-1963 y 62336-002 (44) de 1955 y algunas fotografías verticales en infrarrojo tomadas por la NASA en 1970, donde se determinó un área de la cobertura glaciar de 11.27 km² y 48 glaciares para la Cordillera La Raya (Hidrandina S.A., 1989).

Debido al visible retroceso de los glaciares en las cordilleras peruanas, en 1997 se llevó a cabo un nuevo inventario parcial en cuencas seleccionadas en las cordilleras Blanca, Raura, Central, Huaytapallana y Huagoruncho. El material básico de trabajo fueron las imágenes del satélite LANDSAT tomadas en el período 1995-1997 obteniendo un área de cobertura glaciar de 7.66 km² para la Cordillera La Raya (CONAM, 2001).

Entre los años 2003 al 2014, se efectuó el tercer inventario de glaciares y lagunas realizado por la UGRH, en base al procesamiento de imágenes satelitales SPOT, ASTER, LANDSAT y LISS III de diecinueve cordilleras del Perú. Se obtuvo un área de cobertura glaciar de 3.06 km² y 25 glaciares para la Cordillera La Raya (ANA, 2014).

En el año 2016, el INAI GEM efectuó el cuarto inventario de las coberturas glaciares de las dieciocho cordilleras

glaciares del Perú, registrando un área de cobertura glaciar de 1.9 km² para la Cordillera La Raya.

4.3.6.5.2. Descripción de los glaciares

Los glaciares en esta cordillera se encuentran dispersos dentro de 32 km de largo de la cadena montañosa de los andes, entre el nevado Cordorcota en su extremo norte al nevado Cunurana en el extremo sur. Dentro de la cordillera encontramos glaciares de tipo montaña, los cuales se encuentran adheridos a los flancos de las laderas.

Los grupos importantes son el nevado Condorcota que es el de mayor volumen, además de los nevados de Quillca, Chinchina, Chimbolla y Cunurana.

Las masas glaciares en esta cordillera están muy retiradas del valle y fragmentadas, estas características son muy comunes en las cordilleras catalogadas en proceso de extinción. Sobre el nevado Chimbolla apreciamos este patrón. Fotografía 99.

4.3.6.5.3. Monitoreo de glaciares

Las masas glaciares se distribuyen desde los 5,132 m s.n.m. hasta los 5,488 m s.n.m., donde el punto más alto se ubica en el nevado Chimbolla. En esta cordillera no hay presencia de superficies glaciares cubiertas, todos los glaciares presentan una superficie libre de detritos o escombros.



Fotografía 99. Reducción del frente glaciar y fragmentación sobre el nevado Chimbolla.

4.3.6.5.4. Lagunas de origen glaciar

En esta cordillera es evidente el impacto del cambio climático que está provocando la acelerada fusión de los glaciares, formando lagunas de origen glaciar.

Langui Layo es la laguna más importante de la Cordillera La Raya, tiene una extensión superficial del orden de los 54 km², posee una presa de regulación y pertenece a la cuenca del Urubamba. Dentro de esta misma cuenca se tiene las lagunas de Pampamarca, Tungasuca, Asnacocha y Coñocota que constituyen recursos hídricos importantes para la cuenca. Fotografía 100.

En la vertiente del Titicaca, las lagunas más importantes son Matarococha, Suytococha y Pucarani, las cuales drenan sus aguas hacia la cuenca del río Pucará.

4.3.6.5.5. Riesgos de origen glaciar

No se tiene documentado algún incidente de riesgo asociado a glaciares o lagunas de origen glaciar. En la actualidad la masa glaciar es reducida y considerada en proceso de extinción.

4.3.6.5.6. Resultados del inventario

La Cordillera La Raya cubre una superficie glaciar total de 1.9 Km² al 2016, dentro de este ámbito no se encontró superficies cubiertas por detritos o escombros Tabla 42.

Tabla 42. Superficie glaciar 2016: Cordillera La Raya.

Unidad	Superficie Glaciar
	Libre de detritos o escombros
Km ²	1.90
%	100.00

En el análisis de cambio de superficie, se determinó que en 54 años (1962-2016) el área glaciar disminuyó en 9.37 km². Gráfico 49 y Figura 25.

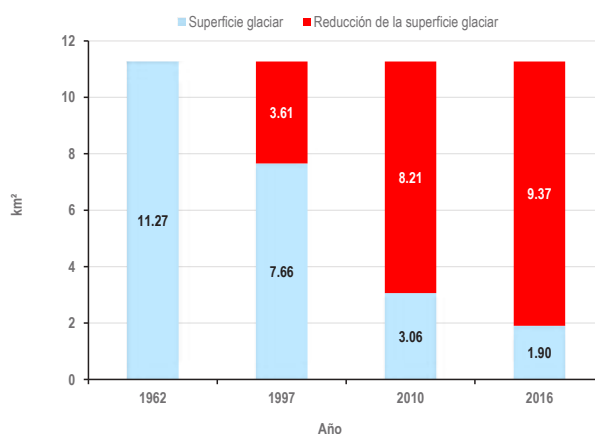


Gráfico 49. Reducción del área glaciar por periodos (1962-2016) - Cordillera La Raya.



Fotografía 100. Laguna Langui Layo. Fuente: Mapio.

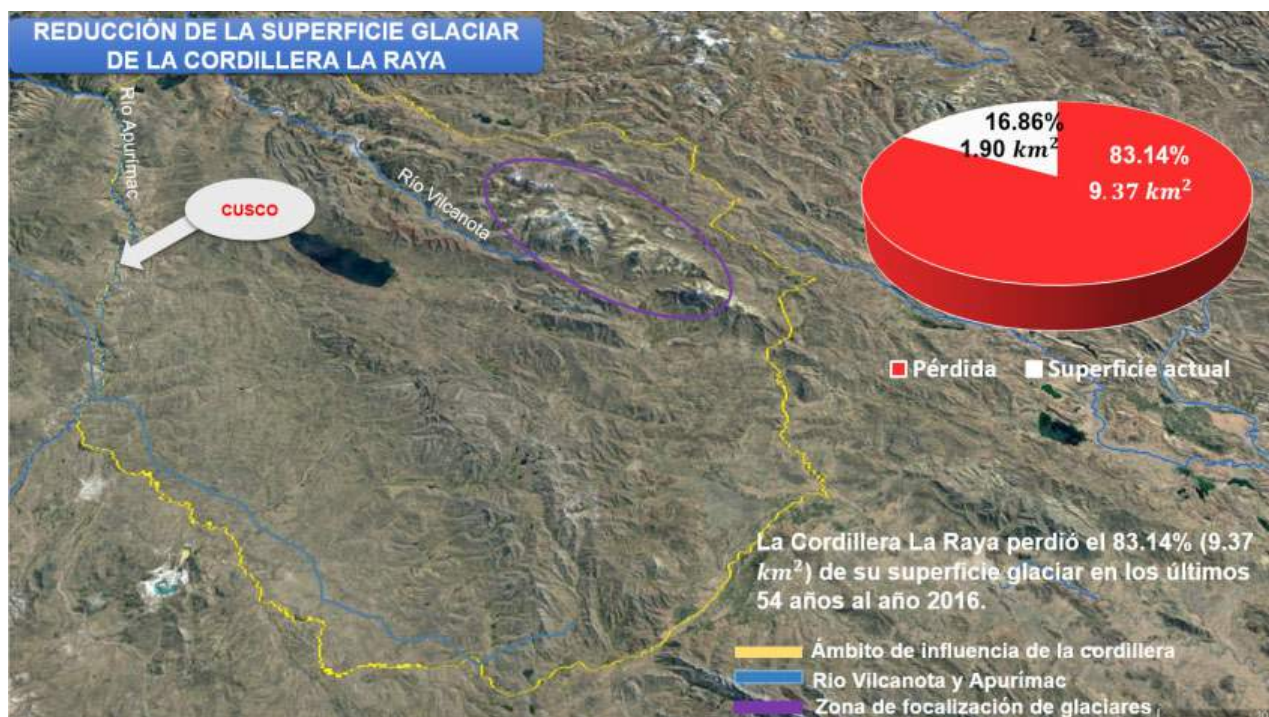


Figura 25. Reducción de la superficie glaciar de la Cordillera La Raya

4.3.6.5.7. Tendencia estimada de la reducción de la superficie glaciar

Considerando los resultados de los inventarios de 1989 (publicado por Hidrandina S.A. & y reanalizado por INAIGEM al 2016), de 2001 (CONAM), de 2014 (ANA-UGRH) y del 2017 (INAIGEM), se obtiene una

tasa de retroceso 0.17 km²/año. De acuerdo con estos datos se estima que los glaciares de la Cordillera La Raya desaparecerían en el año 2031. Sin embargo, es importante mencionar que este valor es una estimación estadística lineal, sujeta a las variaciones y tendencias climáticas futuras a nivel global. Gráfico 50.

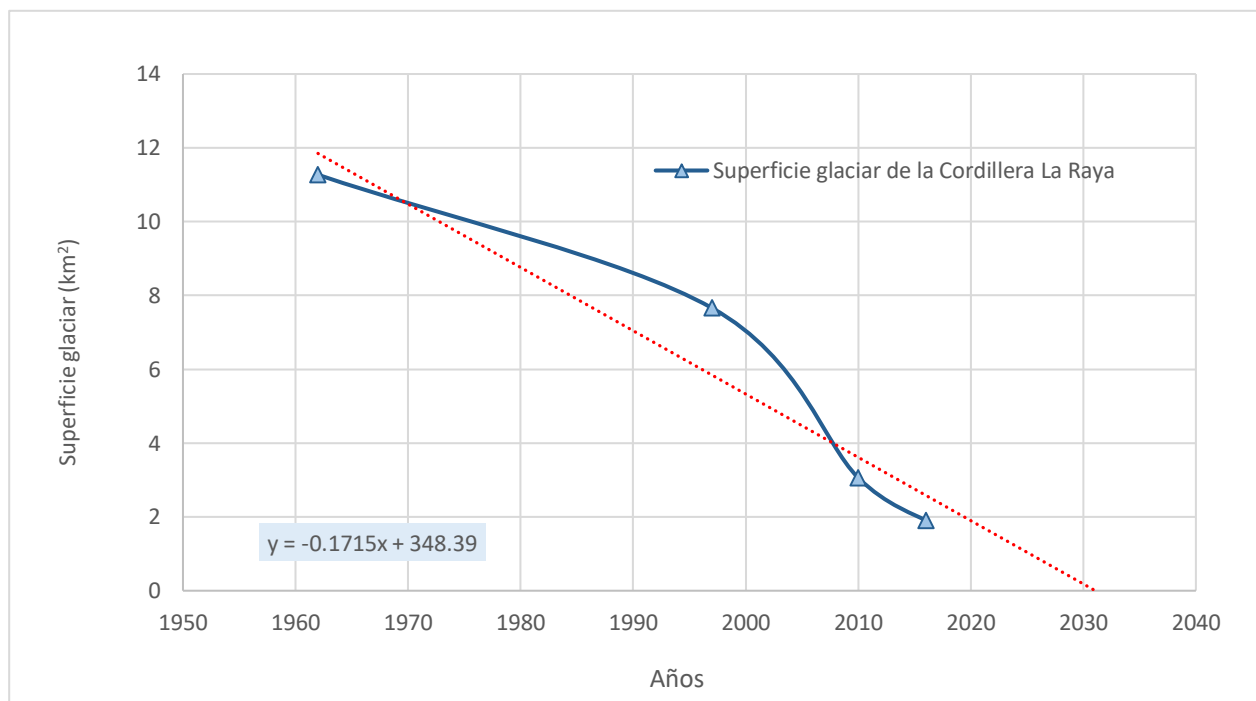


Gráfico 50. Tendencia estimada de la reducción de la superficie glaciar de la Cordillera La Raya.

Resumen

- El análisis de cambio de superficie en la Cordillera La Raya muestra que el área glaciar ha disminuido de 11.27 km² a 1.90 km² con una pérdida de 9.37 km² equivalente al 83.14 %, en 54 años. Sin embargo, esta tendencia se ha agudizado en los últimos años.
- La Cordillera La Raya cubre una superficie glaciar de 1.9 km² en el 2016. Dentro de este ámbito no se encontraron superficies cubiertas por detritos o escombros.
- Considerando los datos registrados en los inventarios, se obtiene una tasa de retroceso de 0.17 km²/año, de acuerdo con estos datos se estimaría que los glaciares de la Cordillera La Raya desaparecerían en el año 2031 de continuar la tendencia actual.
- La población existente el área de influencia de la cordillera es de 100,040 habitantes al 2015, distribuidos en las provincias de Acomayo, Canas, Canchis, Espinar y Melgar. La densidad poblacional estimada es de 17 habitantes por km². La tasa poblacional media anual es de -0.07%.

4.3.7. CORDILLERA VILCANOTA

4.3.7.1. Ubicación

La Cordillera Vilcanota forma parte de las cordilleras ubicadas en la zona sur del país y se encuentra entre las cordilleras Carabaya y La Raya, colindando con estas por el oeste y sur respectivamente. El ámbito de influencia de la cordillera tiene un área de 7,521 km² y una longitud de 134 km. Sus límites geográficos están comprendidos entre los paralelos 14°33'08.86" y 13°07'23.82" de latitud sur y entre los meridianos 71°45'11.64" y 70°28'14.91" de longitud oeste. Mapa 51.

Políticamente, el ámbito se extiende parcialmente en el departamento de Cusco, en las provincias de Paucartambo, Quispicanchi y Canchis; y en el departamento de Puno, en las provincias de Carabaya y Melgar.

4.3.7.2. Acceso

El acceso usual para la cordillera es desde el Cusco con dirección sur hasta Andahuaylillas, luego se toma el camino hacia Ocongate, Tinki, Mahuayani y Marcapata. Otra alternativa es ir de Andahuaylillas hacia Cusipata luego a San Pablo, vía trocha carrozable hacia Chua Chua al este, y de ahí hasta la laguna de Sibinacocha.

4.3.7.3. Aspectos físicos

4.3.7.3.1. Hidrografía y climatología

El ámbito de la Cordillera Vilcanota se ubica en las regiones hidrográficas del Amazonas y el Titicaca; siendo las cuencas Urubamba, Inambari y la intercuenca Alto Madre de Dios, en la vertiente del Amazonas, y Azángaro, en la cuenca del Titicaca.

La laguna Sibinacocha es la fuente de agua más importante en el ámbito. En la actualidad represa un volumen mayor a 100 hm³. El volumen de agua regulada alimenta al río Salcca, que a su vez recibe agua de los ríos Pumanuta y Putto hasta llegar al río Vilcanota. También forma parte el río Chilcamayu, que aguas abajo, cambia de nombre a Pitumarca, y más al norte, se integra el río Tinquimay. Los ríos son un conjunto de caudales dependientes de la fusión glacial. De este modo se configura el esquema hidrográfico más importante para el departamento del Cusco. La Cordillera Vilcanota provee el recurso primordial para el desarrollo social y económico, particularmente en los meses de estiaje (mayo a septiembre).

Otros ríos de importancia alimentan a la cuenca Inambari, como son el Japumayo, Palquilla y Sayapata, todos confluyen para formar el río Araya.

Los ríos que nacen en el ámbito de la cordillera y fluyen hacia la cuenca Azángaro (región hidrográfica del Titicaca) son el Huycho, Quenamari, Sahuapuno y Llanca; ríos que en la actualidad poseen un régimen de caudales temporales.

Las precipitaciones se concentran hacia el norte en los límites de la cordillera debido a su cercanía con la selva alta donde se tienen valores de media anual de 2,200 mm. En cambio, para las zonas montañosas, el valor va decreciendo hacia el sur donde se llega a tener una media anual de 700 mm. Éstas se dan en mayor proporción en la estación de verano y su cercanía a la selva alta ocasiona que haya abundante humedad en la atmósfera y los valores que se muestran en el Mapa 52.

De acuerdo con la clasificación climática de Thornthwaite (SENAMHI, 1988), sobre la cordillera predomina un clima semifrío, lluvioso en verano y deficiente en otoño e invierno. Según los datos grillados del proyecto PISCO, la temperatura media anual es entre los 10 °C y 12 °C para zonas ubicadas alrededor de los 3,000 a 3,500 m s.n.m., luego los valores van disminuyendo mientras se incrementa la altitud llegando a tener, por sobre los 4,500 m s.n.m., una temperatura media anual de alrededor de 6 °C (Lavado, et al., 2016).

4.3.7.3.2. Geología y geomorfología

En la parte septentrional de la Cordillera Vilcanota sobresalen afloramientos de rocas metamórficas precámbricas constituidas por gneis y anfibolitas. Sobreyaciendo se tienen rocas sedimentarias paleozoicas conformadas por areniscas, cuarcitas, metareniscas, pizarras con nódulos calcáreos e intercalación de areniscas y lutitas micáceas. Estas formaciones fueron intruídas por secuencias graníticas, siendo cubiertas posteriormente por depósitos cuaternarios de origen glacial (INGEMMET, 1998).

Hacia la parte meridional de la cordillera, afloran rocas sedimentarias cretácicas compuestas por calizas y areniscas principalmente. Sobreyaciendo, se tienen rocas sedimentarias cenozoicas conformadas por conglomerados, areniscas rojas intercaladas con limoarcillitas y lodolitas y secuencias volcano-sedimentarias. También existen intrusivos de naturaleza riolítica habiendo sido cubiertos por depósitos cuaternarios tipo glaciofluvial.

Estructuralmente, se visualizan plegamientos de anticlinales, sinclinales y sobreescurrecimientos como resultado de la geodinámica de las placas tectónicas.

La Cordillera Vilcanota se ubica en la Cordillera Oriental y se caracteriza por tener una morfología de montañas altas cuyo drenaje se orienta a la unidad hidrográfica del río Amazonas.

Se tiene una serie de lagunas de origen glaciar producto del proceso del retroceso glaciar. Los procesos geodinámicos que han modelado el paisaje actual son de origen glaciar, generando geoformas agradacionales (morrenas) y degradacionales (fondos de valle glaciar), y siendo la escorrentía superficial la que genera mayor grado de erosión.

4.3.7.4. Ecosistemas de montaña

En la Cordillera Vilcanota se presentan siete ecosistemas que brindan servicios ecosistémicos importantes dentro de sus áreas de influencia. Estos ecosistemas son bofedales, bosque de montaña, bosque de montaña altimontano, bosque de montaña basimontano, bosque de montaña montano, matorral arbustivo y pajonal andino (MINAM, 2017). Los servicios que brindan estos ecosistemas están orientados a la regulación hídrica, mantenimiento de la biodiversidad, secuestro de carbono, belleza paisajística y formación de suelos, entre otros.

El pajonal andino, ocupa el 53.5% del territorio seguido del conjunto de bosques andinos (7.5%) y el porcentaje restante lo ocupan los otros ecosistemas resaltando el bofedal con el 5%. Fotografía 101.

Los bosques de *Polylepis* de la Cordillera Vilcanota son ecosistemas que contienen una fauna y flora única, caracterizada por presentar altos niveles de endemismo. Ecológicamente los bosques de *Polylepis* previenen la erosión de los suelos, acumulan agua y su importancia

radica básicamente en que son albergue de especies raras de aves de Sur América, incluyendo a especies como *Anairetes alpinus*, *Cinclodes aricomae*, *Poospiza garleppi* y *Oreomanes fraseri*. Desfavorablemente estos bosques se constituyen como uno de los hábitats más vulnerables debido a la fuerte presión antropogénica existente: tala para leña y materiales de construcción, además de sobrepastoreo. Es imprescindible resaltar que estos representan la única fuente de recurso maderable. Mapa 53.

4.3.7.5. Aspectos socio económicos culturales

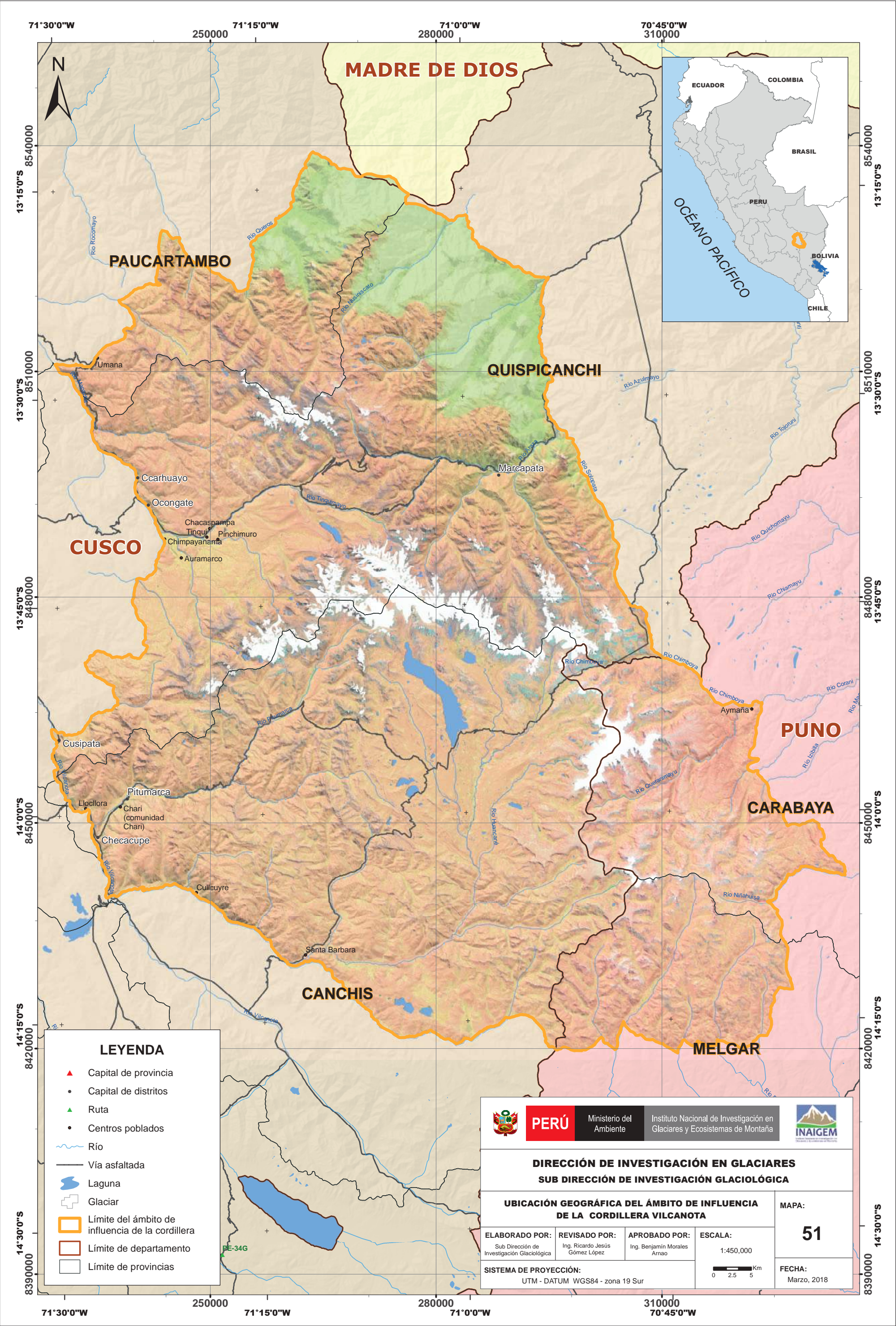
4.3.7.5.1. Población

La población estimada que habita en la zona de influencia de la cordillera tiene un incremento mínimo, apenas de 3,963 habitantes entre el año 2000 y el año 2015 (de 120,590 a 124,553 habitantes) (INEI, 2018). Estos datos evidencian una fuerte migración hacia las ciudades de la sierra como Puno o Cusco, pero principalmente hacia la costa a ciudades como Arequipa, Ica y Lima, entre otras.

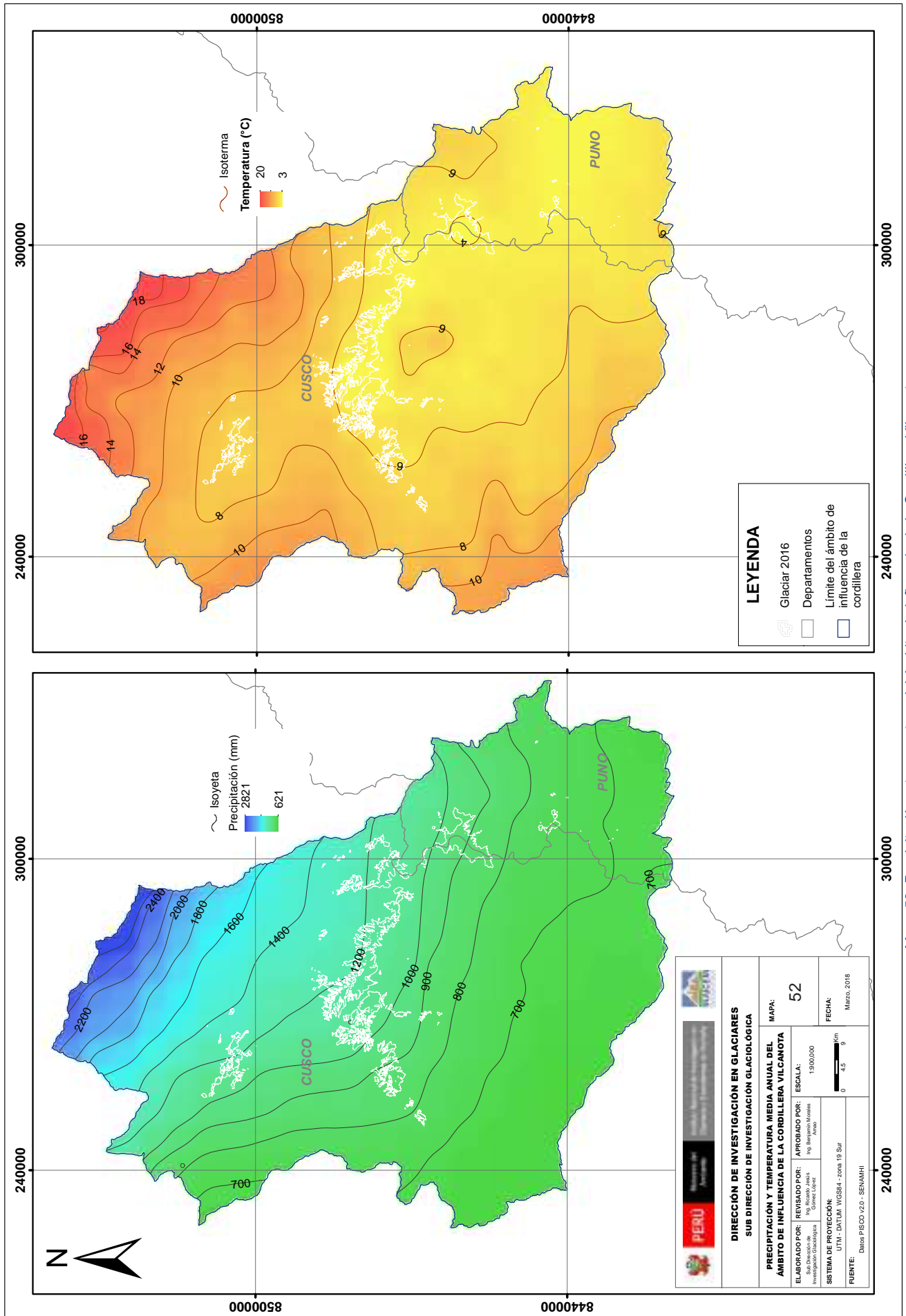
Solo las provincias de Carabaya, Paucartambo y Quispicanchi muestran un ligero crecimiento poblacional; en tanto, Canchis y Melgar están en un franco proceso de despoblamiento. La densidad poblacional es de 17 hab/km² y la tasa de incremento poblacional media anual es de 0.22%. Tabla 43.



Fotografía 101. Bofedal en el ámbito de la Cordillera Vilcanota.



Mapa 51 . Ubicación geográfica del ámbito de influencia de la Cordillera Vilcanota



Mapa 52. Precipitación y temperatura del ámbito de influencia de la Cordillera Vilcanota.



Tabla 43. Población de las provincias de la Cordillera Vilcanota

Años	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
CANCHIS(0.71*)	73,022	73,154	73,269	73,356	73,424	73,473	73,475	73,447	73,393	73,320	73,230	73,126	73,006	72,867	72,708	72,527
CARABAYA(0.06*)	3,694	3,816	3,940	4,067	4,195	4,324	4,453	4,582	4,713	4,846	4,983	5,124	5,269	5,417	5,568	5,723
MELGAR(0.08*)	6,171	6,189	6,206	6,219	6,230	6,235	6,235	6,231	6,223	6,214	6,205	6,197	6,188	6,179	6,169	6,159
PAUCARTAMBO(0.12*)	5,554	5,605	5,654	5,700	5,744	5,786	5,827	5,866	5,903	5,938	5,973	6,006	6,039	6,070	6,099	6,127
QUISPICANCHI(0.38*)	32,149	32,355	32,545	32,720	32,881	33,032	33,173	33,300	33,417	33,524	33,625	33,720	33,807	33,887	33,956	34,016
TOTAL	120,590	121,120	121,614	122,061	122,473	122,851	123,164	123,425	123,648	123,843	124,017	124,175	124,310	124,419	124,501	124,553

Fuente: INEI. (*) Factor de incidencia territorial.

4.3.7.5.2. Energía y minería

La Empresa de Generación Eléctrica Machupicchu S.A. opera la central hidroeléctrica HERCCA con una capacidad instalada de 0,8 MW, la misma que está ubicada en Canchis (Sicuani). El servicio de electrificación para la provincia de Canchis es brindado por Electro Sur Este Cusco – Sicuani. Tiene una presencia provincial, abarcando su servicio a comunidades. Sin embargo, no ha logrado la cobertura de la demanda total existiendo un déficit de atención en las comunidades muy alejadas.

La provincia cusqueña de Canchis es rica en minerales metálicos y no metálicos. En general, en la zona de Cusco se tienen los siguientes denuncios: Chumbivilcas con 595 concesiones, Quispicanchis 469, Espinar 281 y Canchis con 142 concesiones, que implican el 15.44% del total del territorio y ascienden a 62,633 ha concesionadas (MP-CANCHIS, 2013).

En Acomayo, las concesiones mineras ocupan 20,376 ha que equivalen al 20.31% de la superficie de la provincia. Cinco empresas mineras concentran el 74% del total: Strike Resources, Minera del Suroeste, Yura, Corporación Aceros Arequipa y BHP Billiton (CooperAcción, 2017).

En Quispicanchi, los derechos mineros se ubican tanto en los distritos de Ocongate, Ccarhuayo y Ccatca, como en la zona amazónica limítrofe con Puno y Madre de Dios, sobre todo en el distrito de Camanti (CooperAcción, 2017).

Por último, Paucartambo es una de las provincias más pobres y de mayor extensión de la región. Ocupa el penúltimo lugar a nivel nacional en el Índice de Desarrollo Humano. En su territorio se encuentran las zonas de amortiguamiento del Parque Nacional del Manu y la Reserva Comunal de Amarakaeri, una de las más extensas del país. Las concesiones mineras y los petitorios en trámite abarcan algo más de 66,000 ha, sobre todo en la zona sur, lo que representa apenas el 13.49% de la superficie provincial (CooperAcción, 2017).

4.3.7.5.3. Agricultura y ganadería

La producción agrícola se limita generalmente a las zonas más bajas o de valle, con un mayor potencial de producción y un menor nivel de riesgo. En las zonas

de mayor altura, la producción agrícola rápidamente se limita a la papa amarga para la producción de chuño o moraya, además del tarwi (chocho).

La ganadería es sin duda la actividad productiva más diseminada en toda la provincia de Canchis, dado que prospera en la zona alta, media y baja y aún en condiciones adversas de clima, que no permiten la práctica de otras actividades productivas; la actividad pecuaria tiene gran importancia en la formación de ingresos para los hogares del campo. El desarrollo de la actividad pecuaria pasa por los problemas de disponibilidad y calidad de pastos, traducidos en falta de infraestructura necesaria, sobrepastoreo e infestación de pastos y bofedales, así como por el estado crítico de las vías de comunicación que dificulta y determina las relaciones entre las zonas productivas y los principales mercados (MP-CANCHIS, 2013).

Respecto del uso de la tierra según los datos del Censo Nacional Agropecuario del año 2012, aproximadamente el 21% de la superficie de la cordillera se encuentra en uso directo, en los porcentajes siguientes:

- Superficie con cultivos : 7.32%
- Superficie agrícola sin cultivo y va a ser sembrada : 0.80%
- Superficie agrícola sin cultivo y no va a ser sembrada : 0.42%
- Superficie agrícola en descanso : 2.37%
- Pastos naturales manejados : 2.26%
- Pastos naturales no manejados : 73.07%
- Montes y bosques : 6.09%
- Superficie dedicada a otros usos : 7.68%

Notamos que la superficie dedicada a pastos naturales no manejados, ocupan el mayor porcentaje (73.07%), alcanzando 287,234 ha, mientras que la superficie destinada a cultivos diversos alcanza 28,766 ha. (CENAGRO, 2012). La extensión dedicada a montes y bosques también ocupa un lugar preferente con 23,940 ha.

4.3.7.5.4. Turismo y cultura

La provincia de Canchis es un territorio de historia milenaria, donde aún se conserva el gran templo de Raqchi, que atesora los restos de la religiosidad andina más enigmática del Perú y de Sudamérica. Es un importante

escenario donde se desarrollaban las peregrinaciones más numerosas de la región. Desde tiempos inmemoriales las civilizaciones antiguas conviven y veneran a los apus y a la Pachamama. Junto a ella, se tiene al Centro Ceremonial Machu Pitumarca, los puentes Inca – Colonial y los templos coloniales. La frondosa riqueza natural que, por su ubicación en el nudo del Vilcanota de la Cordillera de los Andes, tiene un valle interandino rico en tierras agrícolas. También importantes nevados, lagunas, aguas termo medicinales y gran biodiversidad distribuida en pisos ecológicos dando vida en abundancia y los más bellos parajes (PDC-2013-2023. Provincia de Canchis-Cusco). Fotografía 102



Fotografía 102. Centro Ceremonial Machu Pitumarca.
Fuente: Armando Medrano Samaja.

Otros principales atractivos turísticos son el templo del dios Wiracocha, la naciente del río Vilcanota, las aguas termales de Aguas Calientes (Marangani), las aguas medicinales de Marcani y la laguna de Sibinacocha, entre otros. Fotografía 103.



Fotografía 103. Templo del dios Wiracocha.
Fuente: Agencia de viajes Peru.com.

En Ausangate, de acuerdo con la mitología inca de esta montaña y de las lagunas cercanas —entre los que destaca Sibinacocha— nace la energía masculina que fertiliza a la madre tierra (Pachamama). Luego de un largo discurrir, las aguas se pierden en el Amazonas para retornar a

llenar los lagos y los glaciares cada noche convertida en el río de estrellas o Willkamayu (conocida en el mundo occidental como la Vía Láctea). Los pastores de llamas y alpacas de la comunidad de Chilca representan a los guardianes de estos parajes, desde allí se puede hacer una caminata denominada "Camino del Apu Ausangate".

Al lado norte del Ausangate, se celebra cada año la fiesta tradicional de Qoyllur Rit'i, antes de la fiesta del Corpus Christi, durante la cual miles de quechuas peregrinan al adoratorio del Señor de Qoyllur Rit'i en el templo de Sinakara (una pintura realizada sobre una roca). Este peregrinaje fue incluido dentro de la Lista Representativa del Patrimonio Cultural Inmaterial de la Humanidad (UNESCO, 2011). Qoyllur Rit'i en el Cusco, es considerada como una de las fiestas de las naciones indígenas más grande de América. Se celebra 58 días después de la Pascua de Resurrección de la Semana Santa, en el Día de la Santísima Trinidad, y tiene la característica de ser una fiesta movable. El Santuario del Señor del Qoyllur Rit'i se encuentra en la base del glaciar Qolqepunko (Newton de Valdivieso, 2010).

4.3.7.6. Inventario de la superficie glaciar

4.3.7.6.1. Antecedentes

En la década de 1970, se comenzó a estudiar ampliamente las interacciones clima-glaciar en esta cordillera (Thompson, Hastenrath, & Morales, Climatic ice core records from the tropical Quelccaya Ice Cap, 1979). Thompson y sus colegas perforaron los primeros núcleos de hielo en Quelccaya desarrollándose estudios de paleoclima en glaciares (Thompson, Mosley-Thompson, & Morales, 1984).

Entre 1970 y 1989, se realizó el primer inventario de dieciocho cordilleras glaciares del Perú usando fotografías aéreas del proyecto N° AF-60-17 de 1962-1963 y 62336-002 (44) de 1955. Se determinó un área de la cobertura glaciar de 418.43 km² y 469 glaciares para la Cordillera Vilcanota (Hidrandina S.A., 1989). El INAIGEM hizo un nuevo análisis a través de la reconstrucción de superficies glaciares con imágenes satelitales LANDSAT de 1975: se encontraron 495.05 km² de cobertura glaciar para la Cordillera Vilcanota.

Entre 1985 y 1996, se perdieron 100 km² de masa glaciar, que correspondían a un 23% de reducción desde 1985. Debido al visible retroceso de los glaciares en las cordilleras peruanas, en 1997 se llevó a cabo un nuevo inventario parcial en cuencas seleccionadas en las cordilleras Blanca, Raura, Central, Huaytapallana, Huagoruncho y Vilcanota. Con base al inventario parcial se realizó una proyección a nivel nacional con respecto a las demás cordilleras. El material básico de trabajo fueron las imágenes del satélite LANDSAT tomadas en el período 1995-1997 obteniendo un área de cobertura

glaciar de 375.75 km² para la Cordillera Vilcanota (CONAM, 2001).

Entre los años 2003 al 2014, se efectuó el tercer inventario de glaciares y lagunas realizado por la UGRH, en base al procesamiento de imágenes satelitales SPOT, ASTER, LANDSAT y LISS III de diecinueve cordilleras del Perú (se incluyó a la Cordillera Volcánica que en la actualidad es considerada extinta, aunque con acumulación estacional de nieve). Se obtuvo un área de cobertura glaciar de 279.40 km² y 374 glaciares para la Cordillera Vilcanota (ANA, 2014).

En el año 2016, el INAIGEM efectuó el cuarto inventario de las coberturas glaciares de las dieciocho cordilleras glaciares del Perú registrándose un área de cobertura glaciar de 255.44 km² para la Cordillera Vilcanota.

4.3.7.6.2. Descripción de los glaciares

La Cordillera Vilcanota es la segunda cordillera glaciar más grande del Perú luego de la Cordillera Blanca. Los glaciares se encuentran dispersos a lo largo de 95 km de noroeste a sureste y se extiende 60 km de este a oeste, formando los glaciares un arco. Dentro de la cordillera encontramos en su mayoría glaciares de tipo montaña, adheridos a los flancos de las laderas, seguida de los de tipo hielo cubierto y valle glaciar.

El pico más alto de la cordillera montañosa es el nevado Ausangate con 6,372 m s.n.m.

El glaciar Quelccaya es de tipo capa de hielo, teniendo en cuenta la clasificación GLIMS (Rau et al., 2005), ya que presenta una forma de domo y flujo de hielo radial. Es el casquete glaciar tropical más grande en la tierra y está ubicada en el margen sureste de la Cordillera Vilcanota. Fotografía 104.

Los glaciares más representativos de la Cordillera Vilcanota son: Ausangate, Cuncapata, Sorañaño, Quelccaya, Japupunta, Jatunhuma, Chumpe, Pucca Orcco, Ananta, Pata Ananta y Huayruru. Fotografía 105.

Los glaciares presentan en su mayoría superficies libres de detritos o escombros, los cuales representan el 95.47% de la superficie total y las lenguas o superficies glaciares cubiertas parcial o totalmente por material morrénico o detrítico representan el 4.53%.

4.3.7.6.3. Monitoreo de glaciares

Las primeras expediciones glaciológicas se llevaron a cabo en el nevado Quelccaya entre los años 1976, 1977 y 1978. Durante estas expediciones, se completó un mapa a una escala de 1: 25,000 y se determinó que la elevación de la cumbre era de aproximadamente 5,650 m s.n.m. con el método del altímetro aneroide emparejado. Se hizo monitoreo en la zona de acumulación y ablación, y se instalaron estaciones meteorológicas automáticas que registraban temperatura, dirección y velocidad del viento. Asimismo, desde 1976 se dio inicio al estudio de la reconstrucción paleo climática en los glaciares (Thompson L., 1980).



Fotografía 104. Capa de hielo del glaciar Quelccaya.



Fotografía 105. Glaciar Huayruro - Cordillera Vilcanota.

En la Cordillera Vilcanota se inicia el monitoreo de carbono negro de forma trimestral a partir de agosto del año 2014 en los glaciares Jampa y Puca Punta, ubicados en la provincia de Quispicanchis, distrito de Ocongate. Asimismo, desde octubre del 2014, se viene monitoreando de forma trimestral los glaciares Suyuparina, Quisoquipina y Quelccaya, ubicados en la provincia de Canchis, distrito de Pitumarca. El monitoreo conjunto está a cargo del Ing. Juan José Zúñiga Negrón de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco y el Dr. Carl Schmitt del American Climber Science Program de los EE. UU.

El monitoreo de carbono negro en diferentes glaciares de esta cordillera permitirá evaluar la concentración de carbono negro según la cercanía a fuentes de contaminación atmosférica como lo son las ciudades,

una vía de alto tránsito, la quema de pastos y/o residuos agrícolas y los incendios forestales, entre otros.

4.3.7.6.4. Lagunas de origen glaciar

Los glaciares de esta cordillera alimentan al río Vilcanota que a su vez alimenta a la laguna de Sibinacocha. Sus aguas son utilizadas para la generación de energía hidroeléctrica, agricultura y consumo doméstico.

La cordillera alberga una gran cantidad de lagunas que fueron originadas por la reducción glaciar, siendo los más importantes por sus dimensiones y recursos hídricos las lagunas: Sibinacocha, Sigrenacocha, Sacacanicocha, Ccascana, Cochachaca, Cocha Uma, Churuco, Armacocha, Sorañaño, Minascocha, Jatun Pucacocha, Yanacocha, Huacascota, Sora y Accocancha, entre otras. Fotografía 106.



Fotografía 106. Laguna Sigrenacocha de origen glaciar en el ámbito de la Cordillera Vilcanota.

4.3.7.6.5. Riesgos de origen glaciar

No se tiene documentado algún incidente de riesgo asociado a glaciares o lagunas de origen glaciar.

4.3.7.6.6. Resultados del inventario

La Cordillera Vilcanota cubre una superficie glaciar total de 255.44 km² al 2016, que incluye área glaciar cubierto de escombros con 11.56 km² y área glaciar libre de detritos o escombros con 243.88 km². Tabla 44 y Gráfico 51.

Tabla 44. Superficie glaciar 2016: Cordillera Vilcanota.

Unidad	Superficie Glaciar		
	Libre de detritos o escombros	Cubierto	Total
Km ²	243.88	11.56	255.44
%	95.47	4.53	100.00

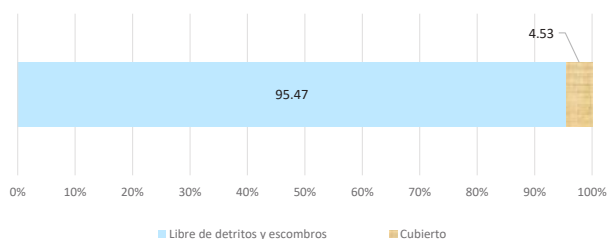


Gráfico 51. Proporción de superficies glaciares 2016 Cordillera Vilcanota.

En el análisis de cambio de superficie, se determinó que en 54 años (1962-2016) el área glaciar disminuyó en 239.61 km². Gráfico 52 y Figura 26.

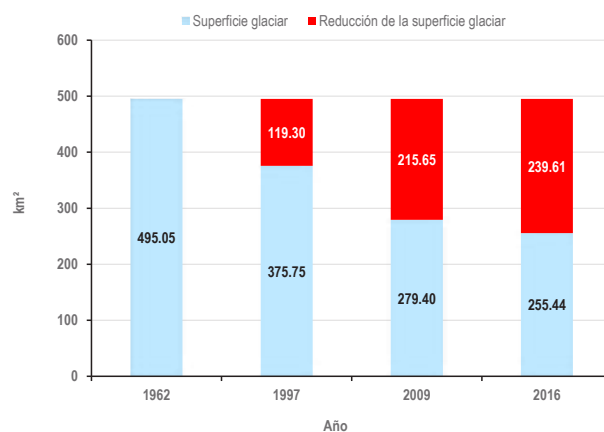


Gráfico 52. Reducción del área glaciar por periodos (1962-2016) - Cordillera Vilcanota.



Figura 26. Reducción de la superficie glaciar en la Cordillera Vilcanota.

4.3.7.6.7. Tendencia estimada la reducción de la superficie glaciar

Considerando los resultados de los inventarios de 1989 (publicado por Hidrandina S.A. & y reanalizado por INAIGEM al 2016), de 2001 (CONAM), de 2014 (ANA-UGRH) y del 2017 (INAIGEM), se obtiene

una tasa de retroceso 4.47 km²/año. De acuerdo con estos datos se estima que los glaciares de la Cordillera Vilcanota desaparecerían en el año 2075. Sin embargo, es importante mencionar que este valor es una estimación estadística lineal, sujeta a las variaciones y tendencias climáticas futuras a nivel global. Gráfico 53.

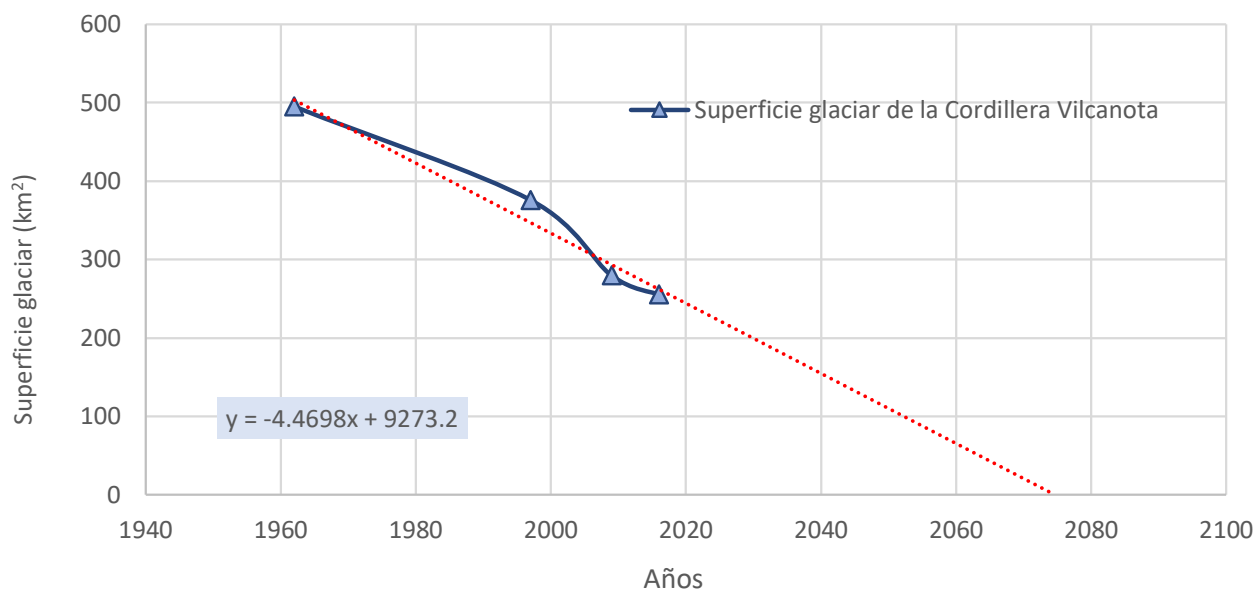


Gráfico 53. Tendencia estimada de la reducción de la superficie glaciar de la Cordillera Vilcanota.

Resumen

- El análisis de cambio de superficie en la Cordillera Vilcanota, muestra que el área glaciar ha disminuido de 495.05 km² a 255.44 km² con una pérdida de 239.61 km² equivalente al 48.40%, en 53 años. Sin embargo, esta tendencia se ha agudizado en los últimos años.
- La Cordillera Vilcanota cubre una superficie glaciar total de 255.44 km² en el 2016, que incluye área glaciar cubierto de escombros con 11.56 km² (4.53%) y área glaciar libre de detritos o escombros con 243.88 km² (95.47%).
- Considerando los datos registrado en los inventarios al 2016, se obtiene una tasa de retroceso 4.47 km²/año. De acuerdo con estos datos se estimaría que los glaciares de la Cordillera Vilcanota desaparecerían en el año 2075, de continuar la tendencia actual.
- En esta Cordillera, se tiene la gran ceremonia del Señor de Qoyllur Rit'i en el nevado Ausangate. El ritual está asociado con la fertilidad de la tierra y con la adoración a los apus (cerros sagrados, dioses tutelares). Forma parte de una de las fiestas de naciones indígenas más grande de América.
- La población existente en el área de influencia de la cordillera es de 124,553 habitantes distribuidos en las provincias de Canchis, Carabaya, Melgar, Paucartambo y Quispicanchi. La densidad poblacional estimada es de 17 habitantes por km². La tasa de incremento poblacional media anual es de 0.22%.

4.3.8. CORDILLERA CARABAYA

4.3.8.1. Ubicación

La Cordillera Carabaya forma parte de las cordilleras glaciares ubicadas en la zona sur del país, y su ámbito de influencia es de 11,754 km² con una longitud aproximada de 195 km. Geográficamente sus límites están comprendidos entre las coordenadas de 13°07'13.02" y 14°52'07.62" de latitud sur y 69°14'44.13" a 71°16'12.67" de longitud oeste.

Políticamente, el ámbito se extiende sobre el territorio de los departamentos de Cusco, en la provincia de Quispicanchi; y Puno, en las provincias de Azángaro, Carabaya, Melgar y Sandia. Mapa 54.

4.3.8.2. Acceso

Se accede a esta cordillera, partiendo desde Azángaro hacia el noreste, en dirección a Asillo, San Antón, Macusani, Tantamayo y Olaechea.

4.3.8.3. Aspectos físicos

4.3.8.3.1. Hidrografía y climatología

El ámbito de la Cordillera Carabaya se ubica en las regiones hidrográficas del Amazonas y el Titicaca, en estas regiones hidrográficas se localizan las cuencas de los ríos Inambari y Azángaro, pertenecientes a la vertiente del Amazonas y a la vertiente del Titicaca, respectivamente.

Los principales ríos de la cuenca Inambari son: el Pachani -aguas abajo toma el nombre de Usicayos- que al unirse con el río Para da origen al río Limbani; al noroeste, los ríos Achasiri y Coasa; por el suroeste, los ríos Queracucho, Macusani, Corani y San Gabán; y al norte, los ríos Palca y Manti que también se unen al río San Gabán.

El río Azángaro, en el ámbito de la Cordillera Carabaya, nace en las lagunas Saracucho y Pacharia, para luego unirse con el río Grande. Otra laguna de gran importancia es Aricoma que también aporta al río Grande, cambiando de nombre aguas abajo a Crucero, hasta llegar al río Azángaro.

Las precipitaciones hacia el lado de la vertiente del Amazonas son abundantes y cuentan con una media anual superior a los 3,500 mm. Hacia la zona de las montañas los valores disminuyen, teniéndose en el flanco oriental de los nevados una media anual de 900 a 1,000 mm. Éstas se dan principalmente en la estación de verano y son del tipo orográficos. Por ello, el valor de la media anual disminuye hacia el flanco occidental. Mapa 55.

La Cordillera Carabaya presenta una marcada diferencia climática entre las vertientes del Titicaca y el Amazonas. La vertiente del Titicaca es de característica semifrígida lluviosa, con lluvia deficiente en otoño e invierno y con baja humedad relativa. En cambio, la vertiente del Amazonas presenta un clima semicálido, muy lluvioso, con precipitaciones abundantes en todas las estaciones del año y con alta humedad relativa. Según los datos grillados del proyecto PISCO, la temperatura media anual hacia la vertiente del Amazonas es de 20 °C. Por otro lado, los valores disminuyen para las zonas de montaña, con una temperatura media de 6 °C por sobre los 4,000 m s.n.m.

4.3.8.3.2. Geología y geomorfología

En la parte occidental de la Cordillera Carabaya sobresalen afloramientos de rocas sedimentarias paleozoicas, compuestas por pizarras gris oscuras con niveles micáceos estratificados con lutitas, areniscas cuarzosas, conglomerados polimícticos, areniscas feldespáticas, lodolitas, limoarcillitas y calizas micríticas intercaladas con calizas bioclásticas y espáticas (INGEMMET, 1996a). Sobreyaciendo, se tienen rocas volcánicas cenozoicas compuestas por basaltos gris oscuros de textura porfírica, que fueron cubiertas parcialmente por depósitos cuaternarios de origen glaciar.

En la parte oriental, afloran rocas sedimentarias paleozoicas, constituidas por pizarras grises a carbonosas; sobreyaciendo a esta secuencia, se tienen cuarcitas, metareniscas y pizarras en estratos medianos a gruesos, intruídas por rocas plutónicas, que a la vez se encuentran cubiertas por depósitos cuaternarios tipo glaciofluvial.

Se observan estructuras anticlinales y sinclinales, visualizando plegamientos, intenso fallamiento y sobreescurrecimientos como resultado de la geodinámica compresional entre la placa tectónica de Nazca y Sudamericana.

Se caracteriza por tener una morfología de montañas altas, desde donde se originan dos vertientes diferenciables: la cuenca hidrográfica del lago Titicaca hacia el occidente y la cuenca del río Amazonas hacia el oriente. Las lagunas de origen glaciar existentes son la evidencia del acelerado proceso del retroceso glaciar.

Los procesos geodinámicos que han modelado el paisaje actual son de origen glaciar, generando geoformas agradacionales (morrenas) y degradacionales (fondos de valle glaciar).

4.3.8.4. Ecosistemas de montaña

En la Cordillera Carabaya se presentan seis ecosistemas que cumplen funciones ecosistémicas importantes dentro de sus áreas de influencia. Estos ecosistemas son

bofedales, bosques de montaña, bosques de montaña altimontano, bosques de montaña basimontano, bosques de montaña montano y pajonal andino (MINAM, 2017).

El pajonal andino ocupa el 59% del territorio, seguido del conjunto de bosques andinos con el 23%; y el porcentaje restante, lo ocupan los otros ecosistemas resaltando las áreas de no bosque amazónico con el 5%.

La vegetación predominante está compuesta por asociaciones de herbazales graminoides (pajonales). En general estos dominados por especies robustas de gramíneas de crecimiento amacollado y a menudo hojas duras o pungentes, con un estrato herbáceo inferior notablemente diverso en el que son comunes biotipos de gramíneas bajas cespitosas y amacolladas, así como diversas forbias, principalmente hemisporófitos rosulados y rizomatosos, caméfitos sub-fruticosos y algunos geófitos.

Las especies características de este ecosistema son: ichu (*Stipa ichu*), sora (*Deyeuxia ovata*), quecha cachu (*Agrostis* sp.), rupu rupu (*Festuca* sp.), *Aristida adscensionis*, *Eragrostis nigricans*, *Anthochloa lepidula*, *Agrostis gelida*, *Calamagrostis vivunarum*, *Lolium* y *Opuntia floccosa*; asociadas a otras especies de plantas como *Hypochoeris taraxacoides*, *Solanum* sp., *Azorella biloba*, *Ephedra rupestris* y *Baccharis caespitosa* var. *alpina*. La fauna asociada a los pajonales corresponde al llutru (*Nothoprocta* sp.), del orden Tinaniformes, y dentro de los reptiles a las lagartijas (*Liolaemus* sp.). Mapa 56.

4.3.8.5. Aspectos socio económicos culturales

Una ciudad importante de esta cordillera es Macusani, capital de la provincia de Carabaya, ubicada a 4,314 m s.n.m. Esta ciudad es conocida como la “Capital Alpaquera Mundial”. Esta rodeada de algunas montañas como el nevado Allin Cápac.

4.3.8.5.1. Población

Con respecto a la población en el área de influencia de la Cordillera Carabaya ésta se ha incrementado en 24,424 habitantes desde el año 2000 (76,532) hasta el año 2015 (100,957), según cifras oficiales del INEI (Tabla 45). La

densidad poblacional estimada es de 9 hab/km². La tasa de crecimiento poblacional media anual es de 1.86%.

4.3.8.5.2. Energía y minería

En la provincia de Carabaya, distrito de San Gabán, se encuentra la central hidroeléctrica de San Gabán, cuyo objetivo es generar energía eléctrica que beneficia a los centros poblados, mineras e industrias, a través de la red eléctrica del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN). Con una capacidad instalada de 110 MW y una proyección de 205.8 MW. Se busca incrementar la oferta de la generación de energía en el sur del país, utilizando los recursos hídricos de las quebradas Tupuri y Supayhuayco, con lo cual se ha de lograr una producción media anual de energía de 1344.84 GWh. (OSINERGMIN, 2017). Además, se tienen a las centrales El Angel I, II y III que tienen una capacidad instalada de 60 MW en total.

Los informes del IPEN refieren que los pueblos de Chapi, Corani, Tantamaco, Huiquiza, Calvario, Concha Rumio, Huachanne, Chilcuno, Chacaconiza y a la zona circundante a Macusani, son potencialmente contenedoras de minerales portadores de uranio.

4.3.8.5.3. Agricultura y ganadería

Los distritos de Macusani, Ajoyani y Corani (Puno) se caracterizan por el alto desarrollo de la actividad ganadera alpaquera.

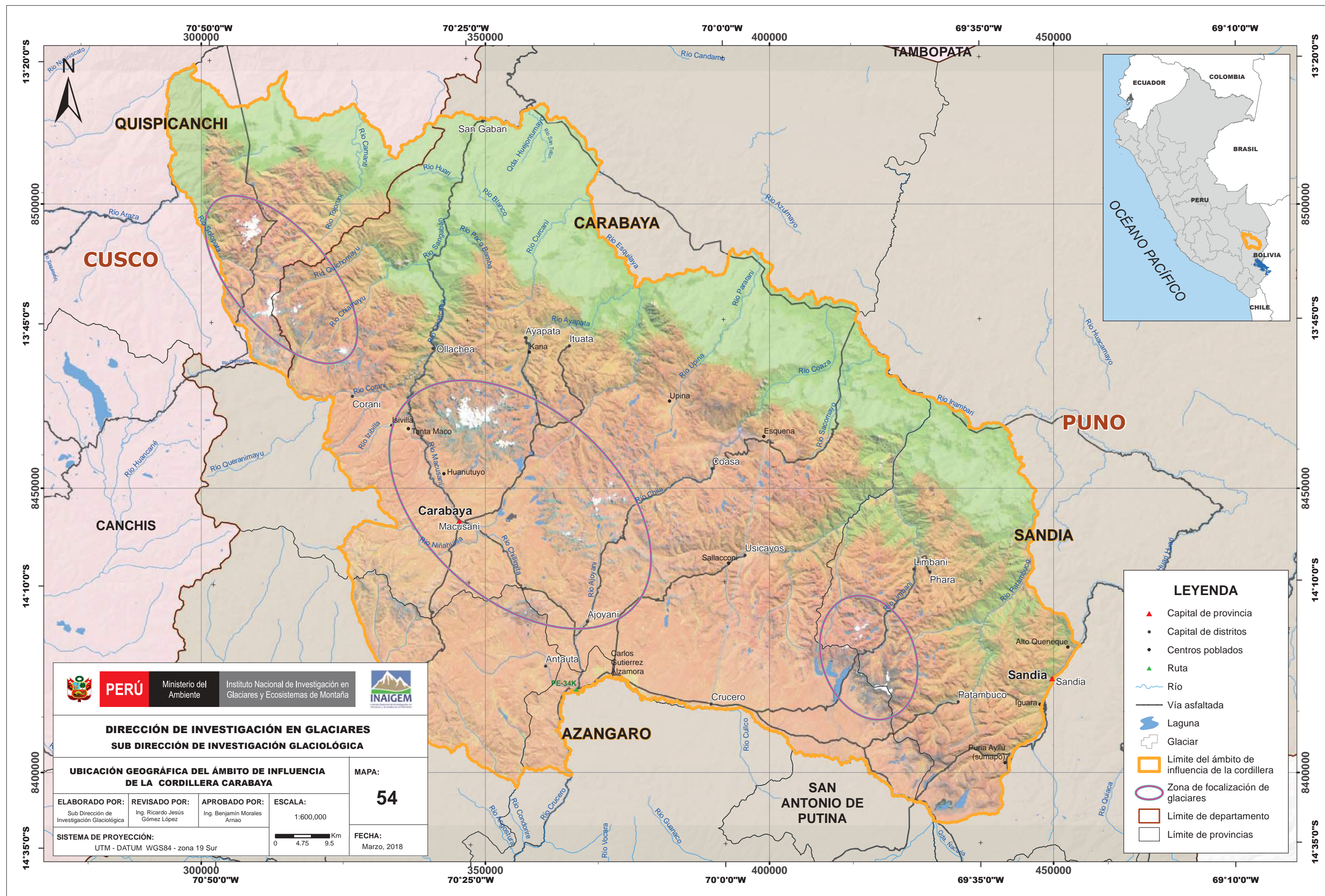
Respecto del uso de la tierra según los datos del Censo Nacional Agropecuario del año 2012, aproximadamente el 20.5% de la superficie de la cordillera se encuentra en uso directo, en los porcentajes siguientes:

- Superficie con cultivos : 2.80%
- Superficie agrícola sin cultivo y : 0.76%
- va a ser sembrada : 0.46%
- Superficie agrícola sin cultivo y : 8.14%
- no va a ser sembrada : 2.48%
- Superficie agrícola en descanso : 73.91%
- Pastos naturales manejados : 7.53%
- Pastos naturales no manejados : 3.93%
- Montes y bosques
- Superficie dedicada a otros usos

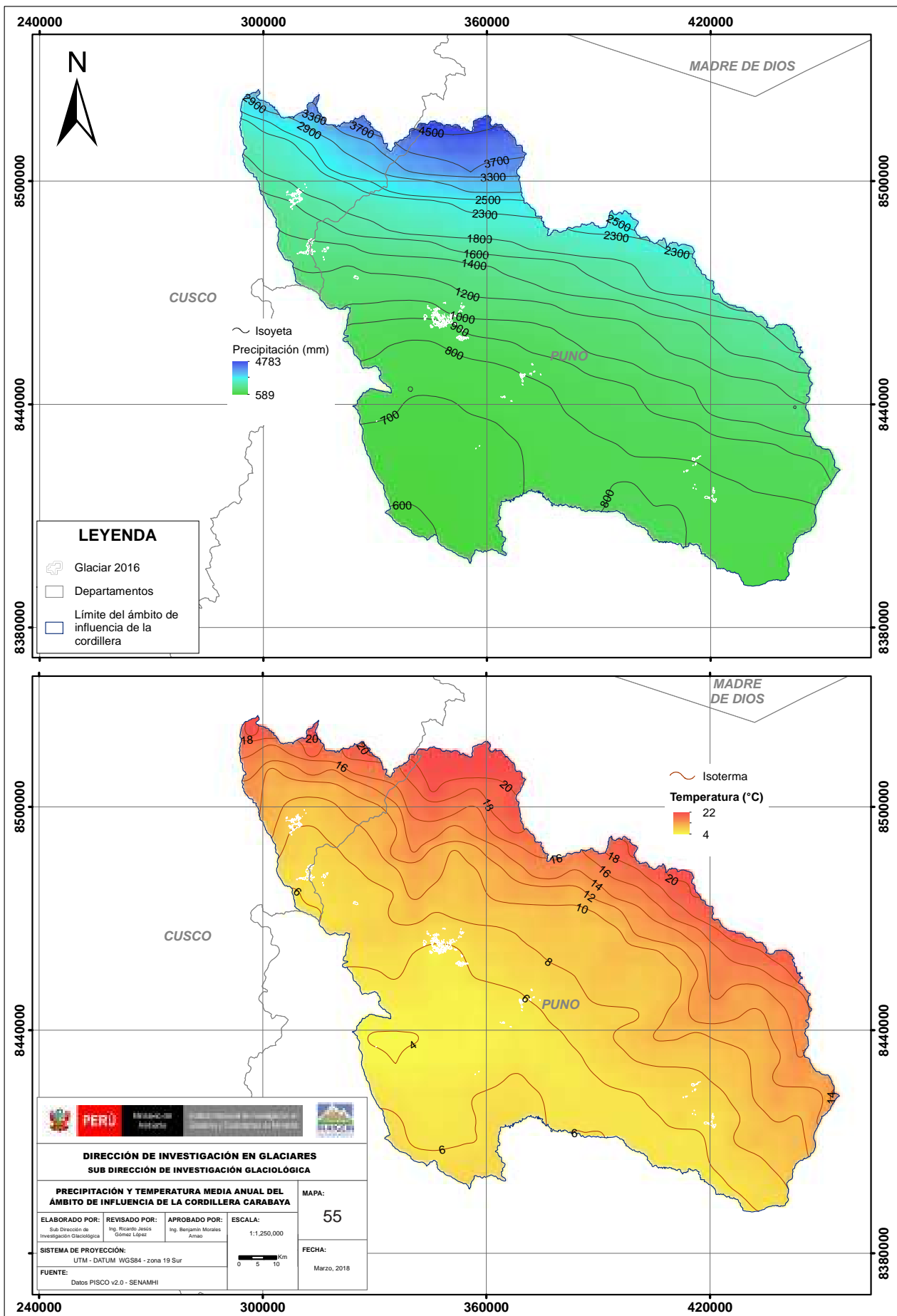
Tabla 45. Población de las provincias de la Cordillera Carabaya.

Años	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
AZANGARO(0.03*)	4,355	4,352	4,347	4,340	4,331	4,319	4,302	4,283	4,261	4,239	4,217	4,195	4,173	4,150	4,127	4,105
CARABAYA(0.65*)	40,021	41,338	42,686	44,058	45,448	46,846	48,242	49,641	51,055	52,497	53,984	55,514	57,078	58,679	60,321	62,004
MELGAR(0.12*)	9,257	9,284	9,309	9,329	9,344	9,353	9,353	9,346	9,334	9,321	9,308	9,296	9,283	9,268	9,253	9,238
QUISPICANCHI(0.16*)	13,536	13,623	13,703	13,777	13,844	13,908	13,968	14,021	14,070	14,116	14,158	14,198	14,235	14,268	14,297	14,323
SANDIA(0.16*)	9,363	9,510	9,655	9,799	9,940	10,075	10,202	10,324	10,441	10,559	10,678	10,799	10,920	11,042	11,164	11,288
TOTAL	76,532	78,106	79,700	81,304	82,907	84,500	86,068	87,614	89,162	90,731	92,345	94,002	95,688	97,408	99,163	100,957

Fuente: INEI. (*) Factor de incidencia territorial.



Mapa 54 . Ubicación geográfica del ámbito de influencia de la Cordillera Carabaya



Mapa 55. Precipitación y temperatura del ámbito de influencia de la Cordillera Carabaya.



Los pastos naturales no manejados representan el 73.91% del territorio, significando un área de 400,851 ha (CENAGRO, 2012), frente a 15,160 ha destinadas a cultivos que es el 2.80%. Predominan los cultivos alto andinos y de autoconsumo. Las áreas de montes y bosques representan el 7.53%, con 40,826 ha.

4.3.8.5.4. Turismo y cultura

Entre los atractivos turísticos de Carabaya podemos mencionar a los nevados Allin Cápac, Huayna Cápac y Chichi Cápac. El Allin Cápac (5,805 m s.n.m.) es el más importante no solo por su belleza y ubicación, sino también por ser parte de las deidades andinas. Se presenta como una estupenda ruta de caminata. El nevado es considerado un Apu por la población, por lo que cada año se celebra en sus faldas el Allin Cápac Raymi. Este nevado también se encuentra como una ruta ideal para los interesados en realizar escaladas de montaña.

En Carabaya encontramos arquitectura de interés como el Templo de Asillo, el Museo Lítico de Pucará, el Complejo Arqueológico de Pucará, el Sitio Arqueológico de Mauka Llacta y los Baños Termales de Ollachea. Además, se tienen las pinturas rupestres de Qquilli-Qquilli, donde se muestra la forma de vida de las culturas ancestrales del territorio. Fotografía 107.



Fotografía 107. Complejo arqueológico de Pucará. Fuente: Revista Travel & Tour.

Las quebradas cercanas a la Cordillera Carabaya contienen varios de los sitios de arte rupestre más importantes del Perú. La gran mayoría de ellos se encuentran en la margen izquierda del río Macusani, en las jurisdicciones de los distritos de Macusani y Corani. Se registraron más de 100 sitios de arte rupestre. Las pinturas fueron desarrolladas por varias culturas entre ellos los Kaluyo (2000 a 500 a. C.) y los Colla (1000 a 1400 a. C.). En el vecino distrito de Ayapata, los yacimientos rupestres están localizados en un paisaje sumamente accidentado, cerca de las lagunas alimentadas por las aguas de deshielo de los nevados Allín, Huayna y Chichi Cápac, con una concentración marcada alrededor del complejo arqueológico preinca de Pitumarca. Fotografía 108.



Fotografía 108. Arte rupestre de Macusani-Corani. Fuente: Los Enigmas de la Cultura Quechua.

4.3.8.6. Inventario de la superficie glaciar

4.3.8.6.1. Antecedentes

Entre 1970 y 1989, se realizó el primer inventario de dieciocho cordilleras glaciares del Perú, usando fotografías aéreas del proyecto N° AF-60-17 de 1962-1963 y 62336-002 (44) de 1955, y algunas fotografías verticales en infrarrojo tomadas por la NASA en 1970, donde se determinó un área de la cobertura glaciar de 104.23 km² y 256 glaciares para la Cordillera Carabaya (Hidrandina S.A., 1989). A través de un nuevo análisis por INAIGEM a partir de la reconstrucción de superficies glaciares con imágenes satelitales LANDSAT de 1975, se encontraron 107.17 km² de cobertura glaciar para la Cordillera Carabaya.

Debido al visible retroceso de los glaciares en las cordilleras peruanas, en 1997 se llevó a cabo un nuevo inventario parcial en cuencas seleccionadas en las cordilleras Blanca, Raura, Central, Huaytapallana, Huagoruncho. El material básico de trabajo fueron las imágenes del satélite LANDSAT tomadas en el período 1995-1997 obteniendo un área de cobertura glaciar de 70.88 km² para la Cordillera Carabaya (CONAM, 2001).

Entre los años 2003 al 2014, se efectuó el tercer inventario de glaciares y lagunas realizado por la Unidad

de Glaciología y Recursos Hídricos (UGRH), en base al procesamiento de imágenes satelitales SPOT, ASTER, LANDSAT y LISS III de diecinueve cordilleras del Perú (se incluyó a la Cordillera Volcánica que en la actualidad es considerada extinta, aunque con acumulación estacional de nieve). Se obtuvo un área de cobertura glaciar de 34.53 km² y 148 glaciares para la Cordillera Carabaya (ANA, 2014).

En el año 2016, el INAIGEM efectuó el cuarto inventario de las coberturas glaciares de las dieciocho cordilleras glaciares del Perú, registrando un área de cobertura glaciar de 31.05 km² para la Cordillera Carabaya.

4.3.8.6.2. Descripción de los glaciares

Los glaciares en esta cordillera se encuentran dispersos dentro de 142 km de largo de la cadena montañosa de los andes orientales, entre el nevado Quespe Cruz en su extremo norte al nevado Jalahuana en su extremo sur.

Todos los glaciares de esta cordillera son del tipo montaña y los nevados más importantes son Allin Cápac (Fotografía 109), Chichi Cápac, Vela Cunca, Aricon, Allin Sullulluni y Allin Salcantay. Estos nevados drenan sus aguas hacia la cuenca Inambari.

Los glaciares presentan en su mayoría superficies libres de detritos o escombros, los cuales representan el 99.44% de la superficie total, y las lenguas o superficies glaciares cubiertas parcial o totalmente, representan el 0.56%.

4.3.8.6.3. Monitoreo de glaciares

No hay registros de estudios glaciológicos. En la actualidad, la posibilidad de la implementación de un monitoreo glaciológico a largo plazo, en uno de sus glaciares, se encuentra en evaluación.

4.3.8.6.4. Lagunas de origen glaciar

A consecuencia de las elevadas temperaturas producidas por el cambio climático, hay un incremento en la formación de nuevas lagunas de origen glaciar. Entre ellas, resalta la presencia de algunas lagunas que por su magnitud y belleza son recursos hídricos de gran importancia para las comunidades que habitan la región. Aricoma (Fotografía 110), es la laguna de mayor extensión de la Cordillera Carabaya, con un área de 5 km², y se encuentra represada, almacenando 27 millones de metros cúbicos que son usados para la agricultura en la cuenca Azángaro. Dentro de esta misma cuenca están las lagunas de Saracucho, Velluyoc Cocha, Cocaña Cocha (represada), Pacharia, Saytococho y Ticllacocho, constituyendo los recursos hídricos más importantes para la vertiente del Titicaca.

En la vertiente del Atlántico, las lagunas más importantes son Chungara, Pichuzo y Choaccota, las cuales drenan sus aguas hacia la cuenca Inambari.



Fotografía 109. Glaciares del tipo montaña dentro del nevado Allin Cápac.



Fotografía 110. Vista de la laguna Aricoma, ubicada al pie del glaciar Ancayoc. Fuente: Diario el Altiplano.

4.3.8.6.5. Riesgos de origen glaciar

No se tiene documentado algún incidente de riesgo asociado a glaciares o lagunas de origen glaciar.

4.3.8.6.6. Resultados del inventario

La Cordillera Carabaya contaba con una superficie glaciar total de 31.05 km² al 2016, que incluye el área glaciar cubierto de escombros con 0.17 km² y el área glaciar libre de detritos o escombros con 30.88 km². Tabla 46 y Gráfico 54.

Tabla 46. Superficie glaciar al 2016: Cordillera Carabaya.

Unidad	Superficie Glaciar		
	Libre de detritos o escombros	Cubierto	Total
Km ²	30.88	0.17	31.05
%	99.44	0.56	100.00

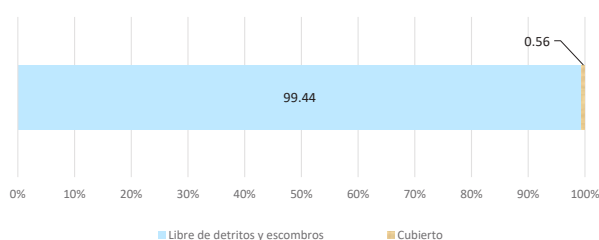


Gráfico 54. Proporción de superficies glaciares 2016 Cordillera Carabaya.

En el análisis de cambio de superficie, se determinó que en 54 años (1962-2016) el área glaciar disminuyó en 76.12 km². Gráfico 55 y Figura 27.

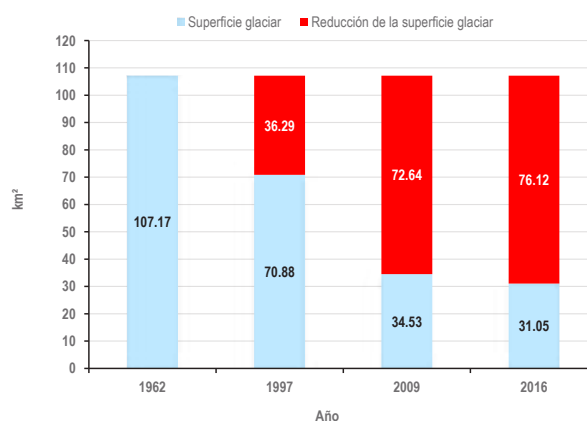


Gráfico 55. Reducción del área glaciar por periodos (1962-2016) - Cordillera Carabaya.

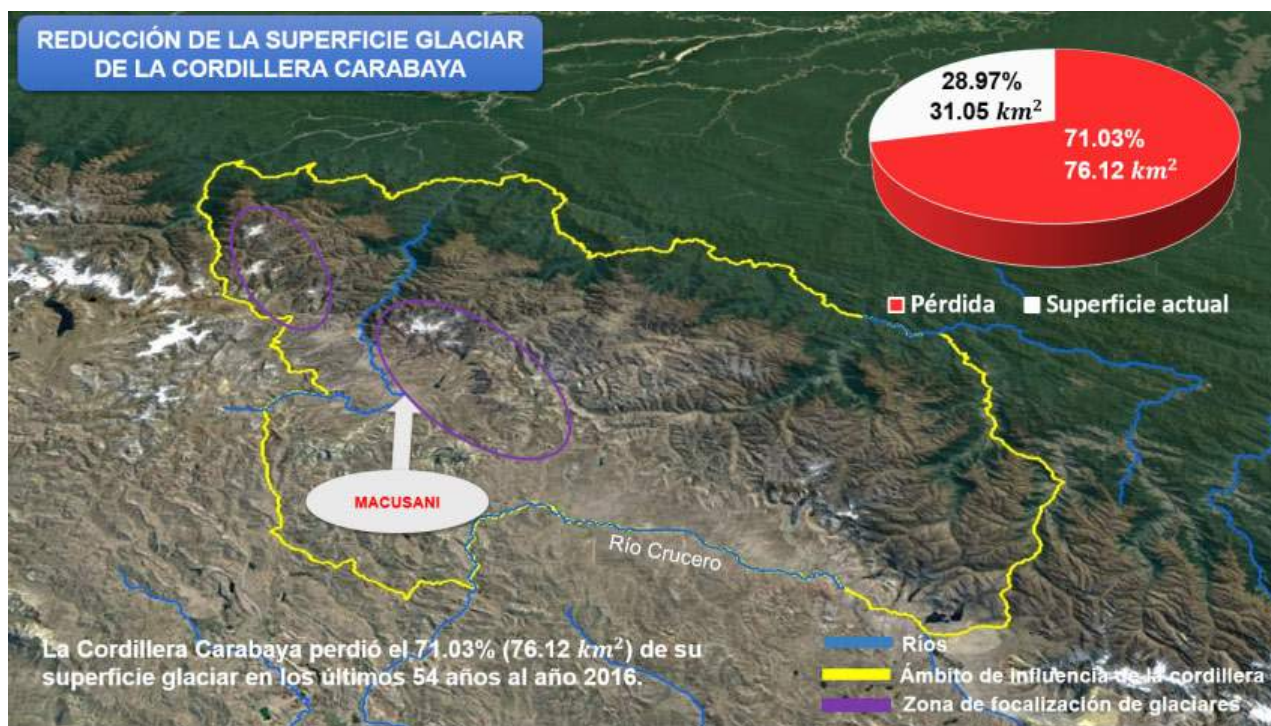


Figura 27. Reducción de la superficie glaciar en la Cordillera Carabaya.

4.3.8.6.7. Tendencia estimada de la reducción de la superficie glaciar

Considerando los resultados de los inventarios de 1989 (publicado por Hidrandina S.A. & y reanalizado por INAIGEM al 2016), de 2001 (CONAM), de 2014 (ANA-UGRH) y del 2017 (INAIGEM), se obtiene

una tasa de retroceso 1.45 km²/año. De acuerdo con estos datos se estima que los glaciares de la Cordillera Carabaya desaparecerían en el año 2038. Sin embargo, es importante mencionar que este valor es una estimación estadística lineal, sujeta a las variaciones y tendencias climáticas futuras a nivel global. Gráfico 56.

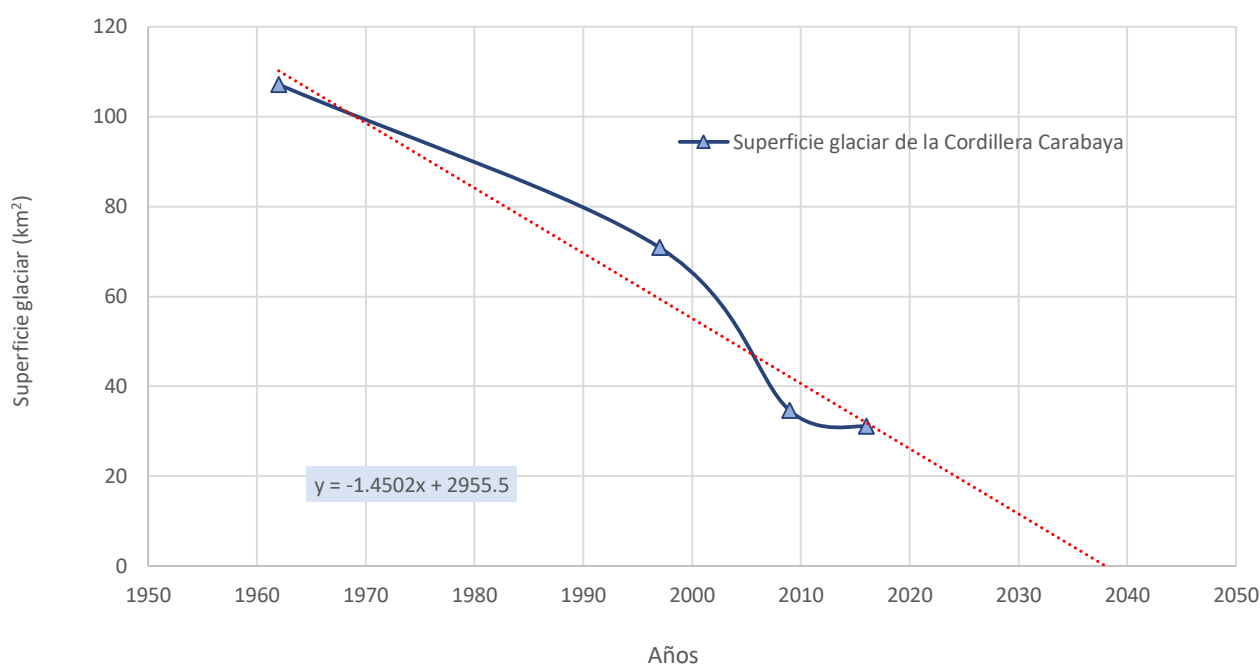


Gráfico 56. Tendencia estimada de la reducción de la superficie glaciar de la Cordillera Carabaya.

Resumen

- El análisis de cambio de superficie en la Cordillera Carabaya muestra que el área glaciar disminuyó de 107.17 km² a 31.05 km² con una pérdida de 76.12 km² equivalente al 71.03%. Sin embargo, esta tendencia se ha agudizado en los últimos años.
- La Cordillera Carabaya cubría una superficie glaciar total de 31.05 km² en el 2016, que incluye área glaciar cubierto de escombros con 0.17 km² (0.56%) y área glaciar libre de detritos o escombros con 30.88 km² (99.44%).
- Considerando los datos registrado para esta cordillera en los inventarios, se obtiene una tasa de retroceso 1.45 km²/año. De acuerdo con estos datos se estimaría que los glaciares de la Cordillera Carabaya desaparecerían en el año 2038 de continuar la tendencia actual.
- Los recursos hídricos almacenados en la Cordillera Carabaya, en su flanco occidental, hacen posible la generación de 110 MW de energía a través de la central hidroeléctrica de San Gabán, con una proyección al 2023 de 205.8 MW (San Gabán III). Además, se tienen a las centrales El Ángel I, II y III que tienen una capacidad de 60 MW en total.
- La población existente en el área de influencia de la cordillera es de 100,957 habitantes al 2015, distribuidos en las provincias de Azángaro, Carabaya, Melgar, Quispicanchi y Sandia. La densidad poblacional estimada es de 9 habitantes por km². La tasa de crecimiento poblacional media anual es de 1.86%.

4.3.9. CORDILLERA APOLOBAMBA

4.3.9.1. Ubicación

La Cordillera Apolobamba se encuentra al sureste de la Cordillera Carabaya. El ámbito de influencia de la cordillera tiene un área de 2,448 km² y una longitud aproximada de 75 km. Sus límites geográficos están comprendidos entre las coordenadas de 14°55'14.23" y 14°09'19.80" de latitud sur y 69°43'57.90" de longitud oeste.

Políticamente, la cordillera se extiende parcialmente sobre los territorios del departamento de Puno, en las provincias de San Antonio de Putina (distritos de Ananea y Sina), Sandia (distritos de Cuyocuyo, Quiaca, Yanahuaya, Sandia) y Huancané (distrito de Cojata). Mapa 57.

4.3.9.2. Acceso

Esta cordillera se ubica en la frontera con Bolivia, el acceso por territorio peruano sería partiendo de Juliaca hacia Huancané por Cojata hasta Ananea y La Rinconada o hacia Sina, cruzando la cordillera, muy cerca de la frontera con Bolivia.

4.3.9.3. Aspectos físicos

4.3.9.3.1. Hidrografía y climatología

El ámbito de la Cordillera Apolobamba se encuentra en las regiones hidrográficas del Amazonas y el Titicaca, integrando a las cuencas Tambopata e Inambari en la vertiente del Amazonas, y a las cuencas Azángaro y Suches en la cuenca del Titicaca.

Los ríos principales en la cuenca Tambopata son el Yagua Yagua, Saqui y Tambopata. En la cuenca Inambari son los ríos Ojoruruni y Río Grande, de la conjunción de ambos nace el río Sina. Por otro lado, al noroeste, están los ríos Untuca, Lumbrera y Jalachaca; de la unión de estos nace el río Quiaca, aguas abajo se unen con el río Sina para formar el río Huari, y este último, después de un recorrido por la selva baja formará parte del río Inambari.

La cuenca Azángaro tiene como principal fuente a la laguna Rinconada. Del desagüe de esta, nace el río Inambari, aguas abajo ingresa al ámbito de la Cordillera Carabaya y cambia de nombre a río Grande y Crucero, respectivamente, hasta llegar al río Azángaro. En la cuenca Suches tenemos a la laguna Pararani donde nace el río Trapiche.

Las precipitaciones se concentran hacia el noreste del límite de la cordillera, debido a su cercanía con la selva

alta donde se tienen valores de media anual de alrededor de los 1,100 mm. En cambio, para las zonas montañosas, el valor va decreciendo hacia el suroeste con una media anual de 800 mm. Éstas se dan en mayor proporción en la estación de verano.

De acuerdo con la clasificación climática de Thornthwaite (SENAMHI, 1988), en la cordillera predomina un clima semifrío lluvioso en verano, con lluvia deficiente en otoño e invierno. Según los datos grillados del proyecto PISCO, la temperatura media anual hacia el lado de la selva alta es superior a los 16 °C, luego los valores van disminuyendo mientras se incrementa la altitud llegándose a tener, por sobre los 4,500 m s.n.m., una temperatura media anual por debajo de 6 °C (Lavado, et al., 2016). Mapa 58.

4.3.9.4. Geología y geomorfología

En la parte occidental de la Cordillera Apolobamba sobresalen afloramientos de rocas sedimentarias paleozoicas constituidas por areniscas cuarzosas intercaladas con lutitas, areniscas feldespáticas, lodolitas, limoarcillitas y calizas micríticas. Sobre yaciendo a estas unidades, se tienen rocas sedimentarias, constituidas por conglomerados polimícticos de clastos mal clasificados intercalados con areniscas limosas y limoarcillitas de coloración azulada y rojiza. Por encima de esta secuencia, se tienen los depósitos cuaternarios de origen glaciar que han cubierto diferentes sectores en esta cordillera (INGEMMET, 1996a).

Hacia la parte oriental, afloran rocas sedimentarias paleozoicas constituidas por pizarras grises carbonosas, pizarras limolíticas con fósiles y meta arcillitas fosilíferas. Sobre yaciendo se tienen cuarcitas, metareniscas, lutitas, pizarras con nódulos calcáreos y limolitas grises predominantemente intercaladas con areniscas lenticulares, y esporádicamente se observan también pizarras negras cubiertas parcialmente por depósitos cuaternarios tipo glaciofluvial (INGEMMET, 1996b).

La Cordillera Apolobamba se ubica en la Cordillera Oriental de los Andes peruanos, teniendo una orientación regional noroeste sureste, paralela al rumbo general de los Andes. Se caracteriza por tener una morfología de montañas altas donde se localizan los principales nevados con laderas fuertemente empinadas. Sus aguas drenan hacia dos vertientes nítidamente diferenciadas: la cuenca hidrográfica del lago Titicaca hacia el occidente y la cuenca hidrográfica del río Amazonas hacia el oriente.

Los procesos geodinámicos que han modelado el paisaje actual son de origen glaciar, generando geoformas tipo morrenas sobre todo hacia la parte occidental de los nevados generando fondos de valle en los principales drenajes y quebradas.

4.3.9.5. Ecosistemas de montaña

En la Cordillera Apolobamba se presentan cinco ecosistemas que cumplen funciones ecosistémicas importantes dentro de sus áreas de influencia. Estos ecosistemas son bofedales, bosques de montaña altimontano, bosques de montaña basimontano, bosques de montaña montano y pajonal andino (MINAM, 2017).

El pajonal andino ocupa el 49% del territorio seguido del conjunto de bosques andinos con el 16% y el porcentaje restante lo ocupan los otros ecosistemas resaltando las áreas de no bosque amazónico con el 9% y bofedales 1.5%.

Los ecosistemas de turberas altoandinas puneñas son muy característicos de esta cordillera, están dominadas por biotipos de hemieptófitos y caméfitos subfruticosos con denso crecimiento cespitoso, que originan morfologías muy compactas de aspecto plano o almohadillado, constituidas por una o dos especies a las que acompañan pequeñas hierbas rosuladas o reptantes. Estas formaciones se desarrollan en suelos fríos permanentemente saturados de agua, dando lugar a depósitos de turba que pueden alcanzar notables espesores.

Este tipo de formación vegetal es conocida también como bofedales u oconales y presenta gran cantidad de flora endémica, que sirven como forraje principalmente para los camélidos. Mayormente están constituidos por las especies características de este ecosistema: *Distichia muscoides*, *Oxychloe andina*, *Plantago rigida*, *Plantago tubulosa*, *Myrosmodes paludosum*, *Gentianella* sp., *Astragalus* sp. y *Alchemilla bipinnatifida*. Mapa 59.

4.3.9.6. Aspectos Socio económicos culturales

4.3.9.6.1. Población

La población estimada para el área de influencia de la cordillera se ha incrementado en 11,981 habitantes, pasando de 22,517 en el año 2000 a 34,498 en el 2015 (INEI, 2018). Señalamos sin embargo que los distritos de Cuyocuyo (de 4,159 a 3,107 habitantes) y Cojata (de 282 a 254 habitantes) muestran un marcado descenso en

la población evidenciando procesos migratorios intensos hacia Ananea debido a la importante actividad minera que existe en este distrito.

La densidad poblacional estimada es de 14 habitantes por km² y la tasa poblacional de crecimiento medio anual es de 2.89% Tabla 47.

4.3.9.6.2. Energía y minería

La energía generada en la zona de influencia de esta cordillera es a través de dos centrales térmicas: Putina y Sandia, ubicadas en San Antonio de Putina y Sandia, respectivamente, con una capacidad instalada de 0.9 MW (OSINERGMIN, 2018).

Apolobamba es una de las cordilleras fuertemente afectadas por la minería ilegal o informal, especialmente en las provincias de San Antonio de Putina y Sandia del departamento de Puno, por su compleja secuela de daños al medio ambiente y a las personas que habitan estas zonas, en aspectos tales como contaminación por el uso del mercurio, alcoholismo, trabajo infantil, prostitución y explotación sexual de menores, entre otros.

4.3.9.6.3. Agricultura y ganadería

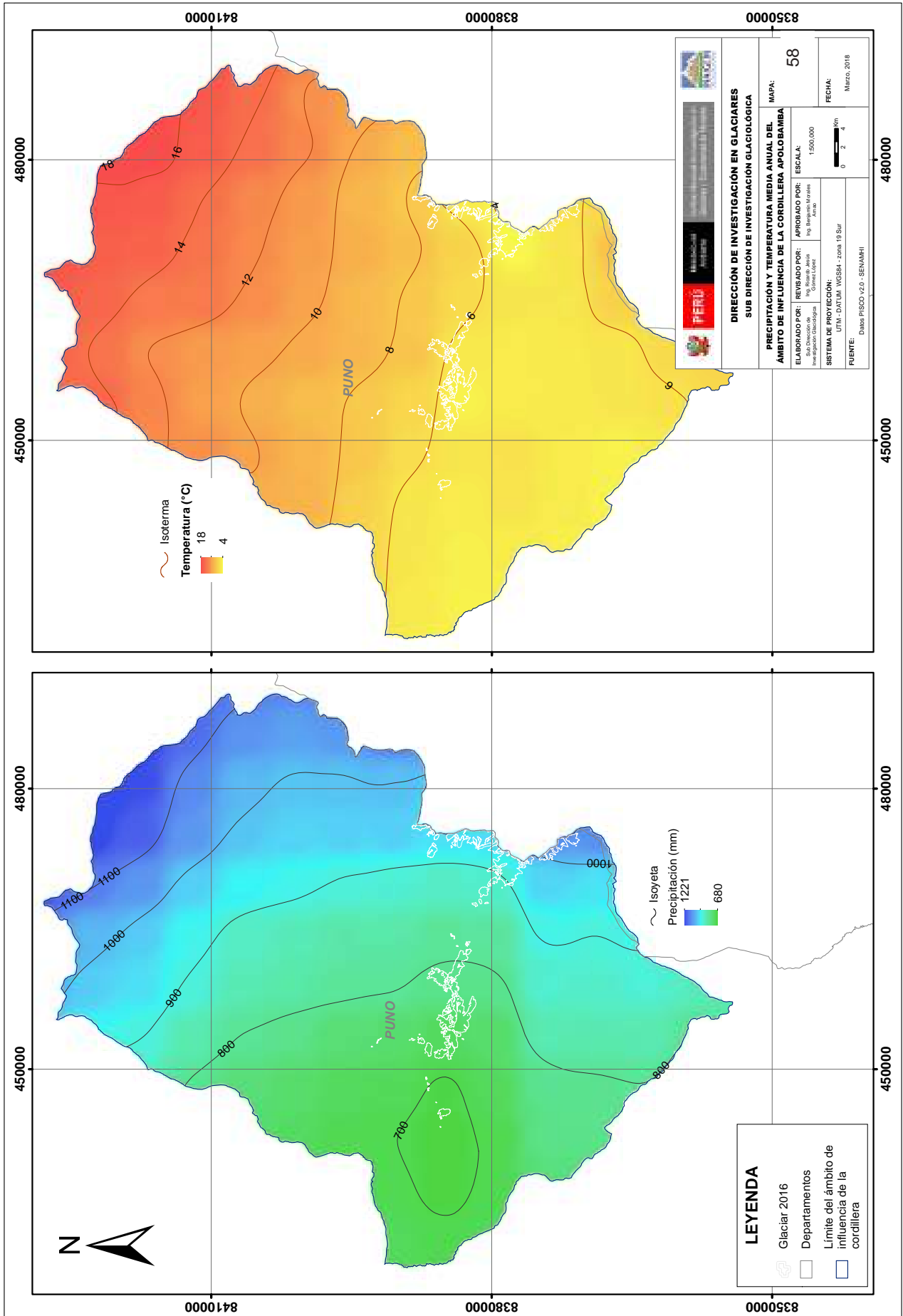
La zona de influencia de la Cordillera Apolobamba tiene como actividad principal la ganadería. Debido a las extensas planicies altoandinas con abundantes pastos naturales se tiene ganado vacuno y lanar (principalmente alpacas). La agricultura, mayormente de autoconsumo, se realiza en los valles interandinos que bajan hacia la zona de selva alta y se produce principalmente papa, oca, olluco, quinua, mashua, cebada, avena, maíz y algunos frutales.

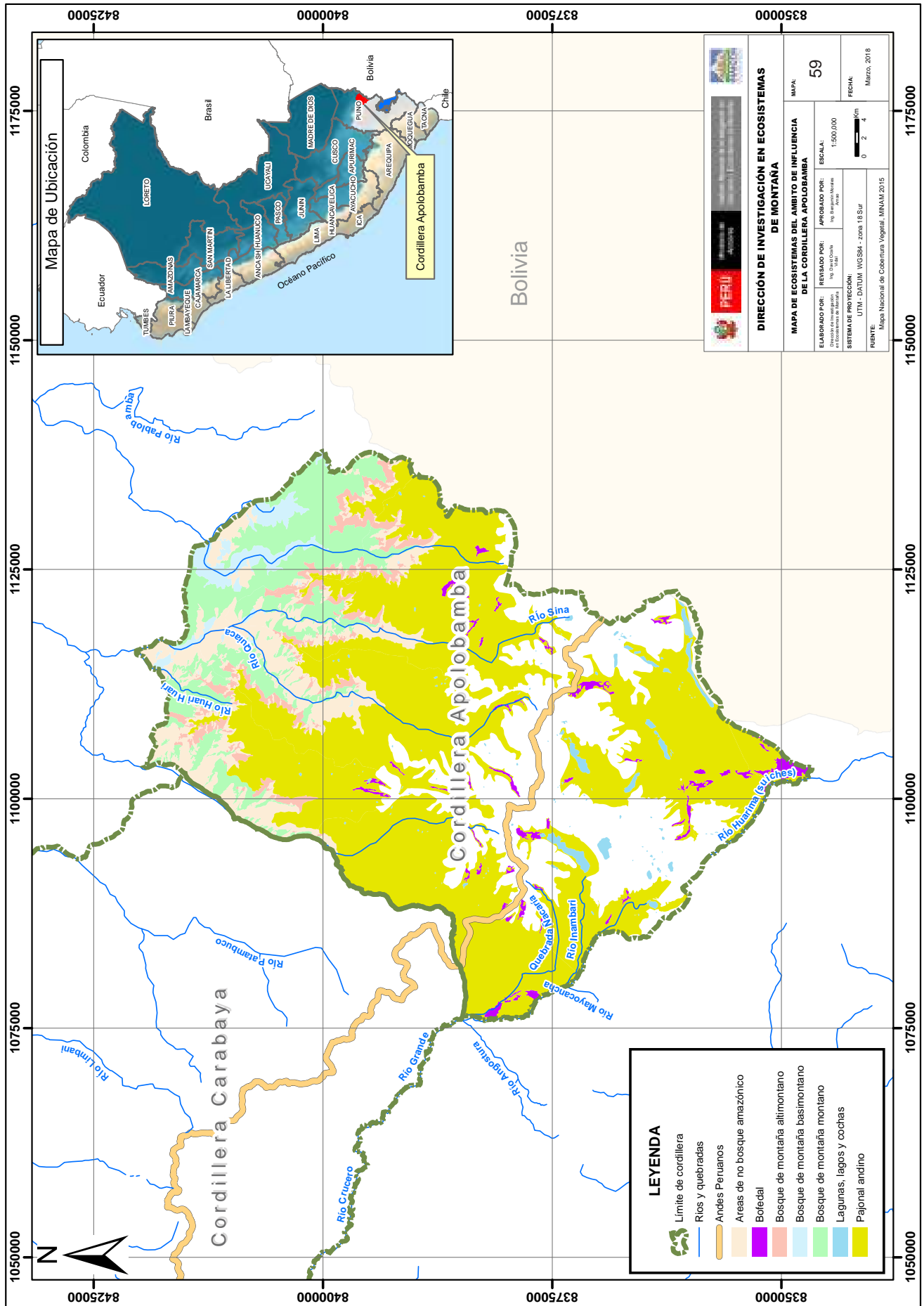
La baja productividad del agro es un efecto combinado a partir de la baja fertilidad de los suelos, de la alternancia de períodos de sequía e inundaciones y de la vigencia de técnicas rudimentarias de producción, en donde la utilización de maquinaria, fertilizantes o semillas mejoradas, son casi inexistentes. Además, casi toda la agricultura altiplánica es en secano, lo que la hace vulnerable a las alteraciones climáticas. En cuanto a los modos de producción, la agricultura altiplánica-

Tabla 47. Población de los Distritos de la Cordillera Apolobamba.

Años	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
COJATA (0.6*)	282	281	280	279	278	277	275	273	271	268	266	264	262	259	257	254
ANANEA (0.67*)	9,307	9,907	10,538	11,199	11,888	12,606	13,350	14,118	14,919	15,753	16,628	17,545	18,501	19,500	20,543	21,631
CUYOCUYO (0.66*)	4,159	4,102	4,043	3,982	3,918	3,850	3,779	3,705	3,629	3,553	3,478	3,403	3,329	3,254	3,180	3,107
SINA (1*)	1,380	1,403	1,426	1,449	1,471	1,491	1,510	1,528	1,545	1,562	1,579	1,596	1,612	1,629	1,644	1,660
QUIACA (1*)	2,205	2,228	2,248	2,267	2,285	2,300	2,313	2,322	2,331	2,339	2,346	2,352	2,358	2,364	2,369	2,374
YANAHUAYA (0.37*)	955	951	948	943	938	932	924	916	907	898	889	879	870	860	850	840
SANDIA (0.38*)	4,229	4,278	4,324	4,367	4,404	4,440	4,470	4,496	4,518	4,538	4,557	4,576	4,592	4,607	4,621	4,633
TOTAL	22,517	23,150	23,806	24,485	25,182	25,896	26,621	27,358	28,120	28,911	29,743	30,615	31,524	32,474	33,463	34,498

Fuente: INEI. (*) Factor de incidencia territorial.





Mapa 59. Ecosistemas en el ámbito de influencia de la Cordillera Apolobamba.

amazónica se caracteriza por su articulación a una economía familiar y comunal de autoconsumo (PAIPB, 1998).

Respecto del uso de la tierra según los datos del Censo Nacional Agropecuario del año 2012, aproximadamente el 20.3% de la superficie de la cordillera se encuentra en uso directo, en los porcentajes siguientes:

• Superficie con cultivos	: 2.87%
• Superficie agrícola sin cultivo y va a ser sembrada	: 1.15%
• Superficie agrícola sin cultivo y no va a ser sembrada	: 0.76%
• Superficie agrícola en descanso	: 0.91%
• Pastos naturales manejados	: 2.16%
• Pastos naturales no manejados	: 75.86%
• Montes y bosques	: 8.29%
• Superficie dedicada a otros usos	: 8.01%

La superficie dedicada a pastos no manejados constituye el 75% (71,103 ha), en tanto que superficie destinada a cultivos diversos solo representa el 2.87% (2,685 ha) (CENAGRO, 2012).

La extensión existente en montes y bosques bordea las 7,767 ha, representando un porcentaje de 8.29%.

4.3.9.6.4. Turismo y cultura

A pesar de la belleza de los paisajes de la Cordillera Apolobamba, el desarrollo del turismo es bastante limitado, posiblemente por lo difícil de la accesibilidad.

En Cojata se hallan los restos arqueológicos de Mallcunuta en el cerro Kalakumu y en mayo se celebra la festividad de la Santísima Cruz. En San Antonio de Putina se encuentran los baños termales Wenceslao Molina, Putina, Orcco Putina y El Infiernito.

También se reconocen como atractivos turísticos el nevado Ananea, la Bella Durmiente de La Rinconada, la laguna Lunar de Oro, los sitios arqueológicos Jacha Chucu y los lavaderos de oro de Ananea.

En la provincia de Sandia, se encuentran los atractivos turísticos siguientes: el sitio arqueológico de Mauka Llacta, el centro ceremonial de Pukará, las tumbas de Colocolo y los petroglifos de Quiaca. En Cuyocuyo, se tienen a los andenes milenarios y sus baños termales; anualmente se organiza el Festival de Turismo de Aventura Cuyocuyo, que busca congrega a visitantes locales, nacionales y extranjeros con el propósito de desarrollar la práctica de deportes extremos como el ciclismo de montaña, la escalada en roca, rappel, zipline, rafting, kayak y camping, así como actividades de entretenimiento en las piscinas de aguas termales de Hatu Putina.

Se conocen algunos sitios arqueológicos en la Cordillera Apolobamba, especialmente por donde pasa el camino Inca o Qhapaq Ñan. Además, en la sección boliviana, se habla de un camino precolombino de los kallawayas — un grupo étnico reconocido por sus prácticas de medicina tradicional— con un recorrido de 80 km atravesando la cordillera de Apolobamba, ascendiendo hasta los 4,500 a 5,100 m s.n.m. para posteriormente atravesar el paso de Sunchulli, hasta llegar a las faldas del Akamani, la montaña mágica de los kallawayas. La población de Curva, capital mundial de los médicos itinerantes, y el camino precolombino de Niño Corin, conducen hasta Charazani donde se encuentran con aguas termales. (UNESCO, 2014). Fotografía 111.



Fotografía 111. Los médicos tradicionales de khanlaya (Bolivia) en 1900.

La Rinconada, llamada la tierra del oro, es considerado el poblado más alto del mundo por la National Geographic (2003). La laguna Ananea es un charco contaminado por mercurio (Larmer, 2009). Fotografía 112.



Fotografía 112. La Bella Durmiente de la Rinconada, ciudad más alta del mundo Fuente: Galeon.com.

4.3.9.7. Inventario de la superficie glaciar

4.3.9.7.1. Antecedentes

Entre 1970 y 1989 se realizó el primer inventario de dieciocho cordilleras glaciares del Perú usando fotografías aéreas del proyecto N° AF-60-17 de 1962-1963 y 62336-002 (44) de 1955, donde se determinó un área de la cobertura glaciar de 81.12 km² y 109 glaciares y para la Cordillera Apolobamba (Hidrandina S.A., 1989). Los datos fueron nuevamente analizados por INAIGEM a través de la reconstrucción de superficies glaciares con imágenes satelitales LANDSAT de 1975: se encontró 83.12 km² de cobertura glaciar para la Cordillera Apolobamba.

En 1997, se llevó a cabo un nuevo inventario parcial en cuencas seleccionadas en las cordilleras Blanca, Raura, Central, Huaytapallana, Huagoruncho y Apolobamba. En base al inventario se realizó una proyección a nivel nacional con respecto a las demás cordilleras. El material básico de trabajo fueron las imágenes del satélite LANDSAT tomadas en el período 1995-1997 obteniéndose un área de cobertura glaciar de 55.16 km² para la Cordillera Apolobamba (CONAM, 2001).

Entre los años 2003 al 2014, se efectuó el tercer inventario de glaciares y lagunas realizado por la UGRH, en base al procesamiento de imágenes satelitales SPOT, ASTER, LANDSAT y LISS III de diecinueve cordilleras del Perú (se incluyó a la Cordillera Volcánica que en la actualidad es considerada extinta, aunque con acumulación estacional de nieve). Se obtuvo un área de cobertura

glaciar de 45.25 km² y 69 glaciares para la Cordillera Apolobamba (ANA, 2014).

En el año 2016, el INAIGEM efectuó el cuarto inventario de las coberturas glaciares de las dieciocho cordilleras glaciares del Perú, registrando un área de cobertura glaciar de 39.63 km² para la Cordillera Apolobamba.

4.3.9.7.2. Descripción de los glaciares

Los glaciares en esta cordillera se encuentran dispersos dentro de 35 km de largo en la cadena montañosa de los Andes del sur en el ramal occidental, entre los nevados Ñacaria, Losojocha y Palomani Grande. Dentro de la cordillera encontramos glaciares de tipo montaña, los cuales se encuentran adheridos a los flancos.

Los grupos importantes son los nevados Ñacaria, Ananea Chico, San Andrés, Ananea Grande, Chapi, Riti Urmasca, Caballune y Palomani Grande que drenan sus aguas hacia la región hidrográfica del Titicaca. Por otro lado, se tienen nevados de importancia que drenan hacia la región hidrográfica del Amazonas como son: Vilacota, Calijón, Viscachani, Sorapata (Fotografía 113) y Losojocha.

Las masas glaciares se distribuyen desde los 4,869 hasta los 6,074 m s.n.m., siendo este último la altura del nevado Viscachani. Otros picos importantes que conforman la cordillera son el nevado Sorapata con 6,015 m s.n.m. y Ananea Chico con 5,869 m s.n.m., entre otros.

Los glaciares presentan en su mayoría superficies libres de detritos o escombros, los cuales representan el 97.04% de la superficie total, y las lenguas o superficies glaciares



Fotografía 113. Vista del nevado Sorapata – Cordillera Apolobamba.

cubiertas parcial o totalmente por materiales detríticos o escombros, representan el 2.96%.

4.3.9.7.3. Monitoreo de glaciares

En la segunda década del siglo veinte, Oppenheim informa de casos de glaciares que llegaron a recubrir galerías de las minas de oro de Ananea en la Cordillera Apolobamba. Desde el comienzo de los años 1930 se considera que el retroceso de los frentes glaciares ha sido predominante (Bernex & Tejada, 2010).

4.3.9.7.4. Lagunas de origen glaciar

En las últimas décadas los glaciares de todo el mundo han experimentado un retroceso sin precedentes desde la máxima extensión en la Pequeña Edad de Hielo (LIA). Este proceso favoreció la formación y crecimiento de lagunas de origen glaciar (Guardamino, 2014). Fotografía 114.

El retroceso glaciar y la formación de lagunas que mencionan (Drenkhan, 2016), es una evidencia que a futuro se formarán más lagunas. La investigación realizada por (Colonia, et al., 2017). proyecta que en la Cordillera Apolobamba se formará una laguna futura con $5.57 \times 10^6 \text{ m}^3$, en la subcuenca de Huari Huari, microcuenca de Sina.

La cordillera alberga una gran cantidad de lagunas, siendo las más importantes, para las comunidades que habitan en la región, las lagunas Suches -compartido entre Perú y Bolivia, Rinconada, Pararani, Sillacunca y Lacayaqui. Fotografía 115.



Fotografía 114. Laguna de formación en contacto glaciar, nevado Sorapata – Cordillera Apolobamba.

4.3.9.7.5. Riesgos de origen glaciar

Se registró un evento aluviónico proveniente de la laguna Sorapata (Chaupi Orcco) en marzo del 2006; además, de un incremento súbito de los caudales del río Occoruruni en abril del año 2012. Ambos eventos afectaron con daños materiales a las poblaciones de las comunidades de Qori Wara y Potoni del distrito de Sina.

4.3.9.7.6. Resultados del inventario

La Cordillera Apolobamba cubre una superficie glaciar total de 39.63 km² al 2016, que incluye el área glaciar cubierto de escombros con 1.17 km² y el área glaciar libre de detritos o escombros con 38.46 km². Tabla 48 y Gráfico 57.

Tabla 48. Superficie glaciar 2016: Cordillera Apolobamba.

Unidad	Superficie Glaciar		
	Libre de detritos o escombros	Cubierto	Total
Km ²	38.46	1.17	39.63
%	97.04	2.96	100.00

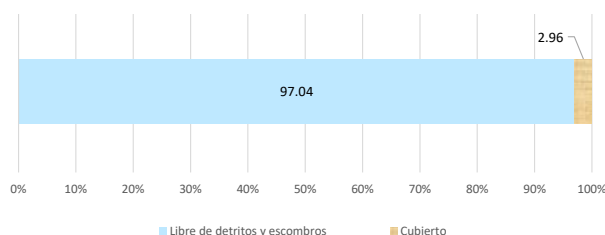


Gráfico 57. Proporción de superficies glaciares 2016 Cordillera Apolobamba.



Fotografía 115. Vista de la Laguna de Suches, ubicada en la sub cuenca del río Suches

En el análisis de cambio de superficie, se determinó que en 54 años (1962-2016) el área glaciaria disminuyó en 43.49 km² Gráfico 58 y Figura 28.

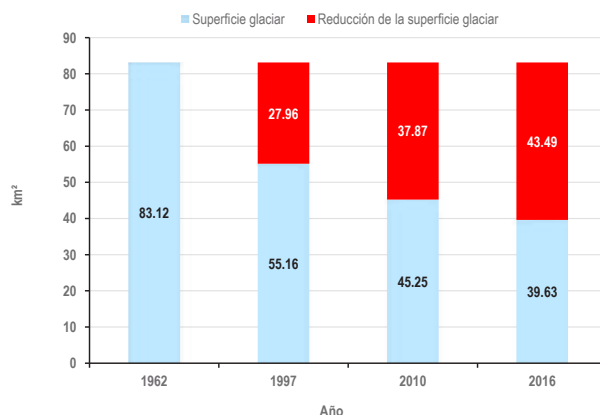


Gráfico 58. Reducción del área glaciaria por periodos (1962-2016) - Cordillera Apolobamba.

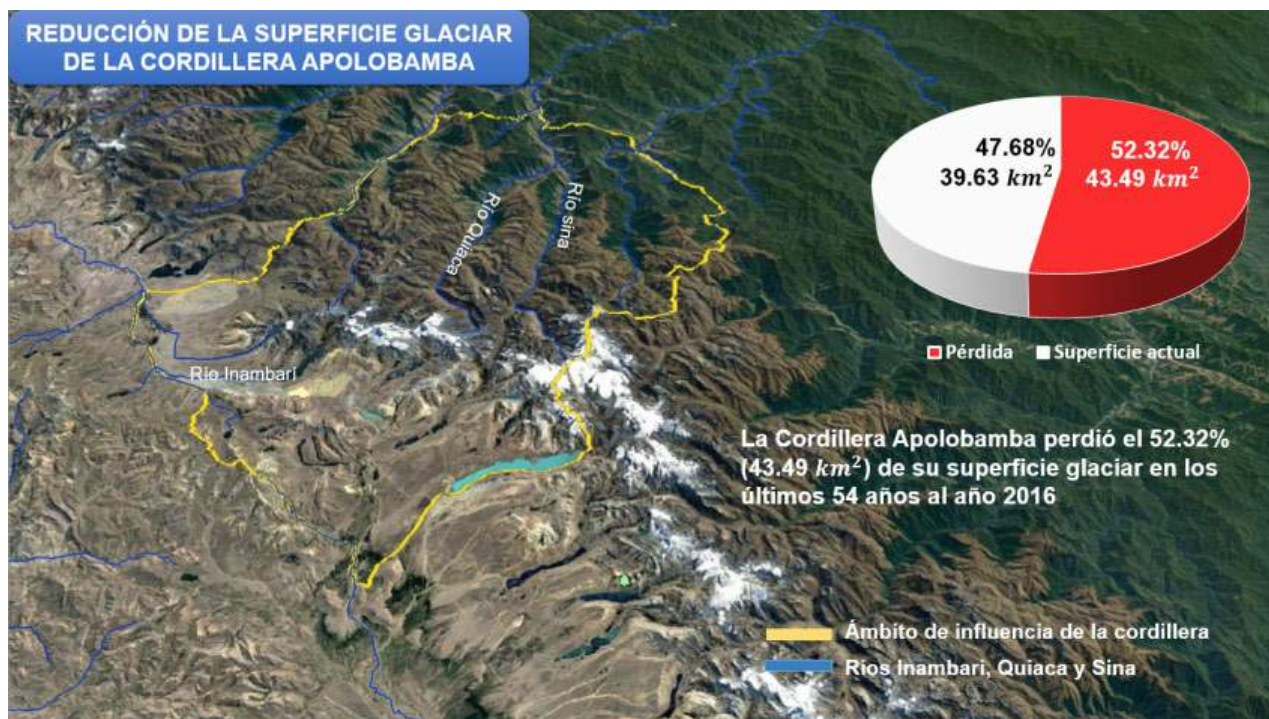


Figura 28. Reducción del área glaciaria (1962-2016) en la Cordillera Apolobamba.

4.3.9.7.7. Tendencia estimada de la reducción de la superficie glaciaria

Considerando los resultados de los inventarios de 1989 (publicado por Hidrandina S.A. & y reanalizado por INAIGEM al 2016), de 2001 (CONAM), de 2014 (ANA-UGRH) y del 2017 (INAIGEM), se obtiene una tasa de

retroceso 0.80 km²/año. De acuerdo con estos datos se estima que los glaciares de la Cordillera Apolobamba desaparecerían en el año 2066. Sin embargo, es importante mencionar que este valor es una estimación estadística lineal, sujeta a las variaciones y tendencias climáticas futuras a nivel global. Gráfico 59.

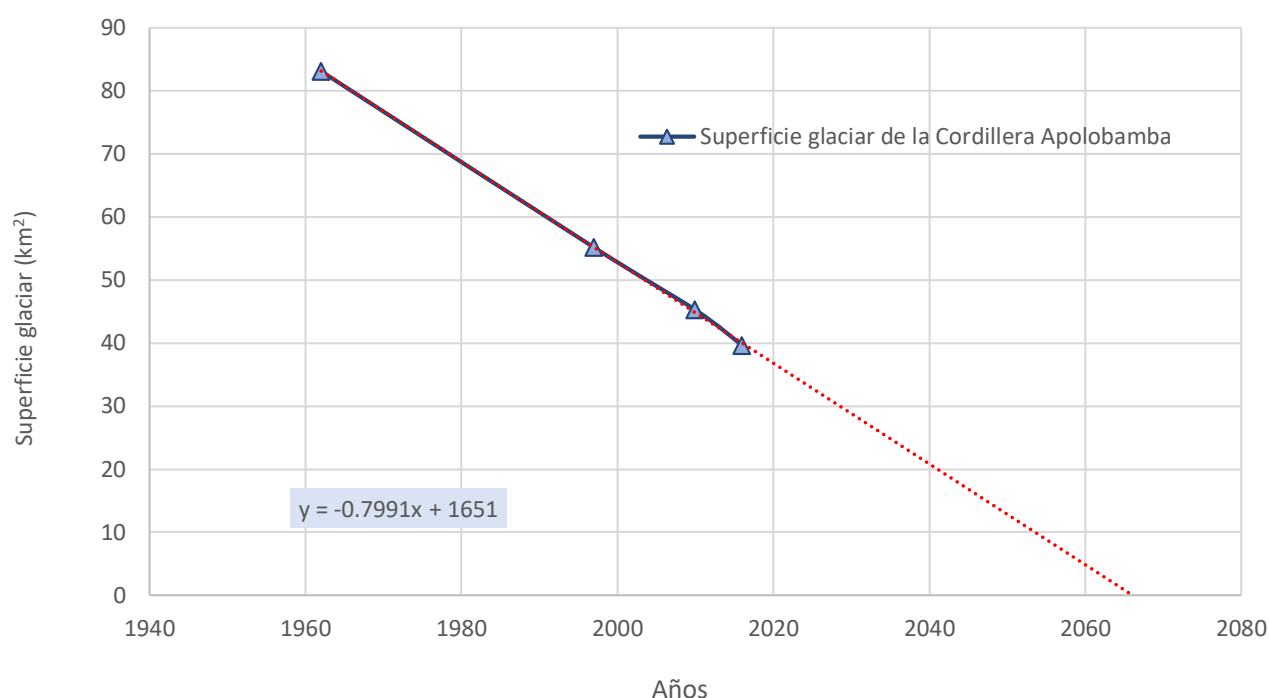


Gráfico 59. Tendencia estimada de la reducción de la superficie glaciar de la Cordillera Apolobamba.

Resumen

- El análisis de cambio de superficie para la Cordillera Apolobamba, muestra que el área glaciar ha disminuido de 81.12 km² a 39.63 km² con una pérdida de 43.49 km² equivalente al 52.32%. Sin embargo, esta tendencia se ha agudizado en los últimos años.
- La Cordillera Apolobamba cubre una superficie glaciar total de 39.63 km² en el 2016, que incluye área glaciar cubierto de escombros con 1.17 km² (2.96%) y área de glaciar libre de detritos o escombros con 38.46 km² (97.04%).
- Considerando los datos registrado en los inventarios, se obtiene una tasa de retroceso de 0.80 km²/año. De acuerdo con estos datos se estima que los glaciares de la Cordillera Apolobamba desaparecerán en el año 2066 de continuar la tendencia actual.
- La población existente el área de influencia de la cordillera es de 34,498 habitantes distribuidos en los distritos de Cojata, Ananea, Cuyocuyo, Sina, Quiaca, Yanahuaya y Sandia. La densidad poblacional estimada es de 14 habitantes por km². La tasa poblacional de crecimiento medio anual es de 2.89%.

V. CORDILLERAS GLACIARES EXTINTAS

Presenta a las cordilleras Volcánica y Barroso con información sobre el periodo de su extinción, identificación de los principales volcanes y su estado actual, enmarcados con información ecosistémicos, socioeconómicos, culturales y turísticos; además de aspectos climatológicos y físicos.

5.1. CORDILLERA VOLCÁNICA

5.1.1. Ubicación

La Cordillera Volcánica forma parte de las cordilleras glaciares extintas y está ubicada en la zona sur del país, colinda al norte con la Cordillera Ampato y al sur con la Cordillera Barroso. Tiene un área de influencia de 5,805 km² y una longitud aproximada de 123 km, geográficamente sus límites están comprendidos entre las coordenadas de 15°36'59.43" a 16°51'19.22" de latitud sur y 70°28'44.59" a 71°47'43.77" de longitud oeste.

Políticamente la cordillera se ubica entre los departamentos de Arequipa y Moquegua. En Arequipa involucra las provincias de Arequipa (distritos de Alto Selva Alegre, Cayma, Cerro Colorado, Characato, Chiguata, Miraflores, Pócsi, San Juan de Tarucani y Yura) y Caylloma (distritos de San Antonio de Chauca y Yanque); mientras que, en el departamento de Moquegua, incluye a la provincia de General Sánchez Cerro (distritos de Coalaque, Matalaque, Omate, Puquina, Quinistaquilla y Ubinas). Mapa 60.

5.1.2. Acceso

Es una de las cordilleras de fácil acceso. Las rutas, tanto aéreas como terrestres, convergen en la ciudad de Arequipa, desde donde parten tres carreteras asfaltadas (34A, 34C y 34E), que prácticamente atraviesan el territorio de la Cordillera Volcánica, pasando por la Reserva Nacional de Salinas y Aguada Blanca. En apenas 1 o 2 horas se llega al corazón de la cordillera sea hacia el norte, centro o sur de la misma. Otra alternativa es seguir las mismas rutas partiendo de Cuzco o Puno, en la dirección este – oeste. Para acceder a las cumbres se toman carreteras auxiliares (afirmada o trochas) y luego se sigue por caminos de herradura. Los tiempos son relativos en función de las cumbres a visitar.

5.1.3. Aspectos físicos

5.1.3.1. Hidrografía y climatología

La red hidrográfica de la cordillera se encuentra en la vertiente del pacífico y está formada por el río Chili que cruza el ámbito de la cordillera, además de quebradas y ríos de menor recorrido que aportan al río Tambo.

El río Chili desde su cabecera hasta su desembocadura forma la cuenca Quilca-Chili, que es receptor de los ríos Sumbay, Challhuanca, Blanco, Tingo Grande (cuyos tributarios son los ríos Andamayo, Mollebaya, Yarabamba), Yura, Siguan, Vitor y Quilca e intercuenas.

La cuenca Quilca-Chili cuenta con la mayor cantidad de represas que abastecen los diversos usos en la época de estiaje, pues muchos de los ríos son estacionales y su almacenamiento es vital en los meses de lluvia. Las represas Aguada Blanca, Dique de los Españoles, Pillones, Challhuanca, El Frayle, El Pañe y Bamputañe regulan las aguas del sistema hídrico de la cuenca Quilca-Chili.

Las precipitaciones se concentran en el flanco oriental de la cordillera obteniéndose una media anual de 400 mm, éstas se dan principalmente en la estación de verano y son del tipo orográficas, por ello, es que el valor de la media anual disminuye hacia la vertiente occidental de la cordillera con valores de alrededor de los 300 mm.

De acuerdo a la clasificación climática de Thornthwaite (SENAMHI, 1988) sobre la cordillera predomina un clima lluvioso semifrío de tundra, con veranos lluviosos, invierno y otoño secos con heladas moderadas, según los datos grillados del proyecto PISCO, la temperatura media anual es entre los 6 °C y 8 °C para zonas ubicadas alrededor de los 4,000 – 4,500 m s.n.m., que es donde se encuentran las comunidades campesinas Santiago de Chuca y San Juan de Tarucani; luego los valores se van incrementando mientras la altitud disminuye, teniendo valores de alrededor de 12 °C para el sector suroeste de la cordillera (Lavado, et al., 2016). Mapa 61.

5.1.3.2. Geología y geomorfología

La geología de esta cordillera está vinculada directamente a la actividad volcánica reciente y antigua, teniendo como principal representante al volcán Misti, un estratovolcán en forma de un cono simétrico casi perfecto, localizado a 18 km de la ciudad de Arequipa. Dentro de esta área, se ubican cuatro de los dieciséis volcanes activos que existen en nuestro territorio peruano (INGEMMET., 2016), siendo estos el Chachani (6,057 m s.n.m.), el Misti (5,822 m s.n.m.), el Ubinas (5,672 m s.n.m.) y el Huaynaputina (4,850 m s.n.m.); los dos primeros

ubicados en el departamento de Arequipa y los dos últimos en el departamento de Moquegua.

Los volcanes Ubinas y Huaynaputina, en las últimas décadas han tenido un comportamiento muy activo desde el punto de vista volcánico y sísmico. En su área de influencia, el basamento rocoso está constituido por rocas volcánicas lávicas y piroclásticos de naturaleza andesíticos y dacíticos, cuyo drenaje va hacia la cuenca del río Tambo. La zona es considerada con un alto potencial geotérmico para la generación de energía renovable, por sus condiciones geológicas y vulcanológicas.

La Cordillera Volcánica comprende parte de la Cordillera Occidental de los Andes, cuyo drenaje superficial corresponde principalmente a la cuenca hidrográfica del Pacífico. Se caracteriza por tener una morfología montañosa en material volcánico y tener amplias planicies. Su morfogénesis está directamente asociada a la actividad volcánica antigua (pleistocénica) y reciente (holocénica) con una gran dinámica.

La glaciación del pleistoceno ha modelado íntegramente el territorio peruano cuyas evidencias son parte del paisaje regional actual, como los depósitos cuaternarios glaciares. Finalmente, los procesos morfogenéticos están actuando fuertemente en la configuración del paisaje, originando diversas geoformas. Mapa 62.

5.1.3.3. Ecosistemas de montaña

En la cordillera se presentan cuatro ecosistemas que cumplen funciones ecosistémicas importantes dentro de sus áreas de influencia. Estos ecosistemas son humedales (lagunas, bofedales), bosques andinos (relictos altoandinos), matorral arbustivo y pradera nativa o pajonal andino (MINAM, 2017). El pajonal andino es el ecosistema predominante que ocupa el 72% del territorio seguido del matorral arbustivo con un 9% y el porcentaje restante se reparten los otros ecosistemas.

En gran parte de la Cordillera Volcánica se encuentra la Reserva Nacional de Salinas y Aguada Blanca que alberga a una muestra representativa de la puna seca de América del Sur. Hasta la fecha, en la Reserva se han identificado un total de 358 especies de plantas, distribuidas en 155 géneros, 47 familias, 31 órdenes, 4 clases y 3 divisiones.

Al centro de este sistema volcánico se encuentra el ecosistema humedal (lagunas y bofedales), el más representativo es la laguna Salinas, de 13 km de longitud y ocupa unas 6,182 ha. Esta laguna es de poca profundidad, y en épocas de sequía se puede secar totalmente. Sus principales tributarios son los ríos Chacalaque y Turca que constituye un hábitat original de aves como el flamenco andino o parihuana (*Phoenicoparrus andinus*) y el pato cordillerano (*Lophonetta specularioides*). Los bofedales o humedales altoandinos, son importantes

por su alta productividad de pastos palatables para los camélidos, entre los que resaltan *Alchemilla pinnata* y *Distichia muscoide*.

El ecosistema de pradera nativa o pajonal de puna seca está representado por las familias con mayor diversidad de géneros y especies como Asteraceae y Poaceae. Los géneros con mayor número de especies son *Calamagrostis* (quince especies), *Senecio* (doce especies) y *Werneria* (diez especies). En las zonas relativamente planas u onduladas se presentan los pastizales, que están formados por varias especies de los géneros *Stipa*, *Festuca*, *Senecio* y *Nototriche*, que albergan una variada fauna entre las que destacan las tarucas (*Hippocamelus antisensis*), los guanacos (*Lama guanicoe*), la vicuña (*Vicugna vicugna*), los zorros andinos (*Pseudalopex culpaeus*), el puma (*Puma concolor*), etc.

En el ecosistema de Bosques andinos se tiene al bosque relictos de queñoa (*Polylepis* spp.), y zonas arbustales como la yareta (*Azorella compacta*). Característico de este ecosistema es una planta leñosa perenne en forma de almohadilla o cojín muy duro, presenta una raíz gruesa leñosa, hojas muy pequeñas triangulares dispuestas en pequeñas rosetas un poco carnosas y escleromorfos, la tola (*Parastrephia lepidophylla*), entre otras. Mapa 63.

5.1.3.4. Aspectos socio económicos culturales

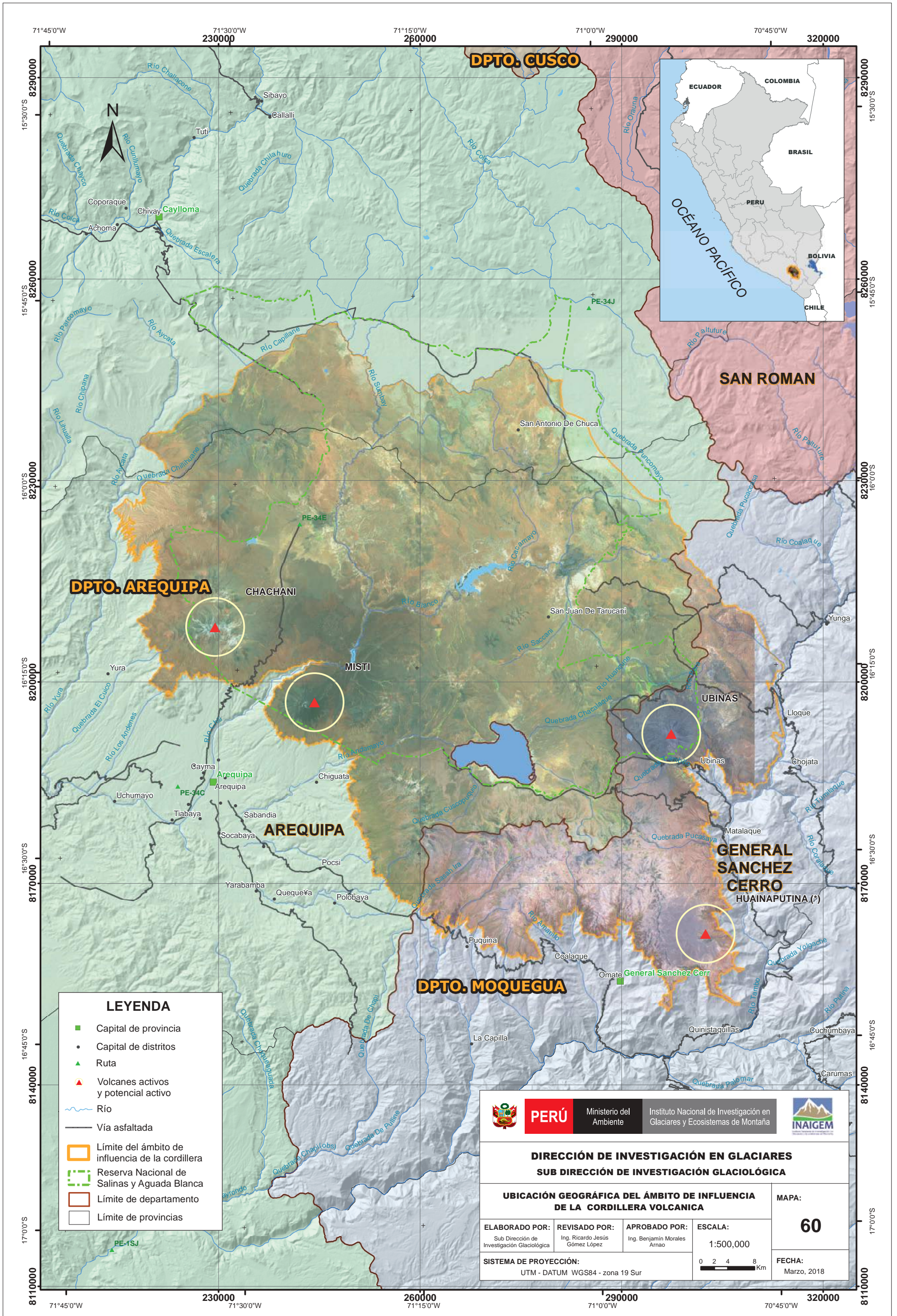
5.1.3.4.1. Población

La población estimada que habita en el área de influencia de la cordillera al 2015 es de 163,961 habitantes (INEI, 2018), la misma que se ha incrementado en 48,334 habitantes desde el año 2000. La tasa promedio de crecimiento anual es de 2.356% y tiene una densidad poblacional de 14 hab/km². Tabla 50.

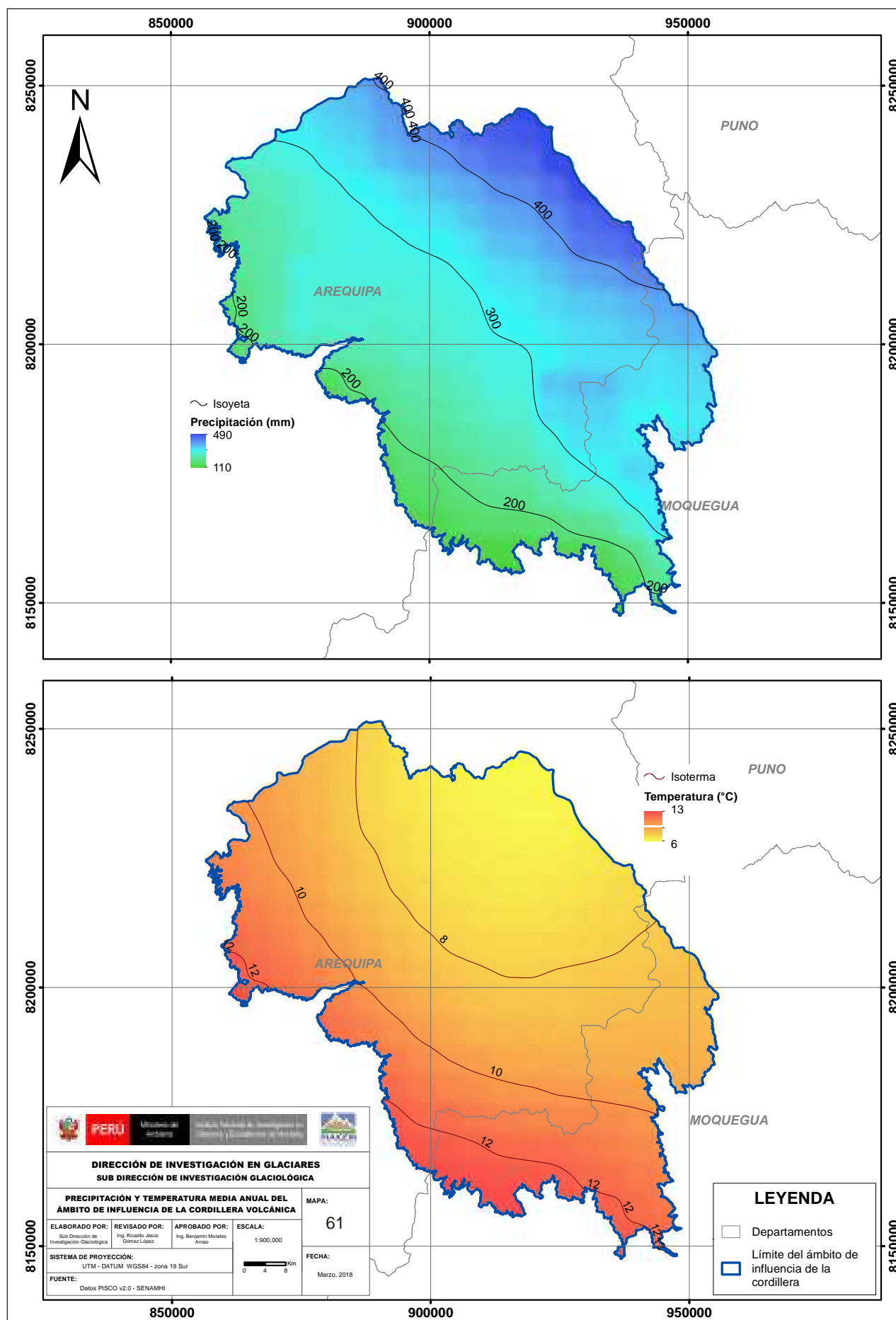
5.1.3.4.2. Energía y minería

Las principales centrales hidroeléctricas existentes en Arequipa (administradas por EGASA) son las que se describen en la Tabla 51.

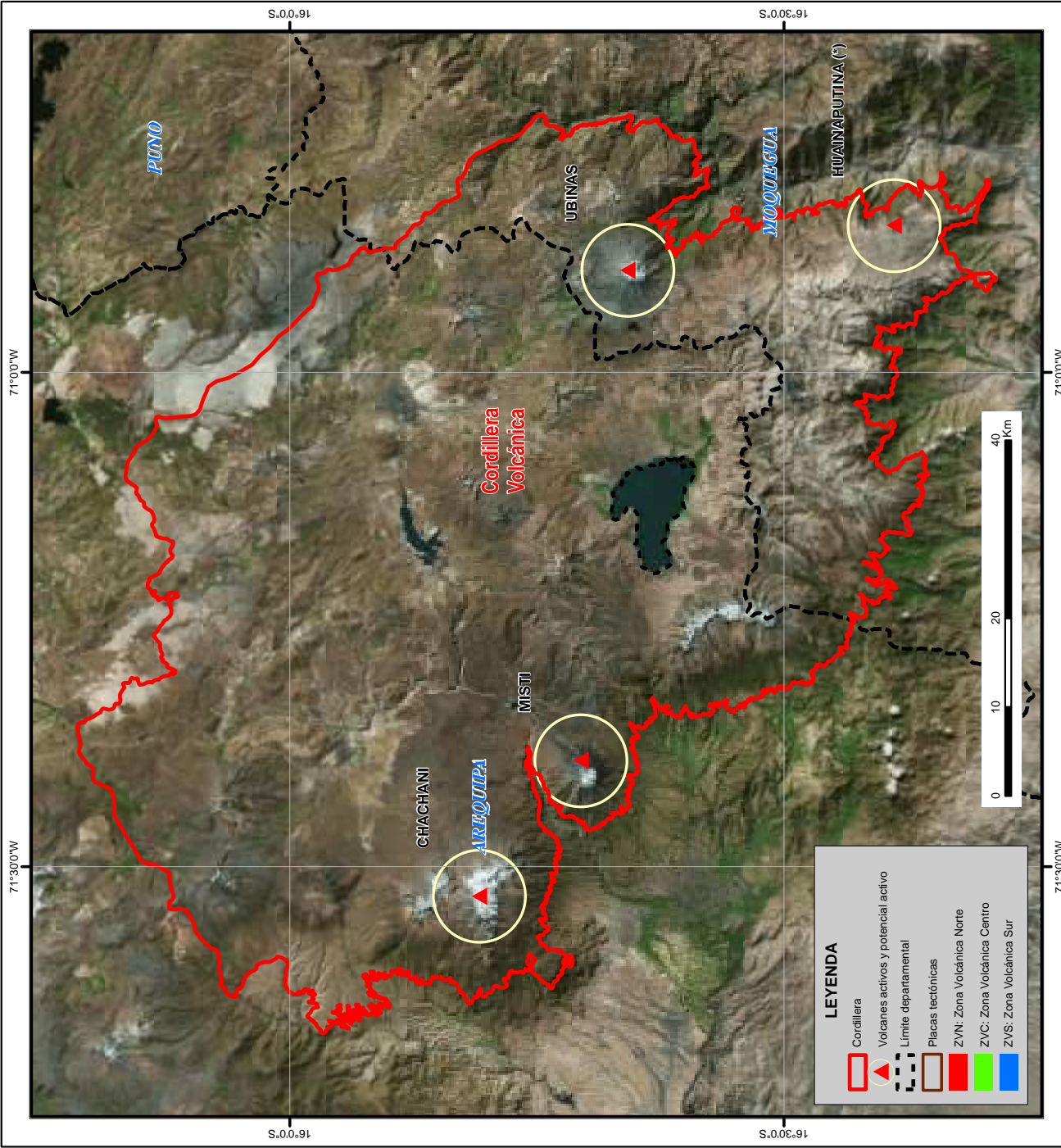
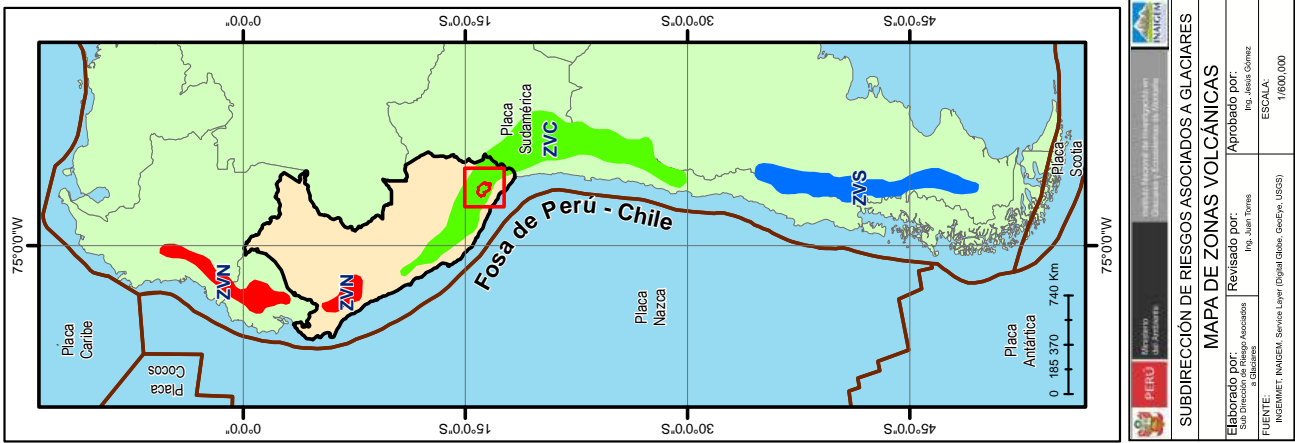
Arequipa, es la segunda región de mayor importancia económica del Perú y tiene el mayor número de empleos creados por la actividad minera (38,003 puestos de trabajo a mayo de 2015). Presenta la mayor cantidad de reservas de cobre y plata a nivel nacional, tiene la segunda reserva más grande de hierro y molibdeno, y la séptima más grande de oro. Además, la llamada “ciudad blanca”, es la segunda y tercera productora de cobre y oro, respectivamente, ubicándose tan sólo por debajo de Apurímac de acuerdo con las estadísticas del Ministerio de Energía y Minas (CCIA, 2015). Como proyectos se tiene la Ampliación de Cerro Verde (a puertas de culminación), Pampa de Pongo de Jinzhao Mining, Tambomayo de Compañía de Minas Buenaventura

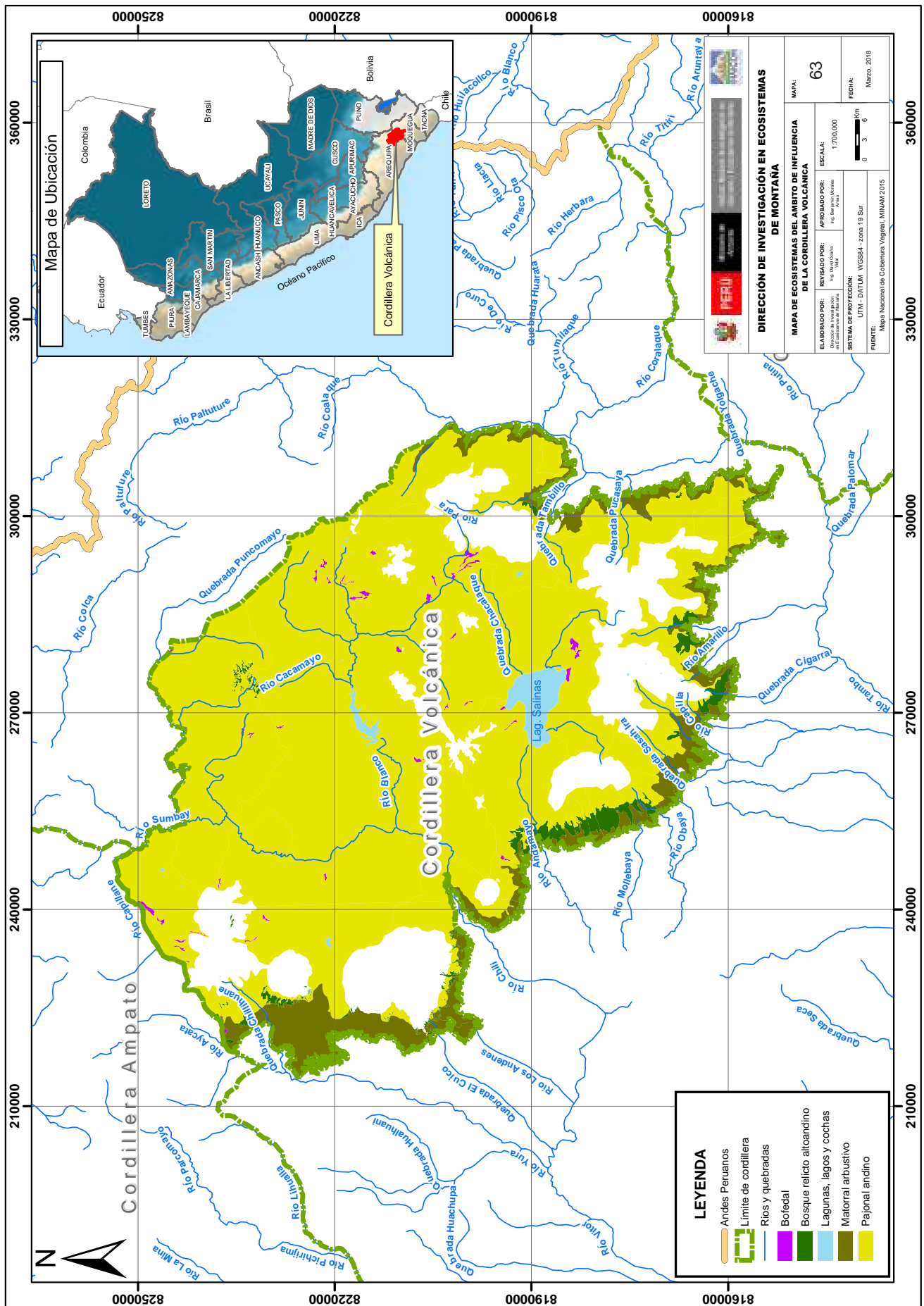


Mapa 60 . Ubicación geográfica del ámbito de influencia de la Cordillera Volcanica



Mapa 61. Precipitación y temperatura del ámbito de influencia de la Cordillera Volcánica





Mapa 63. Ecosistemas en el ámbito de influencia de la Cordillera Volcánica

Tabla 49. Población de los distritos de la Cordillera Volcánica.

Años	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
ALTO SELVA ALEGRE (0.19*)	12,582	12,831	13,067	13,293	13,513	13,728	13,935	14,133	14,325	14,515	14,707	14,901	15,094	15,286	15,475	15,658
CAYMA (0.70*)	44,162	45,511	46,838	48,153	49,463	50,779	52,088	53,383	54,675	55,980	57,313	58,674	60,056	61,452	62,855	64,261
CERRO COLORADO (0.31*)	27,529	28,659	29,793	30,937	32,095	33,274	34,465	35,649	36,838	38,046	39,289	40,572	41,881	43,216	44,569	45,931
CHARACATO (0.25*)	1,271	1,330	1,390	1,450	1,513	1,576	1,642	1,708	1,776	1,846	1,919	1,995	2,073	2,154	2,237	2,322
CHIGUATA (0.56*)	1,420	1,441	1,460	1,478	1,496	1,513	1,528	1,542	1,556	1,569	1,583	1,596	1,609	1,622	1,635	1,646
MIRAFLORES (0.25*)	13,514	13,488	13,445	13,387	13,319	13,242	13,156	13,059	12,954	12,845	12,737	12,629	12,519	12,406	12,290	12,169
POCSI (0.43*)	292	289	286	283	279	276	271	267	263	259	255	251	247	243	239	235
SAN JUAN DE TARUCANI (0.93*)	2,104	2,105	2,102	2,099	2,095	2,091	2,086	2,080	2,074	2,067	2,061	2,054	2,048	2,041	2,034	2,026
YURA (0.48*)	5,093	5,426	5,773	6,135	6,515	6,913	7,330	7,766	8,221	8,701	9,208	9,743	10,308	10,901	11,523	12,176
SAN ANTONIO DE CHUCA (0.33*)	441	449	456	462	467	472	476	479	483	487	491	494	498	502	507	511
YANQUE (0.24*)	610	609	606	602	597	590	583	575	567	558	551	542	535	527	520	513
COALAQUE (0.65*)	1,001	987	971	955	937	920	902	883	864	844	826	807	788	769	750	731
MATALAQUE (0.51*)	471	482	493	503	513	522	531	541	549	557	566	574	582	590	597	605
OMATE (0.41*)	1,428	1,462	1,494	1,524	1,554	1,583	1,611	1,638	1,664	1,690	1,715	1,740	1,765	1,790	1,813	1,836
PUQUINA (0.43*)	1,522	1,499	1,474	1,447	1,419	1,390	1,361	1,330	1,299	1,268	1,237	1,206	1,176	1,145	1,115	1,084
QUINISTAQUILLAS (0.28*)	211	222	232	243	254	265	277	289	301	313	326	339	353	367	381	395
UBINAS (0.51*)	1,978	1,983	1,984	1,982	1,981	1,976	1,970	1,962	1,952	1,942	1,930	1,918	1,905	1,892	1,877	1,861
Total	115,628	118,770	121,862	124,934	128,009	131,111	134,213	137,285	140,361	143,489	146,711	150,036	153,437	156,902	160,415	163,961

Fuente: INEI. (*) Factor de incidencia territorial.

Tabla 50. Principales centrales hidroeléctricas, 1999

Central hidroeléctrica y agua utilizada	Capacidad de generación (MW)	Año*	Ubicación geográfica			Ubicación política			
			Latitud	Longitud	Altitud	Departamento	Provincia	Distrito	Ciudad de influencia
			Sur	Oeste	(m s.n.m.)				
OCOÑA	110.0	--	15°56'	73°08'	505	Arequipa	Condesuyos	Rio grande	Rio Grande
CHARCANI I (Río Chili)	1.5	1905	16°18'	71°28'	2950	Arequipa	Arequipa	Arequipa	Arequipa
CHARCANI II (Río Chili)	0.8	1912	16°17'	71°28'	3000	Arequipa	Arequipa	Arequipa	Arequipa
CHARCANI III (Río Chili)	4.6	1939	16°15'	71°27'	3200	Arequipa	Arequipa	Arequipa	Arequipa
CHARCANI IV (Río Chili)	14.4	1963	16°15'	71°26'	3300	Arequipa	Arequipa	Arequipa	Arequipa
CHARCANI V (Río Chili)	135.0*	1988	16°14'	71°25'	3450	Arequipa	Arequipa	Cayma	Arequipa, Moquegua
CHARCANI VI (Río Chili)	17.6	1976	16°14'	71°24'	3670	Arequipa	Arequipa	Cayma	Arequipa, Puno
SIGUAS (Ríos Sigwas y Colca)	180.0	--	15°59'	72°12'	3100	Arequipa	Caylloma	Lluta	Arequipa, Moquegua
LLUCLLA (Ríos Sigwas y Colca)	64.0	--	15°59'	72°12'	3100	Arequipa	Caylloma	Lluta	Ciudad de Lluta

Fuente: (INEI, 1999); * (Osinergrin, 2011)

S.A.A. Finalmente, se tienen dos proyectos en proceso de exploración que son Don Javier y el Zafranal, cuyas ubicaciones serán en Arequipa y Castilla, siendo el cobre y oro los principales minerales a producir (Frías, 2015).

5.1.3.4.3. Agricultura y ganadería

En el ámbito de influencia de la cordillera, la actividad agropecuaria se complementa con la crianza de especies de camélidos y de ovinos, que se nutren de los múltiples bofedales existentes en la zona. En el distrito de Omate, actualmente, en los diecisiete centros poblados del río Tambo se dedican a la fruticultura y en menor escala a la ganadería.

Respecto al uso de la tierra según los datos del Censo Nacional Agropecuarios del 2012, aproximadamente el 33.82% de la superficie de la cordillera se encuentra en uso directo, en los porcentajes siguientes:

- Superficie con cultivos : 7.02%
- Superficie agrícola sin cultivo y va a ser sembrada : 1.48%
- Superficie agrícola sin cultivo y no va a ser sembrada : 1.04%
- Superficie agrícola en descanso : 0.49%
- Pastos naturales manejados : 7.56%

- Pastos naturales no manejados : 58.09%
- Montes y bosques : 22.66%
- Superficie dedicada a otros usos : 1.67%

Notamos que el mayor porcentaje de tierras está orientado a los pastos naturales no manejados, con el 58% (112,804 ha); en tanto, que la superficie dedicada a cultivos representa el 7% (13,626 ha). Los montes y bosques representan el 23% (44,004 ha) (CENAGRO, 2012).

5.1.3.4.4. Turismo y cultura

El territorio de la cordillera es ideal para la práctica de escalada en las montañas. Las cumbres o volcanes más escalados o apreciados por los practicantes de esta actividad son el Misti, el Chachani y el Pichu Pichu.

Se han encontrado evidencias importantes de actividades rituales de la época Inca encima de dos de los volcanes principales: Pichu Pichu y el Misti. Los arqueólogos José Antonio Chávez Chávez y Johan Reinhard realizaron expediciones en 1996 que ubicaron tres momias incaicas cerca de la cumbre de Pichu Pichu. Uno de los cuerpos, conocida como la Momia Urpicha o "Palomita" (Fotografía 116), es de una mujer y se encuentra actualmente en el Museo Santuario de Altura del Sur

Andina de la Universidad Católica de Santa María de Arequipa. Además, encontraron varias figurillas de concha *Spondylus*, un textil decorado con 50 pequeños discos de metal, y una estatua de plata de un hombre unos 30 cm de alto. En 1998 los mismos arqueólogos realizaron una exploración de la cima del Misti, encontrando seis esqueletos incaicos, probablemente de sacrificios humanos, acompañados de objetos de cerámica y figurillas de oro, plata y *Spondylus*. Es posible que los entierros se relacionaran con un episodio de erupción del volcán Misti hacia el año 1440. En ambos volcanes se encontraron vestigios de plataformas preparadas y pequeñas estructuras de piedra asociadas a las rutas aparentemente usadas por los Incas para estos ascensos ceremoniales (Chávez, 2001).



Fotografía 116. Momia Urpicha o “Palomita”, se encuentra actualmente en el Museo Santuario de Altura del Sur Andina. Fuente, José Benito Álvarez (1992).

En lo que a arqueología se refiere, las Cuevas de Sumbay se encuentran ubicadas en el distrito de Arequipa, exactamente se localiza en la falda posterior del volcán Misti, a una altura de 5,100 a 4,127 m s.n.m., es un importante legado rupestre del Paleolítico, además de ser reconocido desde el año 2000 como Patrimonio Cultural de la Nación. El Arte Rupestre hallado en las cuevas de Sumbay, tendría una antigüedad aproximada de 8000 a 6000 años, similar a las halladas dentro de los complejos de Toquepala y Lauricocha (Turimoi, 2018).

En el distrito de Omate, en la cuenca del río Tambo se ubican inigualables recursos turísticos y condiciones apropiadas para practicar deportes de aventura como la caza, pesca, canotaje artesanal, rigurosas caminatas entre otros. Además, ofrece un aire puro, en bellos parajes donde se puede descansar y disfrutar a plenitud de su inconfundible tranquilidad (MPGSC, 2018).

De otro lado, la sorprendente andenería de Puquina, que fue construida por la cultura del mismo nombre, proveniente de una rama de los Arahua o Arahuaos que proceden de la frontera con Brasil, entre los años 350 o 400 de la era cristiana, se extendieron por toda la parte Sur del Perú, fundando las poblaciones Ichuña y Puquina; en esta última desarrollaron una ingeniería sorprendente en la construcción de andenerías, reservorios y corrales; así como la agricultura, la cerámica y la artesanía. (MPGSC, 2018).

5.1.3.5. Inventario de la superficie glaciar

5.1.3.5.1. Antecedentes

Entre 1970 y 1989, se realizó el primer inventario de dieciocho cordilleras glaciares del Perú, (Hidrandina S.A., 1989), donde no se pudo determinar la cobertura glaciar de la Cordillera Volcánica por falta de fotografías aéreas, ya que las disponibles del año 1955, no permitían definir las coberturas glaciares, por haber sido tomadas durante copiosas nevadas.

En 1997 se llevó a cabo el segundo inventario. El material básico de trabajo fueron las imágenes del satélite LANDSAT tomadas en el período 1995-1997, donde se inventarió dieciocho cordilleras sin considerar a la Cordillera Volcánica (CONAM, 2001).

El inventario de glaciares publicado por el ANA, en el año 2014 se consideró a la Cordillera Volcánica exenta de glaciares.

5.1.3.5.2. Descripción de glaciares extintos

Mediante una serie de imágenes satelitales históricas y aplicando un análisis multitemporal entre el periodo 1975 al 2017, se verificó que dentro del ámbito de la cordillera ya no había presencia de masa glaciar alrededor de 1980. En el año 1975, en el volcán Chachani, se aprecia algo de cobertura nival y posiblemente masa glaciar, pero en la imagen comparativa de 1980 ya no se observa dicha cobertura; y en los volcanes Misti y Pichu Pichu ya desde el año 1975 no presentaban cobertura glaciar Figura 29.

El ámbito de la cordillera se caracteriza por períodos secos y húmedos, en este último por precipitaciones sólidas (nieve o granizo) que se confunden con masas glaciares, lo que se puede descartar viendo las imágenes entre octubre y diciembre, periodo donde el ámbito se encuentra completamente libre de nieve.

La temporada de nevadas, en el ámbito de la Cordillera Volcánica, se producen desde los 3,800 – 6,000 m s.n.m., y son muy importantes desde el punto de vista hidrológico ya que tienen un rol preponderante en la reserva de agua y la regulación de caudales de los ríos; pero a su vez, pueden causar graves daños en lugares poblados

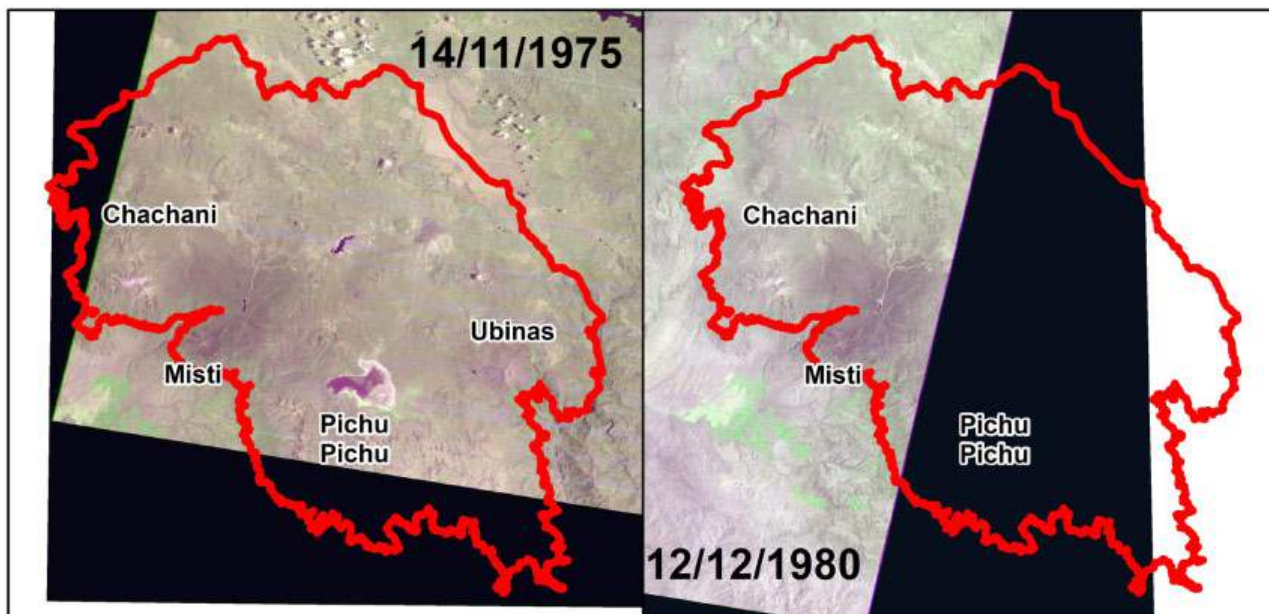


Figura 29. Imágenes landsat de 1975 y 1980 mostrando el ámbito. En 1975 no hay cobertura glaciar a excepción de Chachani donde no está claro si es masa glaciar o evento de nevada, en el año 1980 en la misma zona de Chachani aparece sin nada de cobertura.

situados por encima de los 3,800 m s.n.m. afectando a las personas, la agricultura, la crianza de animales, etc. Los eventos nivales en el ámbito de la Cordillera Volcánica, representan fuentes de alimentación de los acuíferos y valles, así como riesgos para la zona sur del país; sin embargo, no se hacen registros ni mediciones y es por ello que para el INAIGEM constituye un punto de interés para empezar a generar un registro de data histórica que permita entender el rol de las nevadas en sus diferentes manifestaciones Figura 30.

5.1.3.5.3. Descripción de las principales cumbres

Las cumbres más altas de la Cordillera Volcánica son Chachani, Misti, Nocarane (Fotografía 117), Ubinas, Pichu Pichu, Crestón Grande, La Horqueta, Tacume, Condori y Quelcata.

Parte del arco volcánico del Perú se localiza en esta cordillera, cuyos principales picos volcánicos son el Chachani, Misti, Ubinas y Pichu Pichu. El complejo volcánico Chachani estuvo probablemente cubierto por glaciares durante la Pequeña Edad de Hielo, aunque ninguno de ellos existe hoy en día. Al año 2011, las únicas formas periglaciales encontradas en dicho complejo volcánico fueron los glaciares de roca (Andrés, Palacios, Úbeda, & Alcalá, 2011).

El volcán Misti presenta un régimen geotérmico notablemente elevado, al que se atribuye la ausencia de glaciares en el pasado (no se han encontrado morrenas), permafrost y formas de origen periglacial (Úbeda, 2014).

5.1.3.5.4. Monitoreo de la actividad volcánica

En 1963, miembros de la Academia de Exploración Geográfica de Guatemala realizaron estudios vulcanológicos en el Pichu Pichu y el Misti, estudiando en este último, las fumarolas que salían del cráter y que demostraron que aún había actividad en el domo del volcán. (Morales C. , 2001)

Desde el 2004, el departamento de Geografía Física de Alta Montaña (GFAM) y el INGEMMET con el apoyo de la ONG GEM, realizaron investigaciones sobre el Chachani y el Misti, así mismo en el año 2014, en el marco del proyecto CRYOPERU, se realizaron estudios sobre dichos volcánes.

A la fecha, el IGP, INGEMMET y la UNSA vienen realizando monitoreos permanentes sobre la actividad volcánica de las estructuras activas del Perú. Fotografía 118.

5.1.3.5.5. Lagunas de origen glaciar

La cordillera presenta 15 lagunas que abarcan una superficie de 1,167,941 m², ubicándose el mayor número de lagunas en la cuenca Quilca–Vitor–Chili de la vertiente del Pacífico. La laguna con código nacional 13279–1 es la de mayor superficie con 30.24 km² y está situada a 3,750 m s.n.m. (ANA, 2014).

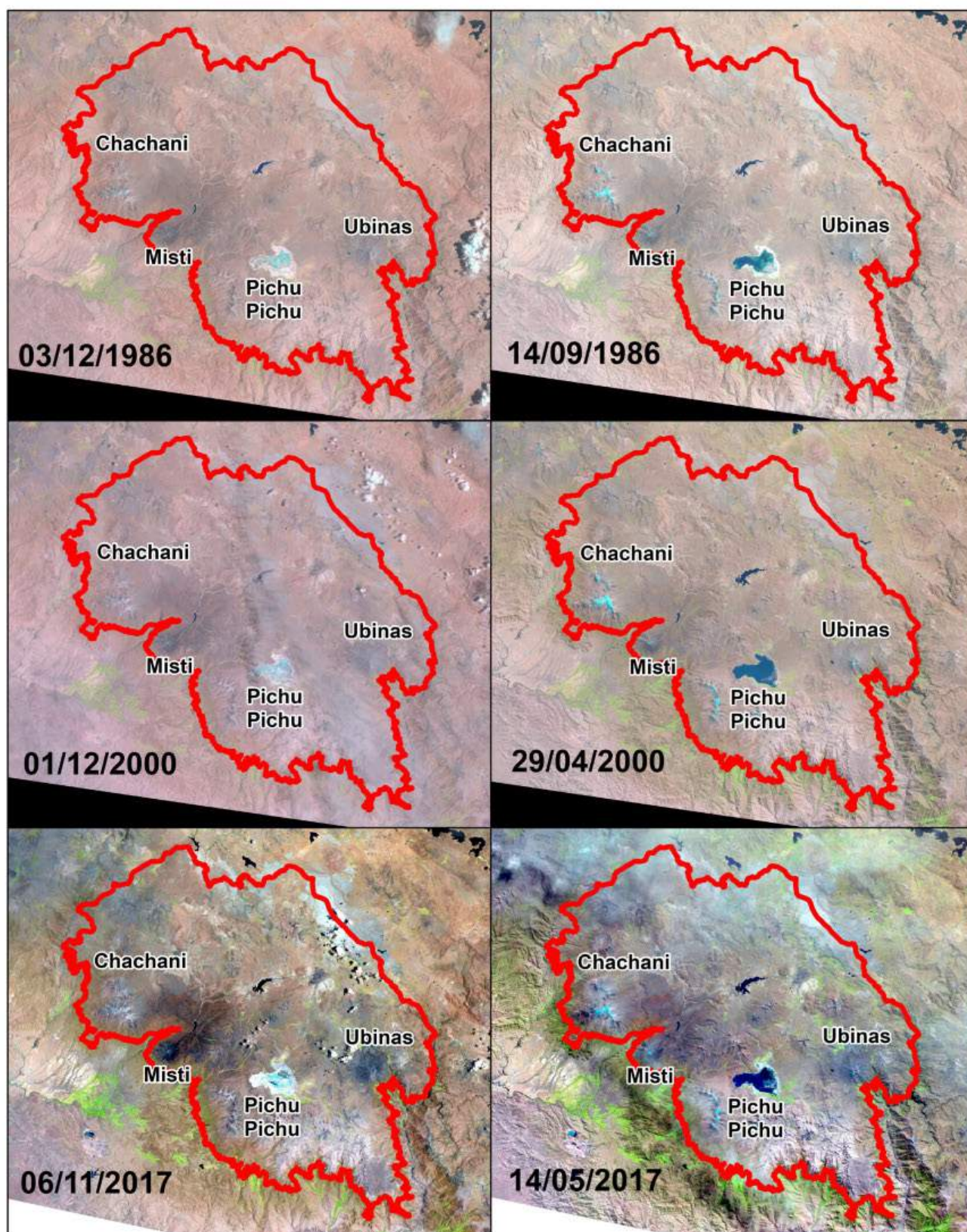
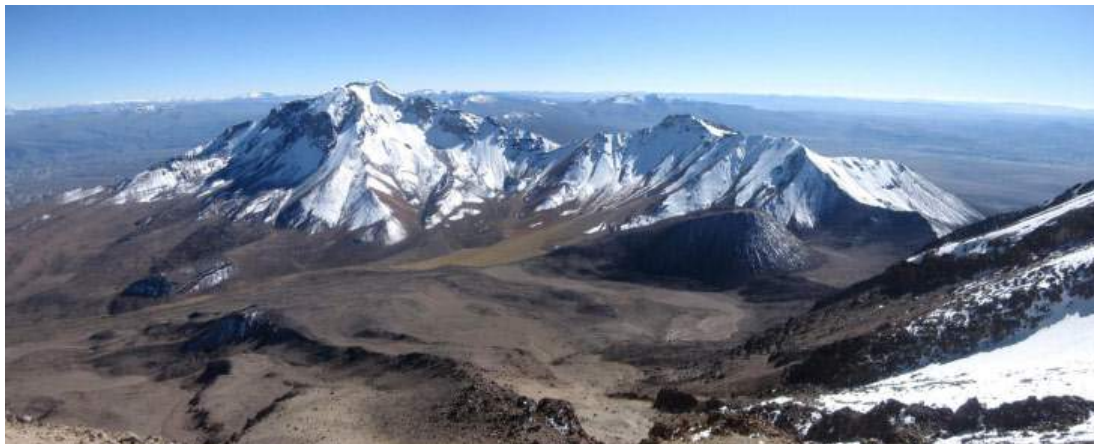


Figura 30. Análisis multitemporal de la Cordillera Volcánica mediante imágenes Landsat, donde se muestra el dinamismo de las precipitaciones solidas sobre estos ámbitos, en algunos periodos los eventos nivales confunden la nieve temporal con masas glaciares y en otros periodos aparecen sin ningún tipo de cobertura.



Fotografía 117. Nocarane con nieve temporal en sus cumbres. Fuente: Summitpost.org.



Fotografía 118. Volcán Misti con nieve temporal en su cima. Fuente: flickr.com.

Resumen

- Actualmente sobre este ámbito no hay presencia de masas glaciares, pero si hay grandes aportes de eventos nivales que muchas veces confunden con masas glaciares; las precipitaciones sólidas (nieve y granizo) constituyen una fuente importante de aporte hídrico que se mantiene en corto tiempo regulando y abasteciendo la oferta hídrica en estos ámbitos. Según el análisis multitemporal realizado en base a imágenes satelitales no se tiene un registro claro de cuando se extinguió la cobertura glacial, al año 1975 la parte de Chachani parece tener algo de glacial, pero en la imagen de 1985 ya no se observa hielo o nieve.
- En el área de influencia de la Cordillera Volcánica existe una gran cantidad de habitantes emplazados que se encuentran en la segunda ciudad más importante del país, Arequipa; esta y las otras poblaciones en el ámbito de la Cordillera Volcánica sufren los efectos del cambio climático, que se evidencian con los cambios extremos en el clima como altas radiaciones y sequía; y todo ello se manifiesta en la escasez de agua que tanta falta hace en época seca.

5.2. CORDILLERA BARROSO

5.2.1. Ubicación

La Cordillera Barroso forma parte de las cordilleras ubicadas en la zona sur del país, tiene un área de influencia de 9,291 km² y una longitud aproximada de 169 km, geográficamente sus límites están comprendidos entre las coordenadas de 16°37'29.21" a 17°50'12.98" de latitud sur y 69°48'02.09" a 70°45'09.54" de longitud oeste.

Políticamente el ámbito se extiende parcialmente sobre los territorios de los departamentos de Moquegua, Puno y Tacna. En Moquegua involucra a la provincia de Mariscal Nieto (distritos de Carumas, Chuchumbaya, San Cristobal y Torata); en Puno incluye a la provincia de El Collao (distritos de Capazo y Santa Rosa); por su parte, en el departamento de Tacna incluye a las provincias Candarabe, Tacna y Tarata (con los distritos de Cairani, Canilaca, Candarave, Huanuara, Quilahuani, Pachia, Palca, Estique, Héroes Albarracín, Sitajara, Susapaya, Tarata, Tarucachi y Ticao). Mapa 64.

5.2.2. Acceso

A esta cordillera se accede desde Moquegua y Tacna, y otras rutas que parten desde la Panamericana Sur, desde Camiara, Tomasiri, entre otros. Para acceder a los picos de la cordillera se cuentan con carreteras afirmadas o trochas, y proseguir a través de caminos de herradura. También se puede realizar la ruta opuesta, partiendo de Puno o Juliaca en el sentido este – oeste. Asimismo, se tiene la ruta longitudinal por el límite occidental de la cordillera que une Arequipa con Moquegua por la carretera 108.

5.2.3. Aspectos físicos

5.2.3.1. Hidrografía y climatología

La red hidrográfica de la cordillera tiene dos vertientes, el 76% de su área se encuentra en la vertiente del pacífico y el 24% se encuentra en la vertiente del Titicaca. La cordillera abarca las cabeceras de las cuencas Locumba, Sama y parte de la cuenca de Caplina, dando origen a tres ríos principales: el río Sama, que tiene el mismo nombre hasta su desembocadura al océano Pacífico; el río Tacalaya, que al confluir con algunas quebradas toma el nombre de río Camilaca, luego al confluir con la quebrada Huanuara forma el río Ilabaya, este con los ríos Catumbraya, Curibaya y Cinto forman el río Locumba; el tercer río principal, es el río Braguera, que al juntarse con los ríos Otor y Asana forman el río Osmore, que desembocan en el océano Pacífico.

En época de precipitaciones se almacena agua en las partes altas de las cuencas, principalmente en las lagunas

Aricota y Suches, que abastecen a las diversas actividades humanas de la cuenca del río Locumba, que es una de las principales cuencas de la cordillera junto con la del río Sama. Otra fuente importante de abastecimiento es por medio de la extracción de agua a través de pozos subterráneos.

El SENAMHI realizó un estudio de la frecuencia de nevadas en el Perú, en base a 35 estaciones meteorológicas convencionales, ubicándose seis de ellas (Toquela, Chuapalca, Bocatoma, Vilacota, Paucarani y Pampa Umalzo) en el ámbito de influencia de la Cordillera Barroso. Se reportó una gran cantidad de días de nevadas sobre los 4,500 m s.n.m., obteniendo los mayores porcentajes de eventos de nevadas promedio mensual (periodo 2004-2013), durante los meses de invierno (julio, agosto y setiembre) y en menor porcentaje durante los demás meses del año (SENAMHI., 2018). Ello explica la presencia de nieve por periodos específicos, en muchos picos de las montañas y volcanes ubicados en el ámbito de influencia de la cordillera.

Las precipitaciones se concentran en el flanco oriental de la cordillera, hacia el noreste de las caras de los principales volcanes como Ticsani, Tutupaca, Yucamane, Purupuruni y Casiri; obteniéndose una media anual de alrededor de los 400 mm, éstas se dan principalmente en la estación de verano y son del tipo orográficas, es decir, son producto de la condensación del vapor de agua contenido en la masa de aire que al ascender se enfría, condensa y precipita, por ello es que el valor de la media anual disminuye hacia la vertiente occidental de la cordillera con valores promedio de 300 - 200 mm.

De acuerdo con la clasificación climática de Thornthwaite (SENAMHI, 1988), sobre la cordillera predomina un clima lluvioso semifrío de tundra, con veranos lluviosos; los inviernos y otoños son secos con heladas moderadas. Según los datos grillados del proyecto PISCO, la temperatura media anual es entre los 10 °C y 12 °C para zonas ubicadas entre los 3,000 a 3,500 m s.n.m., que es donde se encuentran las ciudades principales como Candarave y Tarata, luego los valores van disminuyendo mientras la altitud se incrementa, tomando valores de alrededor de 6 °C por encima de los 4,000 m s.n.m. (Lavado, et al., 2016). Mapa 65.

5.2.3.2. Geología y geomorfología

La geología de esta cordillera está vinculada directamente a la actividad volcánica reciente y antigua, generando rocas volcánicas en todos sus tipos y variedades. Dentro de esta cordillera, se ubica cinco de los dieciséis volcanes activos que existen en nuestro territorio peruano (INGEMMET., 2016); estos son: el Ticsani (5,408 m s.n.m.), el Tutupaca (5,801 m s.n.m.), el Yucamane (5,495 m s.n.m.), el Purupuruni (5,395 m s.n.m) y el Casiri

(5,650 m s.n.m.); el primero ubicado en el departamento de Moquegua y los cuatro últimos en el departamento de Tacna.

El volcán Ticsani, en los últimos años, viene generando gran preocupación, debido a su activo comportamiento volcánico y sísmico. En su área de influencia, el basamento rocoso está constituido por rocas volcánicas lávicas y piroclásticas de naturaleza dacítica. La zona cuenta con un alto potencial geotérmico para la generación de energía renovable, por sus condiciones geológicas y vulcanológicas. En la actualidad, este volcán constituye un riesgo potencial para las poblaciones aledañas como Calacoa (8 km del cráter), Carumas (11 km), Quebaya, Cuchumbaya, Soquezane y numerosos caseríos, localizados dentro de un radio de 12 km alrededor del volcán, donde habitan más de 5,000 personas, que podrían ser afectados principalmente por caída de tefras y eventualmente por flujos piroclásticos y coladas de lava, entre otros procesos asociados.

La Cordillera Barroso comprende parte de la Cordillera Occidental de los Andes, cuyo drenaje superficial es parte de la unidad hidrográfica del Pacífico (cuenca del río Tambo, Locumba y Sama) y de la unidad hidrográfica del Titicaca. Se caracteriza por tener una morfología montañosa, donde los conos volcánicos son las geoformas más resaltantes y representativas. Su morfogénesis está directamente asociada a la última actividad volcánica que tuvo lugar hace 400 años (Marino y Thouret, 2003).

La glaciación del pleistoceno ha modelado íntegramente el territorio peruano, sus evidencias se observan principalmente en las altas cumbres. Sin embargo, este proceso fue realizado sobre un paisaje volcánico regional, cuyos testigos se conservan hasta la actualidad. Finalmente, los procesos morfogenéticos están actuando fuertemente en la configuración del paisaje, originando diversas geoformas. Mapa 66.

5.2.3.3. Ecosistemas de montaña

En la cordillera se presentan cinco tipos ecosistemas que cumplen funciones importantes dentro de sus áreas de influencia. Estos ecosistemas son: humedales (lagunas y bofedales), bosque relicto altoandino, cardonal, matorral arbustivo y pajonal andino (MINAM, 2017). El pajonal

andino es el ecosistema que predomina ya que ocupa el 61% del territorio y le sigue en extensión las áreas de matorral arbustivo con un 10%, el porcentaje restante se reparten entre los otros ecosistemas. Mapa 67.

El ecosistema pradera nativa es escaso y se desarrolla solamente en los flancos bajos y depresiones y está conformado principalmente por el ichu (*Stipa ichu*), musgos y líquenes. La habitan pocas vicuñas (*Vicugna vicugna*) y vizcachas (*Lagidium viscacia*).

La laguna más representativa es el Suches, ubicada en el distrito de Candarave, Tacna, a 4,450 m s.n.m., tiene una extensión de 15 km², siendo sus afluentes los ríos Huaytire, Livelcalane y Humapalca. La laguna cuenta con una gran variedad de fauna y flora donde destacan huallatas (*Chloephaga melanoptera*), patos silvestres, entre otros. Hacia el noreste de la laguna se desarrollan de manera natural los pastizales que son utilizados como alimento por tropillas mixtas de vicuñas y suris.

El suri (*Pterocnemia pennata tarapacensis*), es una de las seis especies de aves gigantes corredoras descubiertas en el mundo que se encuentra en peligro crítico de extinción. Esta cordillera es el único lugar en el Perú donde se encuentran los suris (El Comercio, 2016)

5.2.3.4. Aspectos socio económicos culturales

5.2.3.4.1. Población

La población estimada al 2015, que habita en el área de influencia de la cordillera es 101,714 habitantes (INEI, 2018), la misma que se ha incrementado en 14,115 habitantes desde el año 2000. La tasa promedio de crecimiento anual es de 1 %, con una densidad poblacional de 11 habitantes/km². Tabla 69.

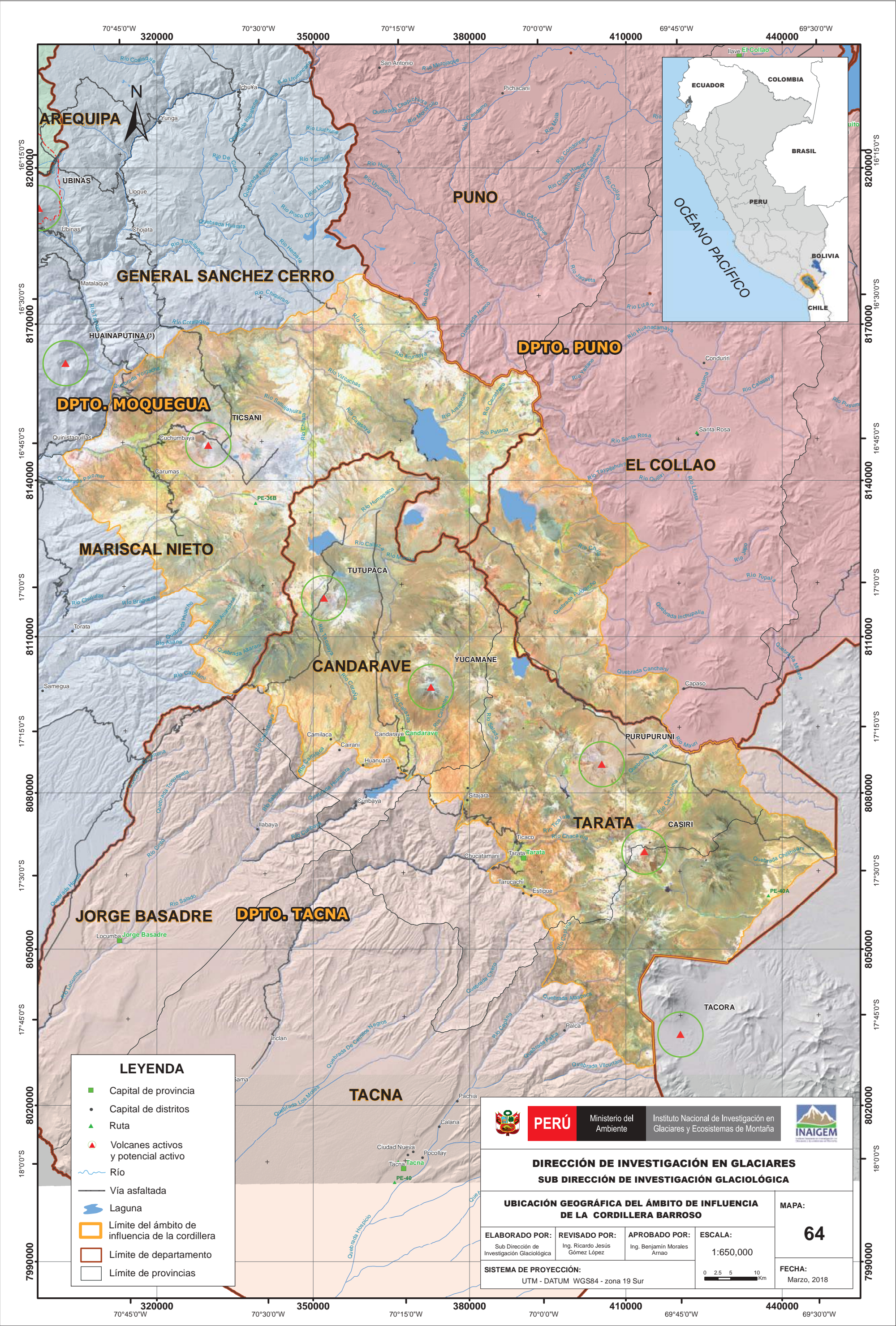
5.2.3.4.2. Energía y minería

El yacimiento cuprífero de Toquepala es uno de los principales del país, el mineral está situado cerca de la superficie, por lo que la explotación es a tajo abierto (Tierra Inka, 2018); este, y el yacimiento minero Cuajone son explotados por la Southern Perú Copper Corporation. Ambos yacimientos están muy cerca del límite de la Cordillera Barroso en su flanco occidental; Toquepala en Tacna y Cuajone en Moquegua.

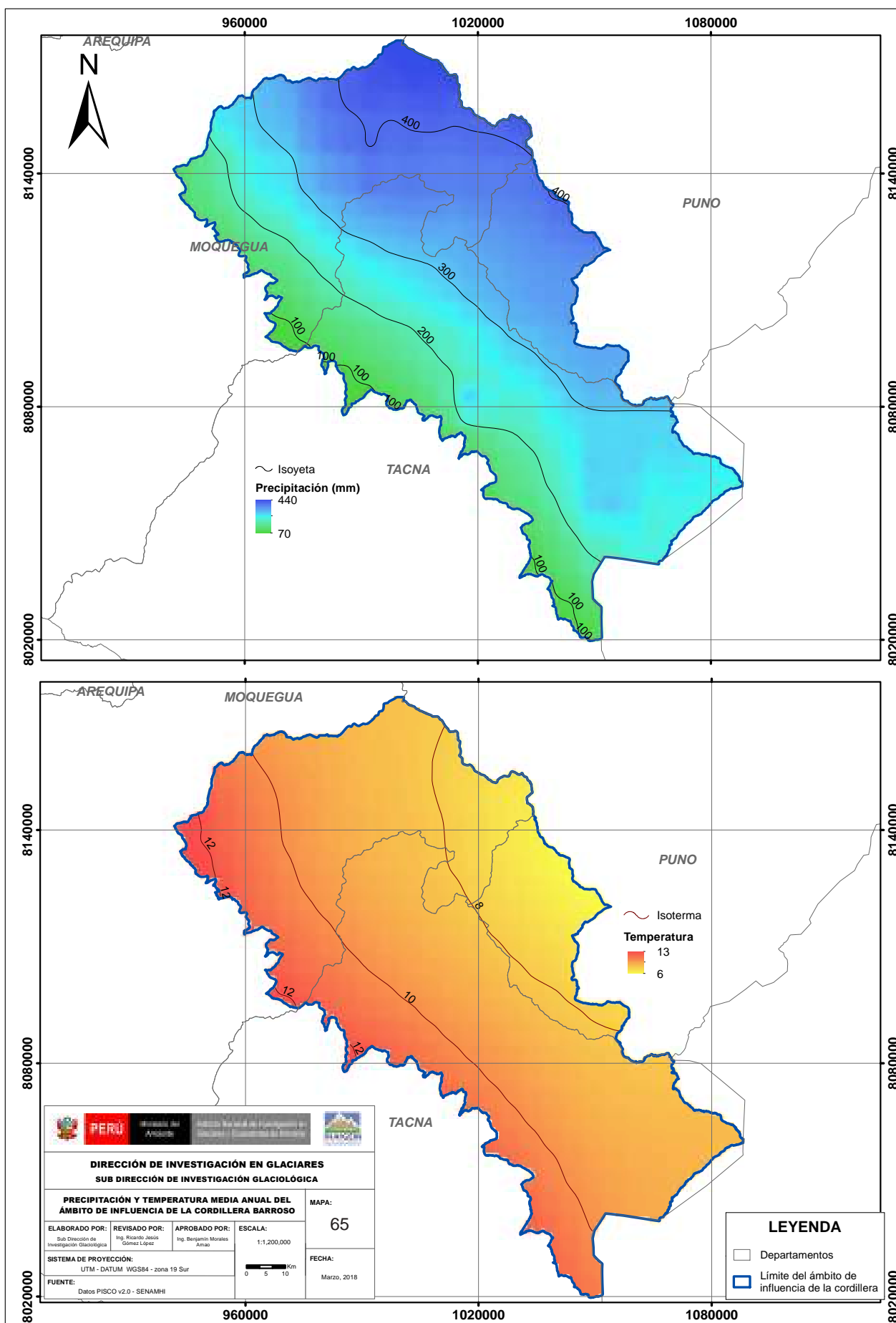
Tabla 51 Población de las provincias de la Cordillera Barroso

Años	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
MARISCAL NIETO (0.40*)	27413.2	27814.8	28193.6	28556	28907.6	29254.4	29592	29917.2	30235.2	30554.4	30881.2	31216	31556	31898	32240	32580
EL COLLAO (0.19*)	15619.71	15703.12	15782.92	15856.07	15920.48	15973.49	16012.44	16038.85	16057.66	16073.43	16090.53	16108.58	16124.35	16138.79	16152.09	16165.2
CANDARAVE (0.86*)	8151.94	8112.38	8065.08	8010.9	7948.98	7880.18	7801.92	7717.64	7628.2	7536.18	7442.44	7349.56	7254.1	7157.78	7060.6	6961.7
TACNA (0.13*)	31077.02	31863.39	32636.89	33394.53	34133.06	34849.75	35538.49	36200.97	36845.12	37479.78	38113.53	38745.72	39370.76	39989.04	40600.43	41205.32
TARATA (0.62*)	5336.96	5330.14	5317.74	5300.38	5277.44	5249.54	5216.68	5177.62	5135.46	5090.82	5045.56	4999.68	4951.94	4902.96	4853.36	4801.9
Total	87598.83	88823.83	89996.23	91117.88	92187.56	93207.36	94161.53	95052.28	95901.64	96734.61	97573.26	98419.54	99257.15	100086.57	100906.48	101714.12

Fuente: INEI. (*) Factor de incidencia territorial.



Mapa 64 . Ubicación geográfica del ámbito de influencia de la Cordillera Barroso



Mapa 65. Precipitación y temperatura del ámbito de influencia de la Cordillera Barroso





Esta cordillera tiene un gran potencial geotérmico para la generación de energía, a través de las fuentes termales Calientes y Botaderas en Tacna, y los proyectos geotérmicos de Tutupaca en Tacna y Pinaya en Moquegua (Claros, 2014).

Esta cordillera, juntamente con Volcánica, Ampato y Chila, forman parte del estratégico “eje volcánico del sur”, uno de los ejes geotérmicos más importantes del Perú (INGEMMET, 2012).

5.2.3.4.3. Agricultura y ganadería

La zona de influencia de la cordillera tiene como actividad económica principal a la agricultura y la ganadería, a continuación, una breve descripción por provincias:

En Candarave, la actividad agropecuaria constituía la fuente principal de ingresos económicos, sin embargo, en la actualidad se ha convertido en una fuente de subsistencia y sobrevivencia, que en su mayoría no logra satisfacer las necesidades de la población. Los diversos factores que hace que el rendimiento productivo no sea óptimo, son las heladas, escasez de agua, la contaminación y la degradación de los suelos. Durante la década de los noventa, ingresaron a formar parte de las actividades económicas de Candarave, la crianza de truchas, camélidos sudamericanos, así como la introducción de cultivos alternativos que les permitieron tener cierta rentabilidad (Chambi, 2006).

Por su parte, la principal actividad económica de la provincia de Tarata es la agricultura, complementada con la ganadería, destacando en la producción de orégano que no solo abastece el mercado local, sino que es exportado. Debido a lo montañoso del terreno, se han construido andenes en las laderas de las montañas para ampliar la frontera agrícola. Muchos de ellos fueron construidos en tiempos prehispánicos y aún siguen usándose (Tierra Inka, 2018). El maíz es uno de los principales cultivos de la sierra tacneña, se le encuentra principalmente en la región quechua, donde se dan las condiciones climáticas apropiadas para su crecimiento; existen numerosas variedades de maíz, que pueden diferenciarse por los colores de sus mazorcas.

Respecto al uso de la tierra según los datos del Censo Nacional Agropecuarios del 2012, aproximadamente el 49.13% de la superficie de la cordillera se encuentra en uso directo, en los porcentajes siguientes:

- Superficie con cultivos : 3.82%
- Superficie agrícola sin cultivo y va a ser sembrada : 1.12%
- Superficie agrícola sin cultivo y no va a ser sembrada : 1.07%
- Superficie agrícola en descanso : 0.45%
- Pastos naturales manejados : 1.58%

- Pastos naturales no manejados : 83.46%
- Montes y bosques : 0.87%
- Superficie dedicada a otros usos : 7.63%

La variable pastos naturales no manejados continúa teniendo una alta presencia con 69.24% (402,307 ha.), en comparación a los montes y bosques que muestran un porcentaje poco significativo de 4,23%.

5.2.3.4.4. Turismo y cultura

Tarata es considerado un corredor turístico, dentro del cual puede encontrarse diferentes lugares arqueológicos de gran interés. Uno de los sitios más interesantes es el camino Tarata-Ticaco, que es un camino inca, en el cual pueden encontrarse diferentes sistemas de andenerías; también está el mirador de Apachetas, formado por montículos de piedras que es construido por los pobladores en los caminos, desde el lugar se tiene una hermosa vista del fértil valle (Turismo, 2018).

Los petroglifos, grabados en roca que representan humanos, animales, figuras geométricas, escenas de caza e incluso figuras fantásticas, muestran antiguos testimonios de los primeros habitantes del territorio peruano; uno de los principales complejos de petroglifos es el de Miculla con cerca de 500 ejemplares; también se encuentran las famosas pinturas rupestres de la cueva de Toquepala. De otro lado, la antara o zampoña es un elemento cultural que se ha mantenido casi invariable en la cultura peruana desde tiempos inmemoriales, en la actualidad, es usado en Tacna, con una adaptación moderna que es el uso de aluminio en su construcción (Tierra Inka, 2018). Figura 31



Figura 31. Complejo Arqueológico de Miculla.
Fuente, Liza Hume

5.2.3.5. Inventario de la superficie glaciar

5.2.3.5.1. Antecedentes

Entre 1970 y 1989, se realizó el primer inventario de dieciocho cordilleras glaciares del Perú, (Hidrandina S.A., 1989), donde no se pudo determinar la cobertura glaciar de la Cordillera Barroso por falta de fotografías aéreas, ya que las disponibles del año 1955, no permitían definir las, por haber sido tomadas durante copiosas nevadas.

En 1997 se llevó a cabo el segundo inventario, el material básico de trabajo fueron las imágenes del satélite LANDSAT tomadas en el período 1995-1997, donde se inventarió dieciocho cordilleras sin considerar a la Cordillera Barroso (CONAM, 2001). Entre los años 2003 al 2014, se efectuó el tercer inventario de glaciares y lagunas realizado por la UGRH, donde tampoco se inventario datos sobre la Cordillera Barroso.

5.2.3.5.2. Descripción de la cordillera

En la actualidad la Cordillera Barroso no cuenta con glaciares, y los registros acerca de la extensión de estos es casi nula pues no se pudo realizar en los diferentes inventarios realizados por las instituciones, esto debido a la escasa información con la que se contaba.

Mediante una serie de imágenes satelitales históricas y aplicando un análisis multitemporal entre el periodo 1985 al 2017, se observó claramente que partir de 1988 ya no había cobertura glaciar. Figura 32.

La Cordillera Barroso sólo tiene cobertura de nieve estacional, lo que a veces se confunde con masa glaciar; y al igual que en el caso de la Cordillera Volcánica, eso se descarta comparando imágenes de entre octubre y diciembre, periodo donde el ámbito se encuentra completamente libre de nieve.

La temporada de nevadas, en el ámbito de la cordillera Barroso, se produce entre los 3,800 y 6,000 m s.n.m., y son muy importantes desde el punto de vista hidrológico ya que tienen un rol preponderante en la reserva de agua y la regulación de caudales de los ríos; pero a su vez, pueden causar graves daños en lugares poblados situados por encima de los 3,800 m s.n.m. afectando a las personas, la agricultura, la crianza de animales, etc. Los eventos nivales en el ámbito de la cordillera, representan fuentes de alimentación de los acuíferos y valles, así como riesgos para la zona sur del país; sin embargo, no se hacen registros ni mediciones y es por ello que para el INAIGEM constituye un punto de interés para empezar a generar un registro histórico de data que permita entender el rol de las nevadas en sus diferentes manifestaciones. Figura 33.

5.2.3.5.3. Descripción de las principales cumbres

En 1862, W. Church y un gobernador peruano realizan la primera exploración del volcán Yacumane también conocido como Candarave. Asimismo, se registraron también importantes trabajos por parte de los topógrafos del Instituto Geográfico Militar y el Interamerican Geodetic Survey de los EE. UU.

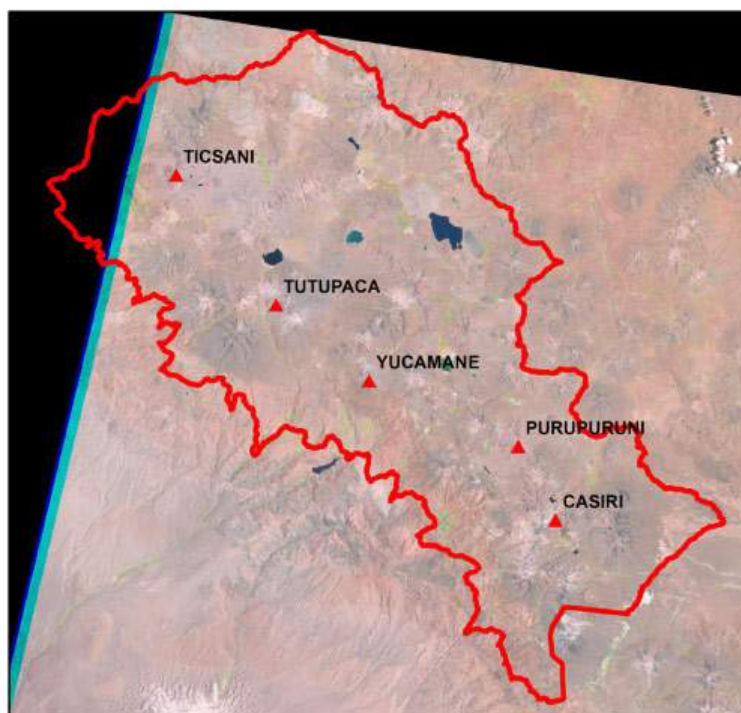


Figura 32. Imágenes landsat de 1988, muestra el ámbito de la cordillera Barroso libre de cobertura de masa glaciar.

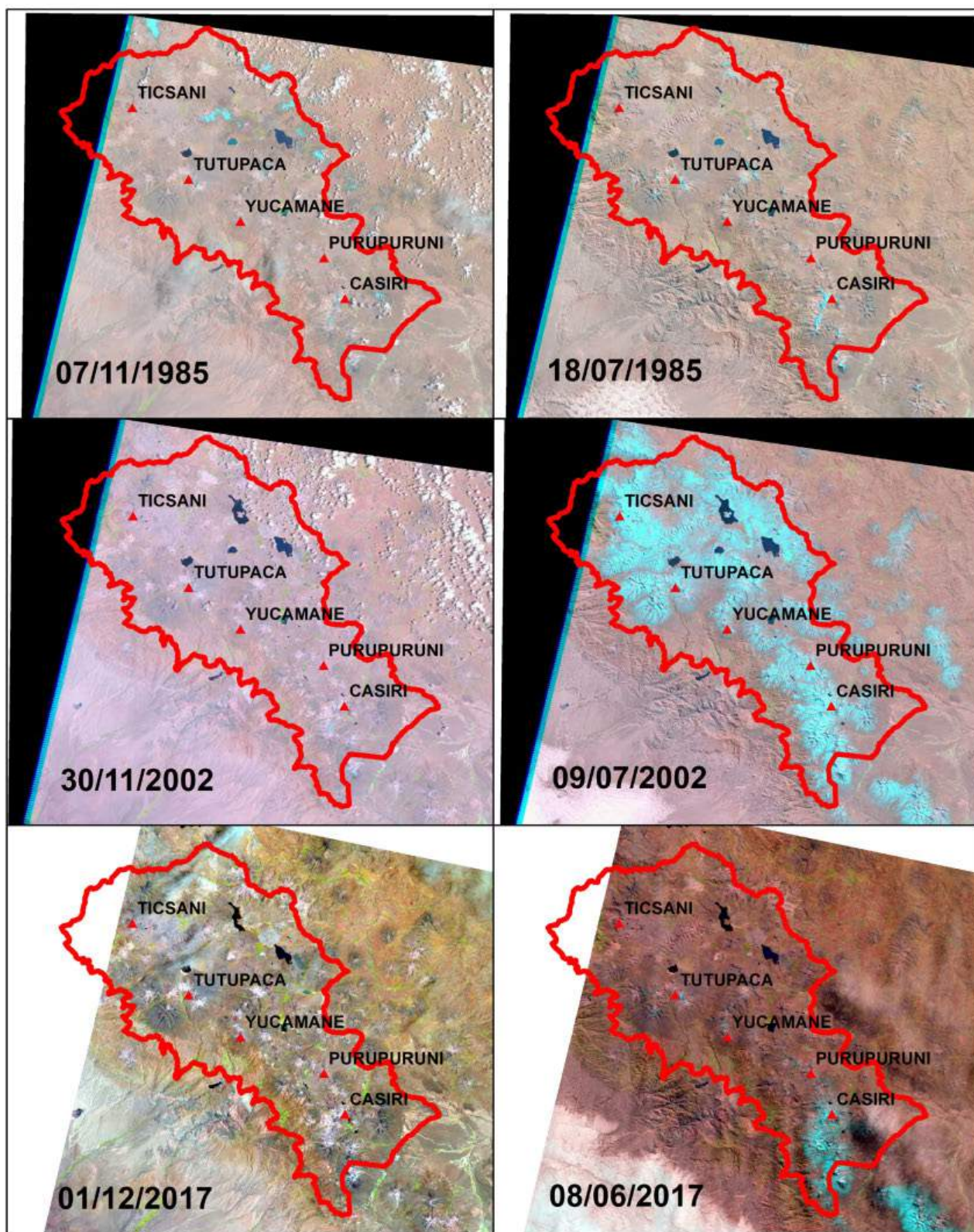


Figura 33. Análisis multitemporal de la cordillera Barroso mediante imágenes Landsat, donde se muestra los aportes de precipitaciones sólidas en forma de nevadas que muchas veces provocan confusión en que si aún hay masa glaciar. En la secuencia se observan periodos cuando el ámbito esta con cobertura nival y libre de nieve.

En 1933, el Cerro Pusnupullahua (5,209 m s.n.m.), fue ascendido por F.M. Guarderas y otros compañeros para realizar la hoja Tarata a una escala 1:200,000.

En 1955, Fritz Du Bois y otros compañeros, ascendieron el cerro Chila (5,327 m s.n.m.) para desarrollar la hoja Palca, ese mismo año la montaña Sopresane (5,215 m s.n.m.) fue ascendida por César Díaz y su equipo, para desarrollar la hoja Maure, ambas hojas a escala 1:100,000. (Morales C. , 2001).

En 1968, se realizó una expedición de la Universidad Innsbruck integrada por Raimund Heinzl, Wolfgang Axt, Bruno Klausbruckner, Bernard Saxinger, Franz Haelka y el peruano Carlos Neustadt, quienes ascendieron a 60 montañas de la cordillera, entre los que destacan: la cima de la montaña Barroso, Calachata, Estique, Talabaya, Murmuntana, Auquitapia, Paucarani, entre otros (Morales C. , Las Cordilleras del Perú, 2001).

Actualmente, las cimas más importantes de la cordillera son Acocauchane 5,508 m s.n.m., Barroso 5,695 m s.n.m., Achacollo 5,690 m s.n.m., Huancune 5,567 m s.n.m. y La Monja 5,569 m s.n.m. (Fotografía 119) (IGN, 2018).

Por su parte, los volcanes más importantes son Ticsani, Tutupaca (Fotografía 120), Yucamane (Fotografía 121), Purupurini y Casiri (INGEMMET, 1997).

5.2.3.5.4. Lagunas de origen glaciar

En las últimas décadas los glaciares de todo el mundo han experimentado un retroceso sin precedentes desde la máxima extensión de la Pequeña Edad de Hielo (LIA). Este retroceso favorece la formación y crecimiento de

lagunas glaciares (Guardamino, 2014); es así que en los Andes tropicales del Perú y en regiones adyacentes aguas abajo, la subsistencia humana está expuesta a fuertes cambios tanto en los patrones hidroclimáticos como en los socioeconómicos (Drenkhan, 2016), y al no contar con glaciares en la actualidad las reservas hídricas más importantes son las lagunas Vilacota, Tacjata, Ancoccota, Ñeque, Laycaccota, Pajotane, Iñuma, Condorpico, Paracota, etc.; todas ellas ubicadas sobre los 4,200 m s.n.m. (GR-Tacna, 2012).

Cerca de la frontera con Puno y hacia el este de la cadena volcánica, se ubica la laguna Vilacota (4,422 m s.n.m.) en el distrito de Susapaya, provincia de Candarave, cuyas aguas provienen del río Quilvire. Hacia el sureste se observa la proyección de una comunicación entre esta laguna y las lagunas de Ancoccota y Tacjata (GR-Tacna, 2012).

En la cuenca del río Caplina se encuentra la ciudad de Tacna, para su abastecimiento cuenta con fuentes superficiales y subterráneos; las fuentes superficiales son el sistema Uchusuma y Caplina, sin embargo, contienen altas concentraciones de minerales. Las fuentes subterráneas como Sobraya y Viñani abastecen a la población, cabe mencionar que se evidencia déficit de agua en esta parte del país, volviéndose severo en años secos.

El túnel Korive, permite derivar una parte de las aguas del río Ancoaque hacia la laguna de Aricota para la producción de electricidad y hacia la ciudad de Ite para el abastecimiento de agua potable y la irrigación de 7,000 ha de las Lomas de Sama-Ite. (Economistas, 2009)



Fotografía 119. La Monja con nieve escasa en su cima



Fotografía 120. El volcán Tutupaca con nieve escasa en su cima



Fotografía 121. El volcán Yucamani con nieve escasa en su cima

Resumen

- La cordillera no presenta cobertura glaciar, pero si hay grandes aportes de eventos nivales que muchas veces se confunde con masas glaciares; las precipitaciones sólidas (nieve o granizo) constituyen una fuente importante de aporte hídrico que se mantiene en corto tiempo regulando y abasteciendo la oferta hídrica en estos ámbitos. Mediante análisis multitemporal realizado en base a imágenes satelitales no se tiene un registro claro de cuando se extinguió la cobertura glaciar, pero para 1988 ya no existía, en imágenes de los años precedentes no se logra distinguir claramente, por lo que el año de extinción podría remontarse a años anteriores.
- En el área de influencia de la Cordillera Barroso vive una población emplazada en ciudades como Moquegua y Tacna; estas son vulnerables a la variabilidad climática que se presentan como condiciones atmosféricas extremas tales como la radiación, la sequedad del aire y la sequía.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. El efecto del cambio climático sobre las cordilleras glaciares peruanas ha seguido una trayectoria ascendente. A partir de mediados del siglo XIX, las cordilleras glaciares peruanas han seguido un proceso de reducción de sus superficies en forma constante, acrecentándose la pérdida de nuestras reservas sólidas de agua a partir de finales de la década del 70 del siglo XX. Hemos constatado la pérdida de dos importantes cordilleras glaciares ubicadas en el sur del país: La Cordillera Volcánica y la Cordillera del Barroso.

La reducción glaciaria por cordilleras evidencia que la Cordillera Chila, tiene una pérdida mayor al 98%. Tres cordilleras — Chonta, Huanzo, La Raya y La Viuda— tienen una pérdida mayor al 80%. Otras diez —Ampato, Apolobamba, Carabaya, Vilcabamba, Urubamba, Huaytapallana, Central, Raura, Huagoruncho y Huallanca— registran pérdidas mayores al 50%. Tan sólo las Cordilleras Blanca y Huayhuash registran valores debajo del 40%. La Cordillera Vilcanota, la segunda cordillera glaciaria más extensa del Perú, registra una pérdida de 48%.

Se recomienda tomar en cuenta las proyecciones de extinción, a fin de implementar las medidas de adaptación más convenientes para mitigar la reducción de los caudales de agua proveniente de las Cordilleras Glaciares.

2. Se está efectuando monitoreo de glaciares piloto en las cordilleras Blanca, Huallanca, Central, Vilcanota y Vilcabamba; y se iniciarán monitoreos en las cordilleras de Apolobamba y del Volcán Coropuna.

Se recomienda encontrar otros glaciares aparentes donde pueda efectuarse estos monitoreos.

3. En los estudios realizados sobre peligros de origen glaciario, se han encontrado 21 lagunas glaciares en peligro en la Cordillera Blanca que pueden ocasionar catástrofes de gran envergadura.

Se recomienda asignar los recursos financieros suficientes para la etapa de investigación y de ejecución, de las obras de prevención.

4. Las catástrofes de origen glaciario son ocasionadas por avalanchas de hielo provenientes de glaciares colgados cuya determinación requiere de investigaciones cuidadosas y de gran especialización.

Se recomienda el apoyo de una cooperación técnica con experiencia.

5. Entre la década de los años 60 al 2000 se efectuaron 35 obras de prevención que han cumplido eficientemente su papel.

Se recomienda se asigne un presupuesto adecuado para el mantenimiento y reparación de los diques de prevención a fin de que cumplan la función para las cuales fueron construidos.

6. Entre los años de las décadas de los 60 al 2000, el gobierno tenía un programa de Glaciología y Seguridad de Lagunas dependiente del sub sector de Energía del Ministerio de Energía y Minas que resolvió en forma eficaz la prevención de riesgos de origen glaciario, vaciando y construyendo 35 diques de seguridad en lagunas peligrosas de la Cordillera Blanca. A partir del año 2000 se eliminó la función de la ejecución de las obras de prevención, no existiendo hasta la fecha ningún organismo especializado que resuelva esta delicada situación.

La Cordillera Blanca, a nivel mundial, tiene el mayor récord de catástrofes de origen glaciario —32 eventos desde 1702 hasta la fecha— que causaron la destrucción de pueblos, tierras de cultivo e instalaciones diversas. Causaron además la muerte de miles de personas.

Se recomienda se forme un organismo semejante al que resolvió esta situación antes del año 2000.

7. Aún es incipiente el conocimiento sobre el impacto de los contaminantes atmosféricos en los glaciares de las cordilleras; sin embargo, estudios realizados en la criósfera global demuestran que las partículas absorbentes de luz (LAP), en especial el denominado carbono negro, tiene una influencia significativa en la reducción de la reflectividad de los glaciares, acelerando el proceso de fusión. Los glaciares más cercanos a ciudades altamente pobladas presentan mayor concentración de LAP a diferencia que los glaciares más lejanos.

Se recomienda efectuar estos estudios en glaciares que tengan a ciudades importantes en sus cercanías, a fin de implementar las medidas de adaptación más convenientes.

8. En general los glaciares de las cordilleras representan una fuente de diversos servicios eco-sistémicos, destacando el aporte de recurso hídrico para diversas actividades humanas; y por otro lado representa una fuente de ingreso para las comunidades que desarrollan actividades recreativas (turismo) en su

área de influencia. Sus paisajes y cobertura glaciar son motivo de admiración y estudio, ya que por su mayor vulnerabilidad a los cambios son buenos indicadores del cambio climático.

Se recomienda contrarrestar el cambio climático, a través de la reforestación con especies nativas, en el ámbito de influencia directa de las cordilleras, principalmente en las cabeceras de cuenca, para atenuar las concentraciones de CO² en nuestro ambiente y mermar el acelerado proceso de desglaciación; así mismo, la implementación de medidas de adaptación frente a los efectos inminentes del cambio climático.

Asimismo, se recomienda a los gobiernos locales y regionales declarar a los bosques como un recurso de importancia estratégica; tomar medidas de adaptación con base a los ecosistemas de montaña, con el carácter de URGENTE; y promover, a nivel local, regional, y nacional, la recuperación y conservación de los

ecosistemas de montaña, así como la protección de las cabeceras de cuenca con enfoque de paisaje.

9. En el nevado Riticucho de la Cordillera Apolobamba, se tiene la mina de oro de La Rinconada, donde se explota el mineral en galerías excavadas a través de la lengua glaciar. En este lugar trabajan aproximadamente 40,000 mineros que viven a más de 5,000 m s.n.m., y la explotación en su mayor parte es informal, causando graves problemas socioeconómicos y ambientales.

Así mismo en la montaña de los 7 colores ubicada en la Cordillera Vilcanota en Pitumarca, cuya formación geológica se ha convertido en un gran atractivo turístico, el ecosistema que la rodea está totalmente degradado, requiriendo una recuperación importante para que vuelva a ser fuente de recursos hídricos.

Se recomienda que el INAIGEM, en coordinación con el Gobierno Regional del Cusco, intervenga en la recuperación de sus ecosistemas.

GLOSARIO

Ablación.- Proceso de meteorización (erosión) producida sobre rocas o materiales por el movimiento de las masas glaciares, debido a su evaporación y fusión. Es solo uno de los procesos de erosión glacial. (Dávila Burga J., 1995).

Aborregado.- Fragmento rocoso cuya superficie ha sido sometida a un proceso de erosión glacial (abrasión), presentando la forma de un lomo de cordero (borrego). (Dávila Burga J., 1995).

Abrasión.- Acción de pulido de los materiales de la corteza terrestre, producida por los fragmentos en movimiento por el transporte ejercido por el agua, viento, hielo, etc. (Dávila Burga J., 1995).

Afanítica.- Es la textura de las rocas constituidas por minerales o partículas muy finos que sólo pueden ser discriminados al microscopio. Esta textura es característica de las rocas volcánicas.

Afloramiento.- Todo tipo de roca, mineral (filones, vetas), agua, etc. que se observa en la superficie terrestre.

Aglomerado.- Conjunto de fragmentos rocosos, heterogéneos en cuanto a forma, tamaño y composición, consolidados generalmente por materiales finos (arena, limo, arcilla).

Agradación.- Aumento de la elevación del terreno resultante del crecimiento y acumulación de Hielo de suelo o deposición de sedimentos (Trombott Liaudat, Wainstein, & Arenson, 2014).

Aluvión.- Desplazamiento violento de una gran masa de agua con mezcla de sedimentos de variada granulometría y bloques de roca de grandes dimensiones. Se desplazan con gran velocidad a través de quebradas o valles en pendiente, debido a la ruptura de diques naturales y/o artificiales o desembalse súbito de lagunas, o intensas precipitaciones en las partes altas de valles y quebradas (Mata, 2000).

Albedo.- Propiedad que tienen los cuerpos de reflejar la radiación que reciben. Esta magnitud tiene valores entre 0 y 1, siendo 1 el reflejo de toda la radiación y 0 la absorción total de la radiación. (IDEAM, 2011).

Análisis multitemporal.- La comparación de imágenes satelitales obtenidas a determinados intervalos de tiempo, permite estudiar fenómenos que implican una variación temporal, como por ejemplo, el retroceso de glaciares (INAIGEM, 2017).

Andesita.- Roca ígnea volcánica (intermedia) de textura afanítica o porfirítica, generalmente de color verde, pudiendo variar a rojizo y otros colores.

Anfibolita: Roca metamórfica ultrabásica con predominio de minerales de anfíbol, esencialmente hornblendas. Presenta colores oscuros.

Anticlinal.- Plegamiento en el cual las rocas estratificadas buzan en sentido contrario (divergen) a partir de un plano denominado axial.

Arcillita.- Roca sedimentaria clástica, se forman en depósitos lacustres, lagunares y marinos. Producto de la alteración de las rocas preexistentes.

Arco volcánico.- Alineamiento de volcanes que ocurren en los límites de placas tectónicas convergentes. Los arcos volcánicos se originan por magma producido en el proceso de subducción donde una placa tectónica es introduce bajo otra. Existen dos tipos de arcos volcánicos: los arcos volcánicos continentales y los arcos volcánicos insulares.

Área de ablación.- Es el área donde no hay acumulación de nieve y donde la superficie de hielo se ablaciona o derrite durante la mayor parte del año y constituye la pérdida de masa del glaciar expresada en equivalente de m³ de agua al año (Morales B. , 2013).

Área de acumulación.- Es el espacio geográfico superior del glaciar, donde la nieve que se precipita en un año, perdura y representa el aporte o alimentación de un glaciar que se expresa en m³ de agua al año (Morales B., 2013).

Arenisca.- Roca sedimentaria clástica, resultado de la consolidación y diagénesis de la acumulación de arena.

Areniscas arcósicas.- Arenisca que contienen menos del 90% de cuarzo y más porcentaje de feldespato que de fragmentos de roca. (Dávila Burga J., 1995).

Avalancha de hielo.- Es una masa grande de hielo y rocas que se desliza pendiente abajo en forma incontrolada (Morales B. , Vocabulario Tecnico en Investigación en Glaciares / INAIGEM, 2014).

Balance de masas.- Constituye el saldo final entre el volumen de la nieve en equivalente de agua depositado en la zona de acumulación menos el volumen de hielo que ha sido derretido en un año en equivalente en agua en la zona de ablación. (Morales B. , 2013).

Balance de energía.- Consiste en realizar el inventario de los flujos energéticos (radiactivos, conductivos y turbulentos) entre la interfaz glaciar / atmósfera (IDEAM, 2011).

Basamento rocoso.- La capa por debajo de la cual no se espera que existan yacimientos económicos. Normalmente corresponde a rocas ígneas o metamórficas deformadas. (Dávila Burga J., 1995).

Batimetría.- Con el propósito de conocer el volumen y morfología del fondo de las lagunas se utiliza un equipo de posicionamiento GPS y una ecosonda digital con recolección de datos. Con la ayuda de un bote, se emite la ecosonda y por rebote de ondas se determina las profundidades y volúmenes respectivos (Morales, 2014).

Batolito.- Es una estructura maciza de roca ígnea plutónica cuyo afloramiento en la superficie terrestre supera los 100 Km. de largo y 20 Km. de ancho (más de 2,000 Km²).

Beige.- Corresponde al color pardo o marrón claro, en sus distintas tonalidades.

Friable.- Que se desmenuza fácilmente. (RAE, 2018).

Bioclasticos.- Rocas sedimentarias fragmentadas, cuyos componentes son restos de materiales orgánicos, tales como los huesos, conchas calcáreas, foraminíferos, radiolarios, etc. (Dávila Burga J., 1995).

Bituminosa.- Roca o material que contiene bitumen. Ejem: pizarras bituminosas, carbón bituminoso, caliza bituminosa, etc. (Dávila Burga J., 1995)

Bofedal.- El bofedal llamados también “oconal” o “turbera” (del quechua oqo que significa mojado), constituye un ecosistema hidromórfico distribuido en la región altoandina, a partir de los 3800 m s.n.m. (MINAM, 2015).

Brechas.- Conjunto de fragmentos rocosos, heterogéneos en cuanto a forma, tamaño y composición, consolidados generalmente por materiales finos (arena, limo, arcilla). También pueden tratarse de fragmentos consolidados por una matriz volcánica. (Dávila Burga J., 1995).

Caliza.- Roca sedimentaria carbonatada, formada por la precipitación del carbonato de calcio, en las regiones batiales, y abisales de los fondos marinos. (Dávila Burga J., 1995).

Caliza Bioclástica.- Caliza que contiene sedimento bioclástico de escasa matriz, depositado en una plataforma marina poco profunda de aguas cálidas, durante el Cretácico inferior. Roca de grano fino a medio con abundantes bioclastos (foraminíferos bentónicos y Moluscos).

Caliza Espática.- Caliza con presencia de cristales visibles de calcita que se han formado como consecuencia de un proceso diagenético de recrystalización del primitivo sedimento carbonatado.

Caliza Fosilífera.- Caliza con alto contenido de restos orgánicos (fósiles) formados en los fondos oceánicos.

Caliza Micritica.- Caliza microcristalina de origen biogénico. (Dávila Burga J., 1995).

Carbón.- Sustancia natural compacta, combustible de color negro, producto de la descomposición de la materia vegetal, en algunos casos bajo la influencia del aumento de presión y temperatura.

Cardonal.- Terreno poblado de cardones. (RAE, 2018)

Cenozoica.- Era que transcurre desde 65 millones de años atrás hasta nuestro presente. Esta se divide en los periodos de Cuaternario y Terciario que a su vez se dividen en épocas (Rojas Vilches, 2008).

Circo glaciar.- Depresiones circulares o semielípticas, encerradas entre fuertes pendientes y generadas por el peso de una masa glaciar sobre la roca (IDEAM, 2011).

Clastos.- Fragmento de roca. Se le clasifica de acuerdo al tamaño en: bloques, cantos, arenas, limos y arcillas. (Dávila Burga J., 1995).

Coladas de lava. Manto de lava fluida, emitido por un volcán durante sus erupciones, compuestas de rocas magmáticas, efusivas, básicas, con minerales esenciales, plagioclasa, piroxenos y feldespatoideos, accesorios: anfíboles, sodalita, biotita y otros

Colina.- Término usado para señalar pequeñas elevaciones de terreno con pendientes suaves.

Conglomerado.- Roca sedimentaria compuesta de cantos rodados. Se forman en las cuencas aluvionales, fluvio-glaciales, grandes conos aluviales, áreas próximas a los litorales y en las márgenes de los ríos.

Cordillera.- Término de uso internacional que se aplica en geomorfología a una cadena montañosa extensa o a dos o más, paralelas, con las que se asocian valles, cuencas, planicies, mesetas, etc. (Lugo, 2011).

Cretáceo.- Es el período más reciente de la Era Mesozoica, con una duración de aproximadamente 80 M.A., suprayace a los estratos del Jurásico e infrayace a los del Paleoceno (base del Terciario o Cenozoico) (Dávila Burga J., 1995).

Cuarzomonzonita.- Roca ígnea intrusiva que contiene plagioclasa cálcica (oligoclasa) y feldespato potásico (ortosa) en montos equivalentes, de color rosado. (Dávila Burga J., 1995).

Cuaternario.- Último periodo de la era Cenozoica de la escala geocronológica y último de la historia de la tierra, mismo que transcurre actualmente. Inició hace 1.7 millones de años (Lugo, 2011).

Cuenca.- Estructura geológica cóncava. Depresión de la tierra donde se realiza la sedimentación.

Cuenca glaciar.- Es un espacio geográfico que encierra la superficie donde se encuentra un glaciar o no que fue formado por la erosión del cuerpo glaciar y concentra todas las aguas que drenan de ella (Morales B. , 2013).

Cúpula.- (Domo): Estructura geológica convexa, de forma de una semiesfera, dando lugar a una montaña redondeada, producto de la erosión de rocas masivas generalmente graníticas.

Cúpula volcánica.- (Cono volcánico). Cono formado por las acumulaciones de materiales expelidos por los volcanes. Los materiales pueden ser lávicos o piroclásticos (cenizas, lapilli, bombas, lavas, tufos, etc.). El material se encuentra en capas (pseudo estratificado) cuya pendiente se encuentra en función de la topografía del cono en el momento de la erupción.

Curva de Nivel.- Línea imaginaria que une en forma continua todos los puntos del terreno que poseen una misma cota, también se puede definir como la intersección de un plano horizontal imaginario, de cota definida, con el terreno (Zamaripa, 2010).

Dacita.- Roca ígnea volcánica, ácida, equivalente de la granodiorita, tiene textura afanítica.

Deflexión.- Cambio brusco de rumbo de los plegamientos debido a los esfuerzos tectónicos. (Dávila Burga J., 1995)

Deglaciación.- Proceso de deshielo, fusión y extinción de los glaciares; se produce por un incremento de la temperatura media del aire y el consecuente cambio climático (Lugo, 2011).

Denudación.- Trabajo gliptogenético de devastación de las rocas de la superficie terrestre, realizado por los diversos agentes de erosión. Los terrenos sedimentarios formados por los materiales detríticos son la mejor prueba de la destrucción de las rocas pre-existentes. La destrucción de las formas del relieve más saliente por el efecto conjugado de los diversos agentes erosivos. (Dávila Burga J., 1995)

Depósito Aluvial.- Suelen ubicarse en quebradas y superficies topográficas amplias. Tienen un espesor más apreciable y conforman terrazas más desarrolladas especialmente en los márgenes de valles fluviales.

Depósito Coluvial.- Material fragmentario transportado y acumulado por acción de la gravedad, tienen apariencia

de conos o pequeños abanicos los que no cuentan con un espesor importante ya que corresponden a acumulaciones locales sin mucho transporte.

Depósito Fluvial.- Están constituidos por sedimentos que se acumulan a partir de la actividad de los ríos y los procesos de deslizamiento.

Depósito Fluvioglacial.- Materiales acumulados debido al trabajo realizado en forma combinada por el proceso fluvial y el proceso glaciar; los materiales conformantes de estos depósitos son heterogéneos en cuanto a la forma y al tamaño, mayormente con bloques redondeados de dimensiones diversas, cementados por materiales finos dando lugar a los conglomerados.

Deslizamiento.- Movimiento lento de una masa de material sobre otra, ambas separadas por un plano de fricción; su constitución puede ser de suelo, derrubios o roca. La porción que desliza es un bloque que mantiene sus características originales, no se encuentra saturado de agua, a diferencia de lo que ocurre en el plano de fricción, y puede fragmentarse en bloques menores (A. A. Collin, 1846 como se citó en Lugo, 2011).

Detritus.- Partículas o fragmentos desagregados de otras rocas. (Dávila Burga J., 1995).

Diorita.- roca ígnea plutónica de textura granular constituida por plagioclasas y ferromagnesianos, contiene cuarzo hasta 5%.

Divisoria continental de aguas.- Línea que separa cuencas hidrográficas de dos océanos, por ejemplo, en el continente Americano las vertientes del Pacífico y del Atlántico (Lugo, 2011).

Dolomias.- Roca sedimentaria carbonatada que contiene carbonato de calcio y magnesio, más resistente que la calcita (CO_3)₂MgCa. Cristaliza en el sistema romboédrico. (Dávila Burga J., 1995).

Domo.- Estructura geológica de forma de una semiesfera, dando lugar a una montaña redondeada, producto de la erosión de rocas masivas.

Drenaje.- Trazo efectuado por las aguas de escorrentía o fluviales que modelan el paisaje.

Erosión: Destrucción de los materiales de la corteza terrestre por acción de los procesos geológicos. Tiende a nivelar la superficie de la corteza terrestre, las salientes y las montañas se desgastan, disminuyendo sus dimensiones.

Escala.- En cartografía, la relación entre la distancia en un mapa y la correspondiente en la superficie terrestre (Naciones Unidas, 2000).

Esquisto.- Producto del metamorfismo de las rocas volcánicas de textura afanítica o de las rocas sedimentarias de grano fino. Generalmente presentan estructuras bandeadas.

Esquistos micáceos.- Esquisto de alto grado de metamorfismo, contiene micas (muscovita) y nódulos calcáreos y silíceos.

Estratovolcán.- Depósitos de conos volcánicos cuyas lavas muestran una pseudo estratificación bien marcada.

Facies calcáreas.- Indica un ambiente sedimentario el cual contiene sedimentos y asociaciones carbonatadas principalmente.

Falla.- Desplazamiento de un bloque rocoso con respecto a otro. Son producto de esfuerzos tectónicos. Una falla ocasiona discontinuidad de las estructuras geológicas.

Filitas.- Producto del metamorfismo intenso de las arcillas y lutitas.

Filitas.- Roca metamórfica producto del metamorfismo intenso de las arcillas y lutitas. (Dávila Burga J., 1995)

Fotografía aérea.- La fotografía es un sistema de percepción remota que utiliza la reflexión natural del sol, obtenidas desde un avión o un satélite, presentan variaciones de tono, textura, forma y patrones que corresponden a diferencias en rasgos y estructuras en la superficie (INAIGEM, 2017).

Fósil.- Resto o vestigio de seres vivos que dejaron sus huellas en las rocas de la corteza terrestre. Los fósiles constituyen la base fundamental para la determinación de la edad de las rocas donde se encuentran.

Franjas metalogénicas.- Zonificación idealizada de los depósitos geológicos con mineralización donde se generaliza la asociación de minerales con valor económico.

Frente glaciar.- Extremo altitudinalmente inferior del glaciar (IDEAM, 2011).

Fusión.- Proceso por el cual un sólido cambia de fase a estado líquido (IDEAM, 2011).

Geodinámica.- Proceso que ocasiona modificaciones en la superficie terrestre por acción de los esfuerzos tectónicos internos (geodinámica interna) o esfuerzos externos (geodinámica externa) (INDECI, 2014).

Geotecnia.- Ciencia que estudia los procesos geodinámicos externos y la aplicación de los métodos ingenieriles para su control con el objeto de que los efectos destructivos de estos procesos sean mínimos.

Geotérmico (Gradiente): Es el incremento de temperatura en el interior de la tierra por acción de las presiones litostáticas (baja, media y alta presión).

Glaciación.- Proceso geológico de formación de glaciares en una determinada región y en diversas épocas de la historia de la tierra.

Glaciar.- Es un cuerpo constituido de hielo y nieve ubicado en las cabeceras de cuenca que tiene un movimiento por efecto de la gravedad, cuya superficie tiende a disminuir por efectos de la fusión de su masa debido a las altas temperaturas (Morales B. , 2013).

Glaciar colgado.- Una masa glaciar que se encuentra adherido a las cumbres de los glaciares o sobre pendientes muy pronunciadas y que significan peligros glaciológicos (Morales B. , Vocabulario Tecnico en Investigación en Glaciares / INAIGEM, 2014).

Glaciar cubierto.- En los flancos de algunos glaciares con talud pronunciados se tiene se tiene un activo proceso de meteorización que produce desprendimientos de rocas que caen y cubren la parte marginal de los glaciares y que por la potencia del recubrimiento de rocas y detritos lo protegen de la fusión glaciar convirtiéndolo en glaciares cubiertos, llamados también glaciares negros (Morales B. , 2013).

Glaciarete (Circo Glaciar): Valle profundo circular o subcircular formado por la erosión y arranque glaciar, acumulación de nieve y formación de glaciares.

Gneis.- Roca metamórfica producto de la recrystalización de las rocas ígneas sedimentarias o de las mismas metamórficas. Presenta textura bandeada.

Granito.- Roca ígnea plutónica, ácida. Formada principalmente por cuarzo, feldespato, plagioclasa y mica. Textura fanerítica.

Granodiorita.- Roca ígnea plutónica, textura fanerítica o granular.

Granodiorita.- Roca ígnea plutónica, textura fanerítica o granular. Minerales esenciales: cuarzo, feldespato, predominio de las plagioclasas sobre la ortosa y ferromagnesianos. (Dávila Burga J., 1995).

Grauvaca.- Denominación dada a la arenisca constituida por partículas de cuarzo, feldespatos, micas y a veces fragmentos de esquistos argilosos, de color oscuro y endurecida.

Hipabisales (roca).- Roca ígnea formada a una profundidad intermedia entre las plutónicas o abisales y las efusivas o volcánicas. Su textura es porfirítica y su ocurrencia es en filones, diques, etc. (Dávila Burga J., 1995).

Holocénica.- Período geológico que corresponde al Cuaternario superior, también se le denomina Reciente; es el último período de la columna geológica, período post-glacial.

Huayco.- Descensos violentos de grandes masas de lodo, barro y fragmentos rocosos de diferentes dimensiones debido a la saturación con agua de estos materiales sueltos en superficies más o menos inclinadas.

Ignimbritas.- Tobas incandescentes, reconsolidadas en el lugar por efecto de la plasticidad de los minerales y por la acción de los gases.

Inundación.- Acción de cubrir el agua una superficie, por ascenso del nivel de una corriente fluvial, lago o mar. Puede ser un proceso periódico, como el que ocurre en una planicie de inundación, o esporádico (Lugo, 2011).

Intrusión.- Penetración de rocas ígneas plutónicas o volcánicas entre rocas pre-existentes.

Jurasico.- Es el período geológico comprendido entre el Triásico y el Cretácico, correspondiente a la Era Mesozoica. (Dávila Burga J., 1995).

Lahares.- depósitos de flujo volcánico-glaciario poco consolidado.

Lapilli.- Material piroclástico (piro = fuego, caliente, clastos = fragmentos) lanzados por los volcanes eruptivos. El tamaño de los fragmentos es de 5 mm. a 5 cm., su forma puede ser angulosa o redondeada. Los lapilli aparecen en los conos volcánicos conjuntamente con cenizas, bloques y bombas. (Dávila Burga J., 1995)

Latita.- Roca ígnea volcánica de transición entre la andesita y la traquita, las plagioclasas (andesita y labrador) y la sanidina son abundantes. (Dávila Burga J., 1995).

Latitud.- La “coordenada y” de un sistema de coordenadas polares en una esfera. Se mide como la distancia angular en grados al norte o sur del Ecuador. También se denomina paralelo (Naciones Unidas, 2000).

Lava.- Material rocoso fluido que sale de un volcán o de una fisura de la corteza terrestre y que corre o se desliza sobre la superficie.

Lengua glaciar.- Es la superficie de un glaciar dentro de la cuenca glaciar, que tiene la forma de un lengua (Morales B., 2013).

Limolita.- Roca compuesta por fragmentos de limo, consolidados y diagenizados. Es de origen sedimentario, clástico.

Línea de equilibrio.- Es el espacio que separa al glaciar en dos partes, la zona de acumulación en el tramo superior

y la zona de ablación en su tramo inferior, teniendo una cota variable de acuerdo a las condiciones climáticas, como resultado las pérdidas de masas anuales varían con esta línea (Morales B., 2013).

Lodolitas.- Roca formada por la consolidación de partículas finas, arcillas de color gris oscuro, a veces verdoso.

Longitud.- La “coordenada x” de un sistema de coordenadas polares en una esfera; se mide como la distancia angular en grados al este u oeste del meridiano de Greenwich (Naciones Unidas, 2000).

Lutita.- Roca formada por la consolidación de partículas muy finas (arcillas).

Macizo rocoso.- Es el conjunto de los bloques de matriz rocosa y de discontinuidades.

Margas.- Es una roca calcárea compuesta por minerales de calcita y arcilla.

Matorral.- Formación vegetal caracterizada por la presencia de arbustos (Ñique Álvarez, 2018).

Meridional.- Punto cardinal más conocido como Sur o también Austral.

Meseta.- Superficie topográfica acentuadamente plana y que se halla bastante elevada con respecto a los terrenos aledaños.

Metamorfización.- Es el proceso de metamorfismo que ha ocurrido para alterar o modificar la estructura de los minerales de la roca pre-existente.

Meteorización.- Conjunto de factores externos que intervienen sobre una roca produciendo alteraciones mecánicas y químicas.

Micasquistos.- Producto del metamorfismo de las rocas ígneas volcánicas con alto contenido de micas, cuarzo y feldespatos o de otras rocas sedimentarias que contienen estos minerales.

Mineralización.- Proceso mediante el cual los minerales son introducidos en la roca, dando como resultado la formación de yacimientos minerales de rendimiento económico.

Modelo Digital de Elevación.- Representación digital de la topografía de la tierra. Permiten que la altura sea adicionada a una imagen, ofrece imágenes con efecto tridimensional (INAIGEM, 2017).

Montaña.- Elevación natural de la superficie terrestre con respecto a las porciones contiguas. En español se aplica el término en forma amplia, en general, para designar

desde elevaciones mayores que lomas, hasta colinas de más de 200-300 m sobre su base (Lugo, 2011).

Monitoreo.- Observación, medición, y evaluación estandarizada, continua o frecuente, de fenómenos medioambientales utilizadas para control y prevención (WMO, 2012).

Monzogranítico.- Roca ígnea intrusiva compacta no foliada de color blanco con tonalidades anaranjadas y rosáceas, presenta textura granoblástica; se encuentra formada por cristales de plagioclasas, y feldespatos potásicos, además de blastos de cuarzo con minerales ferromagnesianos. Presenta débil magnetismo. (Dávila Burga J., 1995).

Morfogénesis.- Es el estudio del origen, desarrollo y evolución de las formas de los paisajes terrestres.

Morrenas.- Son acumulaciones de detritos que el glaciar tritura en su recorrido pendiente abajo y que los acumula en el frente glaciar y en sus flancos, denominándose morrena frontal, morrena lateral, morrena de fondo o morrena media (Morales B. , 2013).

Movimiento glaciar.- Desplazamiento por efecto de la carga de nieve anual que tiene en la zona de acumulación, por gravedad de la constitución de su masa como un cuerpo semiplástico y por la pendiente misma del subsuelo, y que tiene un movimiento continuo cuya velocidad es diferente de acuerdo a su posición, potencia glaciar y altura (Morales B. , 2017).

Morfogénesis.- Origen de las formas del relieve o superficie terrestre, por procesos endógenos y exógenos, y su historia de desarrollo (Lugo, 2011).

Nevado.- Denominación que se da a una montaña cubierta de nieve y hielo de la cual se generan diversos glaciares que bajan a través de sus diferentes flancos (Morales B. , 2013).

Nieve.- Precipitación sólida compuesta de cristales de hielo entrelazados, con espacios ocupados por el agua líquida y aire (IDEAM, 2011).

Nódulo.- Concreciones que se forman en las rocas sedimentarias por acumulación de ciertas sustancias. Adquieren formas características tales como lentejas, riñones, bolas, etc.

Nódulos de chert.- Nódulos de 5 a 30 cm. de diámetro, algunas veces fosilíferos. (Dávila Burga J., 1995).

Pajonal altoandino.- Este tipo de cobertura vegetal está conformado mayormente por herbazales ubicado en la porción superior de la cordillera de los andes, aproximadamente entre 3,800 y 4,800 m. s. n. m. Se desarrolla sobre terrenos que van desde casi planos como

en las altiplanicies hasta empinados o escarpado, en las depresiones y fondo de valles glaciares (MINAM, 2015).

Palozaico.- Era comprendida entre el Pre cambriano infrayacente y el Mesozoico suprayacente. Se le denomina también Era Primaria. Los límites son la Revolución Kilarney en el piso y la Revolución Apalachiana en el techo. El Paleozoico tuvo una duración de 300 millones de años y comenzó hace 500 millones de años. (Dávila Burga J., 1995).

Peligro.- Probabilidad de que un fenómeno, potencialmente dañino, de origen natural o inducido por la acción humana, se presente en un lugar específico, con una cierta intensidad y en un período de tiempo y frecuencia definidos (CENEPRED, 2015).

Pelita.- Roca criptocristalina de origen sedimentario, clástico, formado por partículas muy finas, arcillas, lodos, fangos, etc.

Peneplanización.- Conjunto de procesos geológicos donde predominan la erosión-sedimentación que tiende a regularizar las asperezas o salientes de una superficie topográfica y rellenar las depresiones.

Pequeña edad de hielo.- Estadio o corto periodo frío, responsable del avance glaciar más reciente a nivel mundial. Ocurrió, aproximadamente, entre los años 1600 y 1850 (IDEAM, 2011).

Petroglifos.- Es una grabación sobre roca o algún fragmento rocoso en donde los hombres prehistóricos realizaron diseños y escrituras. Ejemplos: cuevas de Altamira (España), cuevas de Toquepala (Perú).

Permafrost.- Suelo que permanece congelado más de un año, descongelándose en superficie (de algunos decímetros a algunos metros) durante la estación cálida. Cuando contiene una cierta cantidad de hielo, una masa de escombros puede deformarse en masa y fluir formando un glaciar rocoso o glaciar de escombros. (Francou, et al., 2013).

Pirita.- De color amarillo limón, duro, pesado y muy frágil, opaco con brillo metálico, al golpearse produce chispas. Es común en rocas plutónicas, volcánicas, sedimentarias y metamórficas. Conocida como "oro de los tontos".

Piroclástica.- Roca resultante de la consolidación de los materiales volcánicos extruidos (piroclásticos), tales como: cenizas, lapillis, bombas, bloques, etc. También se le conoce como tufos volcánicos. Piro = fuego, caliente, clasto = fragmento.

Pizarra.- Producto del metamorfismo dinámico regional de las argilitas y lutitas. Se caracteriza por su alta

resistencia a los esfuerzos perpendiculares a los planos de exfoliación o clivaje.

Placa tectónica.- Son bloques en los cuales está dividido el globo terrestre, unos de mayores dimensiones que otros y que se hallan sujetos a movimientos de acercamiento y alejamiento y que se encuentran separados y/o unidos por límites.

Planicie.- Extensión de terreno más o menos plana donde los procesos de agradación superan a los de degradación.

Plegamiento.- Deformación de las rocas estratificadas, debido a los esfuerzos de compresión, a las propiedades plásticas de éstas, tomando formas onduladas.

Pleistocénica.- Período de la Era Cuaternaria, transcurrido entre el Plioceno, último período del Cenozoico o Terciario infrayacente y el Holoceno o Presente suprayacente.

Plutón.- Afloramiento de roca ígnea, plutónica o volcánica de extensiones menores que el batolito.

Polimíctico.- Roca sedimentaria derivada de varios tipos de rocas, es decir que los depósitos provienen de dos o más fuentes.

Pórfido.- Roca ígnea con minerales desarrollados.

Precámbrico.- Período geológico o Era desarrollada antes del Cámbrico, primer período de la Era Paleozoica. Es una Era bastante prolongada, dependiendo de los criterios de cada geólogo, se cree que haya tenido una duración de 1,500 millones de años, donde el desarrollo de la vida es muy primitiva, no se ha encontrado fósiles en ninguno de los afloramientos rocosos de esta época. (Dávila Burga J., 1995).

Pradera.- Ambiente que incluye una gran variedad de comunidades vegetales; algunas relacionadas con la sabana, otras con los desiertos y aun con los bosques caducifolios. Las praderas pasan gradualmente a desierto a medida que se acercan al ecuador. (Ñique Álvarez, 2018).

Quebrada.- Designación local a los valles glaciares de la Cordillera Blanca (Morales B. , Vocabulario Técnico en Investigación en Glaciares / INAIGEM, 2014).

Radiancia.- Total de energía radiada por unidad de superficie y por ángulo sólido de medida (INAIGEM, 2017).

Reflectancia.- Porcentaje de radiación incidente que es reflejada por una superficie plana (INAIGEM, 2017).

Regulación hídrica.- Atenuación de las variaciones del caudal de un curso de agua como resultado del

almacenamiento. (Organización Meteorológica Mundial, 2012).

Relicto.- Especies que se desarrollaron normalmente en otras épocas, con escasa o muy localizada representación actual. (Ñique Álvarez, 2018).

Resolución espacial.- Medida de la capacidad de un sensor remoto para discriminar un valor de información respecto de los adyacentes. Suele expresarse en líneas por milímetros o bien por las dimensiones del área de campo de visión instantánea (Univeridad de Alicante, 2018).

Retroceso glaciar.- Por efectos del incremento de las temperaturas producido por los cambios climáticos globales y otros factores antrópicos, los glaciares en todo el mundo están en un franco proceso de recesión, expresado nítidamente por el retroceso de los frentes glaciares (Morales B. , 2013).

Riesgo.- Es la probabilidad de que la población y sus medios de vida sufran daños y pérdidas a consecuencia de su condición de vulnerabilidad y el impacto de un peligro (CENEPRED, 2015).

Riesgos de los glaciares.- Por el movimiento continuo de los glaciares y dependiendo de su posición y masa glaciar pueden ocasionar catástrofes graves como el caso de los aluviones de lagunas glaciares vaciadas por avalanchas de hielo (Morales B. , 2017).

Riodacita.- Roca ígnea volcánica intermedia entre riolita y dacita.

Roca Ígnea.- Roca formada a partir de la consolidación del magma (rocas intrusivas y volcánicas).

Roca Sedimentaria.- roca formada por la consolidación y litificación de materiales originados a partir de una roca pre existente.

Roca Metamórfica.- Roca resultante de las transformaciones ocurridas en los minerales y en rocas pre-existentes, por acción del proceso de metamorfismo.

Rumbo.- Dirección que sigue la línea de intersección formada entre el plano horizontal y el plano del estrato o estructura geológica, con respecto al norte o al sur.

Septentrional.- Punto cardinal más conocido como Norte o también boreal.

Sienogranito.- Roca ígnea plutónica compacta no foliada de color gris clara a parda amarillenta. Presenta textura fanerítica de grano medio. Está conformada por plagioclasa, feldespato potásico, cuarzo y minerales ferromagnesianos, reemplazados por cloritas. Presenta mineralización diseminada de piritita y patinas de óxidos de hierro. Tiene baja densidad y magnetismo débil.

Sinclinal.- Es un pliegue de tipo cóncavo que generalmente forma una depresión sobre la cual se ubican los valles subsecuentes.

Sistemas de Información Geográfica (SIG).- Programas informáticos que proporcionan herramientas para el procesamiento, gestión, análisis y representación de datos con una componente cartográfica (INAIGEM, 2017).

Sobreescurrecimientos.- Falla inversa de bajo ángulo donde una formación más antigua sobreyace sobre una formación más joven.

Stocks.- Estructura geológica masiva de material magmático, generalmente plutónico, cuyo afloramiento en la superficie terrestre abarca extensiones mayores de 10 km² y menores de 100 km².

Suprayacente.- Material (estrato o roca) que reposa sobre otro material. (Dávila Burga J., 1995)

Tefras.- Depósito volcánico clástico. Es un fragmento de sólido de material expulsado por el volcán.

Teledetección.- Técnica mediante la cual se obtiene información sobre la superficie de la tierra, a través de análisis de datos adquiridos por un sensor o dispositivo situado a cierta distancia, apoyándose en medidas de energía electromagnética reflejadas o emitidas (INAIGEM, 2017).

Textura Afanítica.- Textura de las rocas constituidas por minerales o partículas muy finos que sólo pueden ser discriminados al microscopio.

Textura Porfirítica.- Minerales desarrollados sobresalientes dentro de una masa fina microgranular.

Toba.- Roca ígnea volcánica, producto de la consolidación de los materiales piroclásticos con material sedimentario. Contiene muchos poros.

Tonalita.- Roca ígnea plutónica intermedia, minerales esenciales: plagioclasas, cuarzo (menos de 10%), anfíboles, biotita. Se usa como roca ornamental.

Traquiandesitas.- Roca ígnea volcánica, intermedia entre traquita y andesita.

Traquidacitas.- Roca ígnea volcánica intermedia entre traquita y dacita.

Travertinos.- Roca sedimentaria calcárea, formada por las precipitaciones de carbonato de calcio, encontrándose en un grado mayor de consolidación y diagénesis, por lo tanto es menos porosa.

Tundra.- Bioma de llanos sin árboles de las regiones árticas septentrionales y de las altas cimas de las montañas alpinas. Pradera casi esteparia de las regiones subpolares. (Ñique Álvarez, 2018).

Trópicos externos.- Cercano del Ecuador. (Francou, et al., 2013).

Trópicos internos.- Más cercano al trópico. (Francou, et al., 2013).

Tufo.- Rocas ígneas volcánicas compuestas principalmente de ceniza volcánica compactada y arena (partículas de menos de 0,16 pulgadas [4 mm] de diámetro). (Geología Online, 2017).

Valle.- Depresión de los terrenos de forma longitudinal, de muchos kilómetros de extensión y sobre cuyos fondos (lechos fluviales) discurren los ríos.

Valle glaciar.- Valle que muestra la acción de la erosión glaciar en su superficie y que puede o no tener glaciares en su parte superior (Morales B. , 2017).

Vector.- Modelo de datos de un SIG basado en entidades u objetos geométricos definidos por las coordenadas de sus nodos y vértices (INAIGEM, 2017).

Vulnerabilidad.- Es la susceptibilidad de la población, la estructura física o las actividades socioeconómicas, de sufrir daños por acción de un peligro. La vulnerabilidad puede ser explicada por tres factores: Exposición, Fragilidad y Resiliencia. Se expresa en términos de 0 a 1 (CENEPRED, 2015).

Yeso.- Mineral sedimentario, es incoloro, transparente, blanco gris amarillento. Dureza 2 en escala de Mohs, ligero, no elástico (Dávila Burga, 2011).

BIBLIOGRAFÍA

- Abarca Fernández, C. (1980). Viraco, la leyenda de Coropuna. Arequipa: CONCYTEC.
- Acosta, J. E. (2017). Mapa metalogenético del Perú. Lima: INGEMMET.
- Ames, A., & Francou, B. (1995). Cordillera Blanca: glaciares en la historia. Bull. Inst. fr. études andines, 24(1), 37-64.
- ANA. UGRH (2010). Memoria Anual 2010: Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos. Huaraz: Autoridad Nacional del Agua. Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos.
- ANA. UGRH (2014). Inventario de lagunas glaciares del Perú. Huaraz: Autoridad Nacional del Agua. Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos.
- ANA. UGRH (2017). Informe de lagunas en la Cordillera Blanca que presentan grado de riesgo. Lima: Autoridad Nacional del Agua. Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos.
- ANA.UGRH (2016). Batimetría de la laguna Palcacocha. Huaraz: Autoridad Nacional del Agua. Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos.
- Andrés, N., Palacios, D., Úbeda, J., & Alcalá, J. (2011). Ground thermal conditions at Chachani volcano, southern Peru. *Geografiska Annaler*, 93(3), 151-162.
- Avendaño, M. I. (2016). Hacia una agenda agraria en Arequipa. Recuperado de <http://minagri.gob.pe/portal/download/pdf/p-agraria/presentacion-arequipa.pdf>
- BCRP (15 y 16 de Julio de 2016). Encuentro económico: Informe económico y social región Arequipa. Arequipa: Banco Central de Reserva del Perú.
- Bernal, I., & Tavera, H. (2002). Geodinámica, sismicidad y energía sísmica en el Perú. Lima: Instituto Geofísico del Perú.
- Bernex, N., & Tejada, M. (2010). Cambio climático, retroceso glaciar y gestión integrada de los recursos hídricos. Lima: Global Water Partnership. South America.
- Berrahmouni, N., Parfondry, M., Regato, P., & Sarre, A. (2015). La restauración de bosques y paisajes degradados en tierras secas: directrices y el camino a seguir. *Unasylva. Revista Internacional de Silvicultura e Industrias Forestales*, 245(66), 37-43.
- Berrocal, J., Deza, E., & Shikiya, J. (1975). Estudio de sismicidad para el proyecto de derivación del río Mantaro a Lima: Informe del Instituto Geofísico del Perú. Lima: Electroperu S.A.
- Borchers, P. (1935). Die weisse Kordillere. Berlin: Verlag Scherl.
- Cardich, A. (1982). Origen del hombre y de la cultura andina. En Juan Mejía Baca, *Historia del Perú*. Lima: Juan Mejía Baca.
- Carey, Mark (2010). Glaciares, cambio climático y desastres naturales: ciencia y sociedad en el Perú. Lima: Instituto Francés de Estudios Andinos, Instituto de Estudios Peruanos.
- CCIA (Agosto de 2015). Informe de Coyuntura de la Cámara de Comercio e Industria de Arequipa.
- CENAGRO (2012). IV Censo Nacional Agropecuario. Recuperado de <https://proyectos.inei.gob.pe/CenagroWeb/#>
- CENEPRED (2015). Manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales. Lima: Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres.
- Chambi, D. (17 de Mayo de 2006). Candarave: el patio trasero de la región Tacna. Recuperado de <https://jvsdavid.wordpress.com/2006/05/17/candarave-el-patio-trasero-de-la-region-tacna/>
- Chávez Chávez, J. A. (2001). Investigaciones arqueológicas de alta montaña en el sur del Perú. *SciELO*. doi: 10.4067/S0717-73562001000200014.
- Claros Pacheco, A. (2014). Situación de la energía geotérmica en el Perú. Recuperado de https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:IIAmOE1h2hoJ:https://www.geothermal-energy.org/publications_and_services/latin_america_gateway.html%3Fno_cache%3D1%26cid%3D1076%26did%3D845%26sechash%3De046d0d4+&cd=5&hl=es-419&ct=clnk&gl=pe
- Cochachin, A., Huggel, C., Salazar, C. & Torres, J. (2012). Eventos ocurridos en el departamento de Ancash. Huaraz: ANA.
- Colonia, D., Torres, J., Haeberli, W., Schauwecker, S., Braendle, E., Giraldez, C., & Cochachin, A. (2017). Compiling an inventory of glacier-bed overdeepenings and potential new lakes in de-glaciating areas of the peruvian Andes: approach, first results, and perspectives for adaptation to Climate Change. *water Article*, 9(336).

Coloquio Internacional (2012). Paleoclimatic and glaciological evidence of regional climate change = Evidencia paleo-climática y glaciológica del cambio climático. *Anales Instituto Patagonia*, 40(1), 31-37.

CONAM (2001). Comunicación Nacional del Perú a la Convención de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Primera comunicación. Lima: Consejo Nacional del Ambiente.

CooperAcción (2017). Reporte de evolución de concesiones mineras. Segundo semestre 2017. Recuperado de <http://cooperaccion.org.pe/informes/reporte-de-evolucion-de-concesiones-mineras-segundo-semestre-2017/>

Dávila Burga, J. (2011). Diccionario Geológico. Lima: UNI.

DDC - Cusco (2015). Parque Arqueológico de Choquequirao. Recuperado de <https://web.archive.org/web/20151004105933/http://www.drc-cusco.gob.pe/index.php/parque-arq-choquequirao>

Dolores, S., Ames, A. & Valverde, A. (1980). Estudios glaciológicos realizados en los glaciares Broggi, Uruashraju, Yanamarey, Santa Rosa y otros: 1979-1980. Huaraz: INGEMMET.

Dollfus, O. (1974). La cordillera de los Andes: presentación de los problemas geomorfológicos. *Boletín del Instituto Francés de Estudios Andino*, 3(2), 1-36.

Dozier, J. (1989). Spectral signature of alpine snow cover from the Landsat Thematic Mapper. *Remote Sensing of Environment*, 28, 9-22. doi: 10.1016/0034-4257(89)90101-6.

Drenkhan, F. (2016). En la sombra del cambio global: hacia una gestión integrada y adaptativa de recursos hídricos en los Andes del Perú. *Espacio y Desarrollo*(28), 25-51. doi:doi.org/10.18800

Enock, C. (1904). Una excursión trasandina. Lima: Sociedad Geográfica de Lima.

ENPERÚ. (2018). Conjunto Arqueológico de Sayhuite. Recuperado de <http://www.enperu.org/conjunto-arqueologico-de-sayhuite-piedra-de-sayhuite-complejo-arqueologico-de-sayhuite.html>

Farfán, C. (2000). La ocupación Inca en Cantamarca. *Arqueología y Sociedad*, 13, 173 - 198.

Flanner, M., Zender, C., Randerson, J., & Rasch, P. (2007). Present day climate forcing and response from black carbon in snow. *Journal of Geophysical Research*, 112, 1-17. doi:doi:10.1029/2006JD008003

Francou, B., Rabatel, A., Soruco, A., Sicart, J., Silvestre, E., Ginot, P., . . . Mendoza, J. (2013). Glaciares de los

Andes Tropicales víctimas del Cambio Climático. Comunidad Andina, PRAA, IRD.

Geología Online. (06 de abril de 2017). Tufo: definición, imágenes. Recuperado de <http://geologiaonline.com/tufo-definicion-imagenes/>

Gilford, M.; Vojtesak, M.; Bonam, R.; Martens, D. (1992). South America South of the Amazon River a Climatological Study. Illinois: USAF.

GR-Tacna (2012). Plan maestro área de conservación regional Vilacota Maure. Tacna: Gobierno Regional de Tacna.

Guardamino, L. Y. (2014). Análisis de la evolución de las lagunas de alta montaña en la cordillera del Vilcabamba (Cusco y Apurímac) entre los años 1991-2014, mediante métodos de sensoramiento remoto y SIG [Tesis de licenciatura]. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.

Hidrandina S.A. (1989). Inventario de glaciares del Perú. Huaraz: CONCYTEC.

Holdsworth, G. (1968). Notas glaciológicas sobre la Cordillera Blanca. *Revista Peruana de Andinismo y Glaciología*, (8), 64-66.

Ibarra, A. B. (31 de Octubre de 2010). Proyecto Arqueológico Huari - Ancash. Recuperado de <http://arqueologiadeancash.blogspot.pe/2010/10/arte-rupestre-de-la-provincia-de-huari.html>

IGN (9 de Mayo de 2018). GEOVISOR - SNCP. Recuperado de <http://www.idep.gob.pe/flexviewers/SNCP/>

INAIGEM (2016a). Diagnóstico de la situación actual de la Cordillera Chila. Huaraz: Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña.

INAIGEM (2016b). Diagnóstico de la situación actual en la Cordillera Huanzo. Huaraz: Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña.

INAIGEM (2016c). Diagnóstico de la situación actual en la Cordillera La Raya. Huaraz: Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña.

INAIGEM (2017a). Expedición científica al Huascarán [Nota técnica 1]. Huaraz: Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña.

INAIGEM (2017b). Manual metodológico del inventario nacional de glaciares. Huaraz: Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña.

INAIGEM (Enero de 2018). Sistema Nacional de Información Ambiental. Recuperado de <http://sinia.>

minam.gob.pe/novedades/inaigem-culmino-sistema-piloto-monitoreo-tiempo-real-laguna-palcacocha

INDECI (2014). Plan Nacional de Prevención y Atención de Desastres. Lima: Instituto Nacional de Defensa Civil.

INEI (1999). Compendio Estadístico: Perú. Recuperado de <http://proyectos.inei.gob.pe/web/biblioineipub/bancopub/Est/Lib0412/cap06.htm>

INEI (2011). Compendio departamental de Arequipa. Lima: Instituto Nacional de Estadística e Informática.

INEI (2018). Población 2000 al 2015. Recuperado de <http://proyectos.inei.gob.pe/web/poblacion/>

INGEMMET (1968). Geología del cuadrángulo de Huancayo. [Boletín N° 018, Serie A: Carta Geológica Nacional]. Lima: Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico.

INGEMMET (1973). Geología de los cuadrángulos de Barranca, Ambar, Oyón, Huacho, Huaral y Canta [Boletín N° 026, Serie A: Carta Geológica Nacional]. Lima: Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico.

INGEMMET (1992). Geología de los cuadrángulos de Lima, Lurín, Chancay y Chosica. [Boletín N° 043, Serie A: Carta Geológica Nacional]. Lima: Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico.

INGEMMET (1993). Geología de los cuadrángulos de Mala, Lunahuaná, Tupe, Conayca, Chinchá, Tantará y Castrovirreyna. [Boletín N° 044, Serie A: Carta Geológica Nacional]. Lima: Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico.

INGEMMET (1994). Geología de los cuadrángulos de Chuquibamba y Cotahuasi. [Boletín N° 050, Serie A: Carta Geológica Nacional]. Lima: Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico.

INGEMMET (1994). Geología de los cuadrángulos de Santiago de Chocorvos y Paras. [Boletín N° 049, Serie A: Carta Geológica Nacional]. Lima: Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico.

INGEMMET (1995a). Geología de los cuadrángulos de Pallasca, Tayabamba, Corongo, Pomabamba, Carhuaz y Huari. [Boletín N° 060, Serie A: Carta Geológica Nacional]. Lima: Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico.

INGEMMET (1995b). Geología del Perú. [Boletín N° 055, Serie A: Carta Geológica Nacional]. Lima: Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico.

INGEMMET (1995c). Mapa Metalogenético del Perú. Lima: Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico.

INGEMMET (1996a). Geología de los cuadrángulos de Aguaytía, Pano y Pozuzo. [Boletín N° 080, Serie A: Carta Geológica Nacional]. Lima: Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico.

INGEMMET (1996d). Geología de los cuadrángulos de Huaraz, Recuay, La Unión, Chiquián y Yanahuanca. [Boletín N° 076, Serie A: Carta Geológica Nacional]. Lima: Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico.

INGEMMET (1996e). Geología del cuadrángulo de Macusani. [Boletín N° 079, Serie A: Carta Geológica Nacional]. Lima: Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico.

INGEMMET (1996f). Geología de los cuadrángulos de Putina y La Rinconada. [Boletín N° 066, Serie A: Carta Geológica Nacional]. Lima: Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico.

INGEMMET (1996g). Geología de los cuadrángulos de Sandía y San Ignacio. [Boletín N° 082, Serie A: Carta Geológica Nacional]. Lima: Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico.

INGEMMET (1997). Inventario de volcanes del Perú. Lima: Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico.

INGEMMET (1998). Geología de los cuadrángulos de los ríos Pinquén, Pilcopata y Chontachaca. [Boletín N° 116, Serie A: Carta Geológica Nacional]. Lima: Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico.

INGEMMET (1999). Geología de los cuadrángulos de Quillabamba y Machu Picchu. [Boletín N° 127, Serie A: Carta Geológica Nacional]. Lima: Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico.

INGEMMET (2003). Levantamiento geológico integrado del Sur del Perú. Revisión. [Boletín N° 042, Serie A: Carta Geológica Nacional]. Lima: Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico.

INGEMMET (2016). Evaluación del riesgo volcánico en el Sur del Perú: situación de la vigilancia actual y requerimientos de monitoreo en el futuro. Lima: Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico.

INGEMMET (22 de Enero de 2012). La energía geotérmica. Recuperado de <http://sl.q4cdn.com/340776418/files/Peru/PT205.pdf>

INGEOMIN (1978). Reconocimiento geológico y glaciológico de las lagunas ubicadas alrededor de la Cordillera Puagjanca. Huaraz: Instituto de Geología y Minería.

INRENA (2003). Inspección de glaciares: Cordillera Blanca. Huaraz: Instituto Nacional de Recursos Naturales.

- Kaser, G. (1999). A review of modern fluctuations of tropical glaciers. *Global and Planetary Change*, 22(1-4), 93-103.
- Kaser, G., & Osmaston, H. (2002). *Tropical glaciers*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Kauffmann Doig, F. (2005). *Machu Picchu: tesoro inca*. Lima: Cartolan.
- Kinzl, H. (194?). *Los glaciares de la Cordillera Blanca*. Lima: UNMSM. Facultad de Ciencias Biológicas, Físicas y Matemáticas. pp. 417-440.—[Extracto de la Revista de Ciencias. Año 153. N° 432).
- Kinzl, H., & Schneider, E. (1950). *Cordillera Blanca (Peru)*. Innsbruck: Tiroler Graphik Innsbruck.
- Kinzl, H. & Scheneider, E. (1957). *La Cordillera de Huayhuash*. Revista del Instituto de Geografía de la UNMSM, (4), 36-53.
- Kogan, G., & Leininger, N. (1952). *Cordillère Blanche: expedition Franco-belge a la Cordillere des Andes (1951)*. Grenoble: Arthaud.
- Larmer, B. (Enero de 2009). *The real price of gold*. Recuperado de <https://www.nationalgeographic.com/magazine/2009/01/gold/>
- Lavado, W., Fernandez, C., Vega, F., Caycho, T., Endara, S., Huerta, A., & Obando, O. (2016). *PISCO: Peruvian interpolated data of the SENAMI's climatological and hydrological observations. Precipitación v1.0*. Lima: SENAMHI.
- Lliboutry, L. (1977). Glaciological problems set by the control of dangerous lakes in Cordillera Blanca, Perú. II. Movement of a covered glacier embedded within a rock glacier. *Journal of Glaciology*, 18(79), 255-272.
- Lliboutry, L., Morales Arnao, B., Pautre, A. & Schneider, B. (1977). Glaciological problems set by the control of dangerous lakes in Cordillera Blanca, Perú. I. Historical failures of morainic dams, their causes and prevention. *Journal of Glaciology*, 18(79), 239-254.
- Macedo, O., Taipe, E., Del Carpio, J., Ticona, J., Ramos, D., Puma, N., . . . Machacca, R. (2016). *Evaluación del riesgo volcánico en el sur del Perú: situación de la vigilancia actual y requerimientos de monitoreo futuro*. Arequipa: IGP; INGEMMET; Universidad Nacional San Agustín.
- Mata, A. (2000). *Metodología para la identificación, clasificación y cuantificación de los impactos ambientales de los desastres naturales*. Santiago de Chile: CEPAL.
- MEM (2016). *Anuario ejecutivo de electricidad*. Lima: Ministerio de Energía y Minas.
- MEM (2018). *Ministerio de Energía y Minas: Estadísticas*. Recuperado de http://www.minem.gob.pe/_estadisticaSector.php?idSector=1
- MINAM (2014). *Informe Nacional del Estado del Ambiente 2012-2013*. Lima: Ministerio del Ambiente.
- MINAM (2015). *Mapa nacional de cobertura vegetal: memoria descriptiva*. Lima: Ministerio del Ambiente.
- MINAM. (2017). *GEOREVIDOR MINAM*. Obtenido de <http://geoservidor.minam.gob.pe/intro/geoservicios/intercambio-de-base-de-datos-12.html>.
- MINCETUR (2008). *Memoria anual 2007*. Lima: Ministerio de Comercio Exterior y Turismo.
- MINCETUR (2017). *Estadística de turismo*. Recuperado de <http://datosturismo.mincetur.gob.pe/apdatosTurismo/Content2.html>
- MINCETUR (2018). *Mapa de recursos turísticos y emprendimientos de turismo rural comunitario*. Recuperado de <http://sigmincetur.mincetur.gob.pe/>
- MINCETUR (2018). *Tramo Xauxa Pachacámac*. Recuperado de <https://www.peru.travel/es-lat/sobre-peru/patrimonio-mundial/qhapaq-nan/tramo-lima.aspx>
- Morales Arnao, B. (1969). *Perforaciones en los glaciares de la Cordillera Blanca*. Revista Peruana de Andinismo y Glaciología, 8, 103-110. Lima.
- Morales Arnao, B. (1997). *Cordillera Huagoruncho: sus glaciares y recursos hídricos*. Lima: Consult Control S.A.
- Morales Arnao, B. (1998). *Glaciers of Peru*. H.S. Geological Survey Professional Paper 1386-I-4, 151-179. Washington: United States Government Printing Office.
- Morales Arnao, B. (1999). *Estudios de vulnerabilidad de recursos hídricos de alta montaña en el Perú*. Lima: Consejo Nacional del Ambiente.
- Morales Arnao, B. (2008). *Estudio glaciológico del flanco occidental de la Cordillera Huallanca en su flanco occidental*. Lima: Compañía Minera MILPO S.A.A.
- Morales Arnao, B. (2015). *Investigaciones glaciológicas en los glaciares de Chaupijanca y Pastoruri*. Boletín de la Sociedad Geografía de Lima, 126, 139-204.
- Morales Arnao, B. (2017). *Vocabulario técnico de investigación en glaciares*. Huaraz: INAIGEM.
- Morales Arnao, C. (1964). *Los andes peruanos tienen 20 cordilleras del Perú*. Separata de la Revista Peruana de Andinismo, 6.

- Morales Arnao, C. (2001). Las cordilleras del Perú. Lima: Banco Central de Reserva del Perú. Universidad San Martín de Porres.
- ONU (2000). Manual de sistemas de información geográfica y cartografía digital. Nueva York: Naciones Unidas. Departamento de Asuntos Económicos y Sociales. División de Estadística.
- Organización Meteorológica Mundial (2012). Glosario hidrológico internacional. Ginebra: UNESCO ; OMM.
- Osinermin (2011). Descripción virtual de la Central Hidroeléctrica Charcani V. Arequipa: Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería.
- Osinermin (2017). Supervisión de inversión en electricidad - Central Hidroeléctrica San Gabán III. Lima: Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería.
- Osinermin (2018). Electricidad. Recuperado de <http://www.osinermin.gob.pe/empresas/electricidad/proyectos/publicaciones>
- PAIPB (1998). Diagnóstico regional integrado del Programa de Acción Integrado Peruano-boliviano. Recuperado de <https://www.oas.org/dsd/publications/Unit/oea81s/ch12.htm#1.%20Recursos%20Naturales>
- Peck, A. (1912). A search for the apex of Americas; High mountain climbing in Peru and Bolivia. Londres: T. Fischer Unwin.
- Protzen, P. (2014). Arquitectura y construcción incas en Ollantaytambo. Lima: Fondo Editorial PUCP.
- Racoviteanu, A., Manley, W., Anaud, Y., & Williams, M. (2007). Evaluating digital elevation models for glaciologic applications: An example from Nevado Coropuna, Peruvian Andes. *Global and Planetary Change*, 59 (1-4), 110 – 125.
- Raimondi, A. (1873). El departamento de Ancash y sus riquezas minerales. Lima: Enrique Meiggs; Imprenta "El Nacional".
- Rodbell, D., Smith, J., & Mark, B. (2009). Glaciation in the Andes during the Lateglacial and Holocene. *Quaternary Science Reviews*, 28(21-22), 2165-2212.
- Rojas Vilches, O. (2008). Tiempo geológico. Concepción, Chile: Universidad de Concepción.
- Sabogal, C., Besacier, C. & McGuire, D. (2015). Restauración de bosques y paisajes: conceptos. Unasylva - FAO, 245(66). Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-i5212s.pdf>
- Santillán, N. (2009). Retroceso glaciario, calentamiento global y riesgos naturales. *El Agro*, 10, 19-21.
- SEAL (2017). Plan estratégico de la Sociedad Eléctrica del Sur 2017-2021. Arequipa: Sociedad Eléctrica de Arequipa Ltda.
- SENAMHI (1988). Mapa de clasificación climática del Perú. Método de Thornthwaite. Lima: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú.
- SENAMHI (2018). Estudio de la frecuencia de nevadas en el Perú. Lima: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú.
- Silva Sifuentes, J. (2000). Origen de las civilizaciones andinas. En T. H. Martínez, Historia del Perú. Lima: Lexus Editores.
- Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía (2018). Los Minerales. Recuperado de <http://www.snmpe.org.pe/mineria/publicaciones-del-sector-minero/los-minerales.html>
- Tello, J. C. (1960). Chavín, cultura matriz de la civilización andina. Primera parte, volumen II. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Thompson, L. (1980). Glaciological Investigation of the Tropical Quelccaya Ice Cap, Perú. *Journal of Glaciology*, 25(91), 69-84.
- Thompson, L., Hastenrath, S., & Morales, B. (1979). Climatic ice core records from the tropical Quelccaya ice cap. *Science*, 203(4386), 1240-1243.
- Thompson, L., Mosley-Thompson, E. & Morales, B. (1984). El Niño: Southern Oscillation events recorded in the stratigraphy of the tropical Quelccaya ice cap Peru. *Science*, 226(4670), 50-53.
- Trombetta Liaudat, D., Wainstein, P. & Arenson, L. (2014). Guía terminológica de la geocriología sudamericana. Buenos Aires: Fundación de Historia Natural.
- Úbeda, J. (23 de Agosto de 2014). CRYOPERU. Recuperado de <https://cryoperu.pe/2014/08/23/estratovolcanes-chachani-y-misti/>
- UNESCO (15 de Diciembre de 2014). Andean cosmovision of the Kallawaya. Recuperado de <https://ich.unesco.org/en/RL/andean-cosmovision-of-the-kallawaya-00048>
- UNESCO (2011). Patrimonio Cultural Inmaterial: la peregrinación al santuario del Señor de Qoylluriti. Recuperado de <https://ich.unesco.org/es/RL/la-peregrinacion-al-santuario-del-senor-de-qoylluriti-00567>

United States Geological Survey Professional Paper (1998). Satellite Image Atlas of Glaciers of the World - South America, 1386-I. Washington: U.S. Department of the Interior.

Valencia, A. & Gibaja, A. (1992). Machu Picchu: la investigación y conservación del monumento arqueológico después de Hiram Bingham. Cusco: Municipalidad del Qosqo.

Vega Roca, J. (30 de Octubre de 2012). Arqueología del Perú. Recuperado de <https://www.arqueologiadelperu.com/ocupaciones-prehispanicas-en-las-cuencas-de-paucartambo-y-quiparacra-huachon-y-la-region-de-pasco-peru/>

com/ocupaciones-prehispanicas-en-las-cuencas-de-paucartambo-y-quiparacra-huachon-y-la-region-de-pasco-peru/

WMO (2012). Glosario hidrológico internacional. Switzerland: World Meteorological Organization. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.

Zamaripa, M. (2010). Apuntes de topografía. Madrid: Facultad de Estudios Superiores Aclatan.



Jr. Juan Bautista Mejía 887 - Huaraz, Ancash, Perú
Av. Del Pinar 134 Oficina N° 804 - Surco, Lima, Perú.
Fundo Kayra - Distrito de San Jerónimo, Cusco, Perú

Teléfonos: (043) 22-1766 / (01) 288-3477
www.inaigem.gob.pe