



**PERÚ**

Ministerio  
del Ambiente

Instituto Nacional de Investigación  
en Glaciares y Ecosistemas de Montaña



“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

## **MINISTERIO DEL AMBIENTE**

**INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN EN GLACIARES Y**

**ECOSISTEMAS DE MONTAÑA – INAIGEM**

**DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN EN GLACIARES**

**SUBDIRECCIÓN DE RIESGOS ASOCIADOS A GLACIARES**

**INVESTIGACIÓN PARA LA ELABORACIÓN DEL MAPA DE  
PELIGROS, REDUCCIÓN DEL RIESGO Y LA ADAPTACIÓN AL  
CAMBIO CLIMÁTICO EN AMBIENTES DE SUBCUENCAS  
GLACIARES DEL PERÚ.**

**SUBCUENCA DEL RÍO QUILLCAY, HUARAZ, ANCASH.**



*Huaraz, Abril 2018*

**CONTENIDO**

RESUMEN EJECUTIVO .....	9
1. GENERALIDADES .....	9
1.1. Introducción .....	9
1.2. Antecedentes.....	9
1.3. Ubicación.....	10
1.3.1. Geográfica.....	10
1.3.2. Política .....	11
1.3.3. Hidrográfica.....	12
1.4. Accesibilidad .....	13
1.5. Objetivos.....	13
1.5.1. Generales.....	13
1.5.2. Específicos.....	14
1.6. Justificación .....	14
1.7. Metodología .....	15
1.7.1. Fase I - Pre Campo .....	16
1.7.1.1 Definición del Objetivo y Alcance del Estudio .....	16
1.7.1.2 Recopilación y Análisis de la Información Existente .....	16
1.7.1.3 Elaboración del Plan de Trabajo .....	16
1.7.2. Fase II - Campo.....	16
1.7.2.1 Recolección de información In situ .....	16
1.7.3. Fase III – Gabinete .....	17
1.7.4. Fase IV – Informe Final.....	19
2. ASPECTOS GEOLÓGICOS .....	20
2.1. Introducción .....	20
2.2. Geología Regional .....	20
2.2.1. <i>Unidades Geológicas</i> .....	20
2.2.1. Unidades Geológicas .....	24
2.2.1.1 Formación Chicama (Js-ch) .....	24
2.2.1.2 Grupo Calipuy (PN_vca).....	32
2.2.1.3 Rocas Intrusivas del Batolito de la Cordillera Blanca.....	34
2.2.1.4 Depósitos Cuaternarios .....	42



- 2.2.1.4.1 Depósitos Glaciáricos (Q-gl) ..... 42
- 2.2.1.4.2 Depósitos Lacustrinos (Q-la) ..... 44
- 2.2.1.4.3 Depósitos Fluvioglaciares (Q-fg) ..... 46
- 2.2.1.4.4 Depósitos Fluviales (Q-fl) ..... 47
- 2.2.1.4.5 Depósitos Coluviales (Q-co) ..... 48
- 2.2.1.4.6 Depósitos Aluviales (Q-al) ..... 50
- 2.2.1.4.7 Depósitos Aluvionales (Q-alv) ..... 52
- 2.2.1.4.8 Hipabisal - Pórfido Andesítico (Ns-pa) ..... 53
- 2.3 Geología Histórica ..... 54
- 2.3.1 Evolución Paleo geográfica ..... 54
- 2.3.2 Jurásico Superior (Fase Nevadiana) ..... 54
- 2.3.3 Mioceno–Plioceno (Fase Quechua) ..... 54
- 2.3.4 Holoceno (Cuaternario Reciente) ..... 55
- 2.3.5 Glaciaciones ..... 55
- 2.4 Geodinámica Interna ..... 62
- 2.4.1 Tectónica ..... 62
- 2.4.1.1 Geología Estructural ..... 62
- 2.4.1.2 Zonificación Estructural ..... 63
- 2.4.2 Neotectónica ..... 63
- 2.4.3 Sismología ..... 63
- 3 ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS ..... 65
- 3.1 Introducción ..... 65
- 3.2 Geomorfología Regional ..... 65
- 3.2.1 Relieve Montañoso ..... 65
- 3.2.2 Relieve Colinoso ..... 65
- 3.3 Geomorfogénesis de la subcuenca ..... 66
- 3.4 Unidades geomorfológicas ..... 66
- 3.5 Zonificación de Pendientes ..... 75
- 3.6 Zonificación Altitudinal (Planimétrico) ..... 81
- 3.7 Geodinámica Externa ..... 83
- 3.7.1 Principales Procesos Geodinámicos ..... 83
- 3.7.1.1 Derrumbes ..... 83
- 3.7.1.2 Caída de rocas y detritos ..... 83
- 3.7.1.3 Flujo de detritos ..... 84



3.7.1.4	Avalanchas de hielo: .....	85
3.7.1.5	Erosión en Cárcavas.....	85
4	ASPECTOS GEOTÉCNICOS.....	87
4.1	Introducción .....	87
4.2	Características Geotécnicas Generales.....	87
4.2.1	Caracterización Geotécnica.....	87
4.2.1.1	Basamento Rocoso .....	87
4.2.1.2	Suelos.....	89
4.3	Unidades Geotécnicas.....	90
5	ASPECTOS AMBIENTALES .....	92
5.1	Clima .....	92
5.1.1	Precipitación .....	92
5.1.2	Humedad.....	93
5.1.3	Temperatura .....	93
5.2	Hidrología .....	93
5.2.1	Características Hidrológicas.....	93
5.3	Hidrografía .....	94
5.3.1	Parámetros de la Red Hidrográfica.....	94
5.3.1.1	Área de la Subcuenca:.....	94
5.3.1.2	Longitud del Cauce Principal: .....	95
5.3.1.3	Perímetro de la Subcuenca:.....	95
5.3.1.4	Forma de la Subcuenca:.....	95
5.3.1.5	Sistema de drenaje.....	98
5.4	Ecosistemas de Montaña .....	100
5.4.1	Caracterización de los ecosistemas .....	100
5.4.2	Bosque relicto altoandino (Br-al).....	100
5.4.3	Pajonal andino (Pj) .....	100
5.4.4	Plantación forestal (PF) .....	101
5.4.5	Bofedal (Bo).....	101
6	ASPECTOS GLACIOLÓGICOS.....	102
6.1	Introducción .....	102
6.2	Glaciares .....	102
6.2.1	Definición .....	102
6.2.2	Partes de un Glaciar.....	102



6.2.3	Tipos de Glaciares.....	103
6.2.4	Glaciares Peligrosos: .....	105
a.	Zona de Estudio Palcaraju .....	106
b.	Zona de estudio Pucaranra .....	107
c.	Zona de estudio Tullparaju .....	108
6.3	Lagunas.....	110
6.3.1	Lagunas Peligrosas .....	110
7	OBRAS DE SEGURIDAD.....	111
7.1	Introducción .....	111
7.2	Antecedentes.....	111
7.3	Obras de Seguridad.....	115
7.3.1	Laguna Palcacocha.....	115
7.3.2	Laguna Cuchillacocha.....	131
7.3.3	Laguna Tullparaju .....	137
8	ANÁLISIS DEL NIVEL DE PELIGRO .....	144
8.1	Análisis Geoespacial Multicriterio para la Determinación de Niveles de Peligro de la Sub Cuenca del Rio Quillcay .....	144
9	RESULTADOS.....	145
9.1	Zonificación y Niveles de Peligro.....	145
10	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	149
10.1	Conclusiones .....	149
10.2	Recomendaciones .....	151
	Bibliografía.....	153
	GLOSARIO DE TÉRMINOS .....	157

#### LISTA DE TABLAS

<b>TABLA N° 01: ACCESO A LA QUEBRADA COJUP- LAGUNA PALCACOCHA.</b> .....	13
<b>TABLA N° 02: VALORACIÓN DEL NIVEL DE PELIGRO</b> .....	17
<b>TABLA N° 03: GRADO DE EROSIONABILIDAD.</b> .....	17
<b>TABLA N° 04: NIVEL DE COMPETENCIA DE SUELOS Y ROCAS</b> .....	18
<b>TABLA N° 05: NIVELES DE PENDIENTE</b> .....	18
<b>TABLA N° 06: GEOFORMAS</b> .....	18
<b>TABLA N° 07: VALORACIÓN DE PELIGRO POR ÁREA.</b> .....	19
<b>TABLA N° 08: VALORACIÓN DE PELIGROS FINAL</b> .....	19
<b>TABLA N° 09: UNIDADES GEOLÓGICAS IDENTIFICADAS Y SU RELACIÓN CON LA SUPERFICIE QUE OCUPAN</b> .....	21
<b>TABLA N° 10: ZONIFICACIÓN DE PENDIENTES.</b> .....	761
<b>TABLA N° 11: TABLA DE CLASIFICACIÓN GEOMORFOLÓGICA BASADA EN LA ZONIFICACIÓN DE PENDIENTES.</b> .....	72
<b>TABLA N° 12: RESUMEN DE LAS PRINCIPALES FAMILIAS DE DISCONTINUIDADES POR CADA ESTACIÓN DE MAPEO GEOMECÁNICO DE LA QUEBRADA DE COJUP (25 EMG).</b> .....	81



<b>TABLA N° 13: RESUMEN DE LAS PRINCIPALES FAMILIAS DE DISCONTINUIDADES POR CADA ESTACIÓN DE MAPEO GEOMECÁNICO DE LA QUEBRADA DE QUILLCAYHUANCA (39 EMG).</b> .....	81
<b>TABLA N° 14: DESCRIPCIÓN DE UNIDADES GEOTÉCNICAS.</b> .....	83
<b>TABLA N° 15: TABLA DE CAUDALES OBSERVADOS.</b> .....	94
<b>TABLA N° 16: RANGOS APROXIMADOS DEL FACTOR DE FORMA. LA SUBCUENCA DEL RÍO QUILLCAY SE UBICARÍA ENTRE LOS VALORES 0.30 A 0.37 (Ff=0.319); SIENDO UNA SUBCUENCA "LIGERAMENTE ALARGADA" (COLOR CELESTE).</b> .....	91
<b>TABLA 17. TIPOLOGÍAS MÁS RECURRENTES PARA LA CLASIFICACIÓN DE GLACIARES</b> .....	107
<b>TABLA 18. VOLUMEN APROXIMADO DE AVALANCHA DEL GLACIAR DE PALCARAJU</b> .....	101
<b>TABLA 19. VOLUMEN APROXIMADO POSIBLE DE AVALANCHA DEL GLACIAR DE PUCARANRA.</b> .....	102
<b>TABLA 20. VOLUMEN APROXIMADO DE POSIBLE AVALANCHA DEL GLACIAR TULLPARAJU.</b> .....	103
<b>TABLA N° 21: LAGUNAS DE LA CORDILLERA BLANCA, CONSIDERADAS COMO "LAGUNAS PELIGROSAS".</b> .....	111

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA N° 01: UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA ZONA EN ESTUDIO.</b> .....	10
<b>FIGURA N° 02: UBICACIÓN POLÍTICA DE LA ZONA EN ESTUDIO</b> .....	11
<b>FIGURA N° 03: UBICACIÓN HIDROGRÁFICA DE LA ZONA EN ESTUDIO.</b> .....	12
<b>FIGURA N° 04: DETALLE DE UBICACIÓN HIDROGRÁFICA DE LA ZONA EN ESTUDIO.</b> .....	12
<b>FIGURA N° 05: METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE PELIGROS SUB CUENCA DEL RIO QUILLCAY.</b> .....	15
<b>FIGURA N° 06: MAPA DE UNIDADES GEOLÓGICAS DE LA SUB CUENCA DEL RIO QUILLCAY</b> .....	22
<b>FIGURA N° 07: COLUMNA GEOLÓGICA GENERALIZADA EN EL ÁREA DE ESTUDIO</b> .....	23
<b>FIGURA N° 08 A : PRIMERA ETAPA</b> .....	56
<b>FIGURA N° 09 A : SEGUNDA ETAPA</b> .....	56
<b>FIGURA N° 10 A: TERCERA ETAPA</b> .....	58
<b>FIGURA N° 11ª : CUARTA ETAPA</b> .....	59
<b>FIGURA N° 12ª: QUINTA ETAPA</b> .....	60
<b>FIGURA N° 11ª : SEXTA ETAPA</b> .....	60
<b>FIGURA N° 14ª : SÉPTIMA ETAPA</b> .....	61
<b>FIGURA N° 15ª : OCTAVA ETAPA</b> .....	61
<b>FIGURA N° 16: PERFIL TOPOGRÁFICO Y SÍSMICO DE LA ZONA DE HUARAZ.</b> .....	64
<b>FIGURA N° 18: CIRCO GLACIAR, COMPRENDIDO POR LOS NEVADOS PALCARAJU Y PUCARANRA, VALLE GLACIAR DE COJUP.</b> .....	71
<b>FIGURA N° 19: CIRCO GLACIAR, COMPRENDIDO POR NEVADOS PUCARANRA, TULLPARAJU Y CHINCHAY. VALLE GLACIAR DE QUILLCAYHUANCA.</b> .....	71
<b>FIGURA N° 21: MAPA DE PENDIENTES – SUB CUENCA DEL RIO QUILLCAY</b> .....	80
<b>FIGURA N° 22: MAPA BASE SUB CUENCA QUILLCAY (PLAMIMETRÍA)</b> .....	82
<b>FIGURA N° 23: DIAGRAMA DE ROSETAS GENERAL, QUEBRADA COJUP.</b> .....	89
<b>FIGURA N° 24. DIAGRAMA DE ROSETAS GENERAL, QUEBRADA QUILLCAYHUANCA.</b> .....	89
<b>FIGURA N° 25. MAPA DE UNIDADES GEOTÉCNICAS</b> .....	91
<b>FIGURA N° 26: HISTOGRAMA HIDROMETEOROLÓGICO DE LA SUB CUENCA DEL RÍO QUILLCAY</b> .....	92
<b>FIGURA N° 27: ESTACIÓN METEOROLÓGICA QUILLCAYHUANCA</b> .....	93
<b>FIGURA N° 28: COMPONENTES DE LA SUBCUENCA QUILLCAY</b> .....	95
<b>FIGURA N° 29: (A.) COMPARACIÓN DE LA FORMA DE SUBCUENCAS SEGÚN VALORES DEL COEFICIENTE DE COMPACIDAD. (B.) SUBCUENCA QUILLCAY CON UN <math>K_c=1.4919</math>, CON TENDENCIA A 1, CARACTERIZANDO A ESTA SUBCUENCA COMO MÁS O MENOS CIRCULAR.</b> .....	96
<b>FIGURA N° 31: RAMIFICACIÓN DE CAUCE PRINCIPAL DEL RÍO QUILLCAY, SEGÚN EL MODELO DE STRAHLER.</b> .....	99
<b>FIGURA N° 32: PARTES DE UN GLACIAR Y ZONAS CIRCUNDANTES.</b> .....	103
<b>FIGURA N° 33: PERFIL TÍPICO DE UN GLACIAR PELIGROSO.</b> .....	106
<b>FIGURA N° 34: UBICACIÓN DE ZONAS DE GLACIARES COLGADOS EN EL GLACIAR PALCARAJU.</b> .....	107
<b>FIGURA N° 35: UBICACIÓN DE ZONAS DE GLACIARES COLGADOS EN EL GLACIAR PUCARANRA.</b> .....	108
<b>FIGURA N° 36: UBICACIÓN DE ZONAS DE GLACIARES COLGADOS EN EL GLACIAR TULLPARAJU.</b> .....	109
<b>FIGURA N° 37: PERFIL DEL DIQUE ARTIFICIAL DE TIERRA – LAGUNA PALCACOCHA.</b> .....	116
<b>FIGURA N° 38: UBICACIÓN DE LA LAGUNA / DIQUE DE PROTECCIÓN Y PUNTOS DE AFLORAMIENTO DE FLUJO HÍDRICO AGUAS ABAJO.</b> .....	117
<b>FIGURA N° 39: SECCIÓN Y PERFIL DEL DIQUE - OBRA DE SEGURIDAD LAGUNA CUCHILLACOCHA.</b> .....	132
<b>FIGURA N° 41: MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD A MOVIMIENTO DE MASAS DE LA SUB CUENCA DEL RIO QUILLCAY</b> .....	148



## LISTA DE FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFÍA N° 01: AFLORAMIENTO ROCOSO DE LA FORMACIÓN CHICAMA .....	244
FOTOGRAFÍA N° 02: VISTA MACROSCÓPICA DE UNA MUESTRA DE ARENISCA REPRESENTATIVA .....	255
FOTOGRAFÍA N° 03: VISTA MICROSCÓPICA DE UNA MUESTRA DE ARENISCA REPRESENTATIVA .....	255
FOTOGRAFÍA N° 04: VISTA MACROSCÓPICA DE UNA MUESTRA DE PIZARRA. ....	266
FOTOGRAFÍA N° 05: VISTA MICROSCÓPICA DE UNA MUESTRA DE PIZARRA. ....	26
FOTOGRAFÍA N° 06: VISTA MACROSCÓPICA DE UNA MUESTRA DE CUARCITA. ....	27
FOTOGRAFÍA N° 07: VISTA MICROSCÓPICA DE UNA MUESTRA DE CUARCITA. ....	27
FOTOGRAFÍA N° 08: VISTA MACROSCÓPICA DE UNA MUESTRA DE CUARZOFILITA. ....	28
FOTOGRAFÍA N° 09: VISTA MICROSCÓPICA DE UNA MUESTRA DE CUARZOFILITA. ....	28
FOTOGRAFÍA N° 10: VISTA MACROSCÓPICA DE UNA MUESTRA DE META ARENISCA. ....	29
FOTOGRAFÍA N° 11: VISTA MICROSCÓPICA DE UNA MUESTRA DE META ARENISCA. ....	29
FOTOGRAFÍA N° 12: VISTA MACROSCÓPICA DE HORNFELS. ....	31
FOTOGRAFÍA N° 13: VISTA MACROSCÓPICA DE HORNFELS. ....	31
FOTOGRAFÍA N° 14: AFLORAMIENTO ROCOSO DE LA FORMACIÓN CALIPUY, CORTE DE CARRETERA HACIA "RATAQUENUA". ....	32
FOTOGRAFÍA N° 15: VISTA MACROSCÓPICA DE UNA MUESTRA DE ROCA PIROCLÁSTICA REPRESENTATIVA. ....	33
FOTOGRAFÍA N° 16: VISTA MICROSCÓPICA DE UNA MUESTRA DE ROCA PIROCLÁSTICA REPRESENTATIVA. ....	33
FOTOGRAFÍA N° 17: AFLORAMIENTO ROCOSO DEL BATOLITO. ....	34
FOTOGRAFÍA N° 18: VISTA MACROSCÓPICA DE META TONALITA. ....	35
FOTOGRAFÍA N° 19: VISTA MICROSCÓPICA DE META TONALITA. ....	35
FOTOGRAFÍA N° 20: VISTA MACROSCÓPICA DE META CUARZO-MONZONITA .....	36
FOTOGRAFÍA N° 21: VISTA MACROSCÓPICA DE META CUARZO-MONZONITA .....	36
FOTOGRAFÍA N° 22: VISTA MACROSCÓPICA DE META TONALITA. ....	37
FOTOGRAFÍA N° 23: VISTA MICROSCÓPICA DE LA META TONALITA. ....	37
FOTOGRAFÍA N° 24: VISTA MACROSCÓPICA DE META GRANITO. ....	38
FOTOGRAFÍA N° 25: VISTA MICROSCÓPICA DEL META GRANITO .....	38
FOTOGRAFÍA N° 26: VISTA MACROSCÓPICA DE META GRANITO. ....	39
FOTOGRAFÍA N° 27: VISTA MICROSCÓPICA DEL META GRANITO .....	40
FOTOGRAFÍA N° 28: VISTA MACROSCÓPICA DE META SIENOGRANITO. ....	39
FOTOGRAFÍA N° 29: VISTA MICROSCÓPICA DEL META SIENOGRANITO .....	39
FOTOGRAFÍA N° 30: VISTA MACROSCÓPICA DE UNA ROCA PÓRFIDO ANDESITA .....	41
FOTOGRAFÍA N° 31: VISTA MICROSCÓPICA DE UNA ROCA PÓRFIDO ANDESITA .....	41
FOTOGRAFÍA N° 32: VISTA DE UN DEPÓSITO CUATERNARIO GLACIÁRICO .....	43
FOTOGRAFÍA N° 33: MATRIZ DE UN DEPÓSITO GLACIÁRICO REPRESENTATIVO .....	44
FOTOGRAFÍA N° 34: VISTA DE UN DEPÓSITO CUATERNARIO LACUSTRINO .....	45
FOTOGRAFÍA N° 35: MATRIZ DE UN DEPÓSITO LACUSTRINO REPRESENTATIVO. ....	45
FOTOGRAFÍA N° 36: VISTA DE UN DEPÓSITO CUATERNARIO FLUVIOGLACIÁRICO. ....	46
FOTOGRAFÍA N° 37: MATRIZ DE UN DEPÓSITO FLUVIOGLACIÁRICO REPRESENTATIVO .....	46
FOTOGRAFÍA N° 38: VISTA DE UN DEPÓSITO CUATERNARIO FLUVIAL. ....	47
FOTOGRAFÍA N° 39: MATRIZ DE UN DEPÓSITO FLUVIAL REPRESENTATIVO .....	47
FOTOGRAFÍA N° 40: VISTA DE UN DEPÓSITO CUATERNARIO COLUVIAL. ....	48
FOTOGRAFÍA N° 41: MATRIZ DE UN DEPÓSITO COLUVIAL REPRESENTATIVO .....	48
FOTOGRAFÍA N° 42: DEPÓSITOS ALUVIALES, AL PIE DE LA MORRENA DE LA LAGUNA PALCACOCHA. ....	50
FOTOGRAFÍA N° 43. DEPÓSITOS ALUVIALES, AL PIE DE LA MORRENA DE LA LAGUNA TULLPARAJU .....	51
FOTOGRAFÍA N° 44. MATRIZ DE UN DEPÓSITO ALUVIAL REPRESENTATIVO, CON FRAGMENTOS DE ROCA REDONDEADA A SUB-REDONDEADA TIENE UN MATRIZ PRINCIPALMENTE COMPUESTA POR LODO. ....	51
FOTOGRAFÍA N° 45: DEPÓSITOS ALUVIONALES, SALIDA DE LA QUEBRADA DE COJUP. ....	49
FOTOGRAFÍA N° 46: MATRIZ DE UN DEPÓSITO ALUVIONAL REPRESENTATIVO. COMPUESTOS DE UNA MEZCLA HETEROGÉNEA DE BOLONES, GRAVAS Y ARENAS, REDONDEADAS A SUBREDONDEADAS, ASÍ COMO LIMOS Y ARCILLAS .....	53
FOTOGRAFÍA N° 47. ROCA PÓRFIDO ANDESÍTICA REPRESENTATIVA. ....	54
FOTOGRAFÍA N° 48: LADERA DE MONTAÑA MODERADAMENTE EMPINADA, QUEBRADA QUILCAYHUANCA. ....	663
FOTOGRAFÍA N° 49: LADERA DE MONTAÑA FUERTEMENTE EMPINADA, QUEBRADA QUILCAYHUANCA. ....	67
FOTOGRAFÍA N° 50: COLINAS ALTAS MODERADAMENTE DISECTADAS, TÉRMINO DEL VALLE GLACIAR, QUEBRADA DE COJUP. ....	67
FOTOGRAFÍA N° 51: COLINAS ALTAS FUERTEMENTE DISECTADAS, DEPÓSITOS GLACIÁRICOS, CERRO "RATAQUENUA". ....	68



<b>FOTOGRAFÍA N° 52: TERRAZA FLUVIAL, VALLE DE QUILLCAYHUANCA</b> .....	68
<b>FOTOGRAFÍA N° 53: TERRAZA ALUVIONAL, TÉRMINO DE LA QUEBRADA DE COJUP</b> .....	69
<b>FOTOGRAFÍA N° 54: NEVADOS PALCARAJU Y PUCARANRA, SE OBSERVA LA LENGUA GLACIAR EN CONTACTO CON LA LAGUNA PALCACOCHA</b> .....	69
<b>FOTOGRAFÍA N° 55: NEVADO PUCARANRA, AL PIE DE ESTE NEVADO UBICADO EN VALLE GLACIAR DE QUILLCAYHUANCA, SE ENCUENTRA LA LAGUNA CUCHILLACOCHA</b> .....	70
<b>FOTOGRAFÍA N° 56: NEVADOS CHINCHEY Y PALCARAJU, AL PIE DE ESTE NEVADO UBICADO EN VALLE GLACIAR DE QUILLCAYHUANCA, SE ENCUENTRA LA LAGUNA TULLPARAJU</b> .....	707
<b>FOTOGRAFÍA N° 57: MORRENAS LATERALES Y FRONTAL DE FONDO DE VALLE GLACIAR, QUE CONFORMAN LA LAGUNA PALCACOCHA</b> .....	69
<b>FOTOGRAFÍA N° 58: MORRENAS LATERALES DE FONDO DE VALLE GLACIAR, QUE CONFORMAN LA LAGUNA CUCHILLACOCHA</b> .....	69
<b>FOTOGRAFÍA N° 59: VALLE GLACIAR, SE MUESTRA LA FORMA CARACTERÍSTICA EN “U” POR LA EROSIÓN DE LOS GLACIARES. VISTA DESDE EL INTERIOR DEL VALLE GLACIAR QUILLCAYHUANCA.</b> .....	73
<b>FOTOGRAFÍA N° 60: DERRUMBES LOCALES DE MATERIAL CUATERNARIO.</b> .....	837
<b>FOTOGRAFÍA N° 61: ZONA DE CAÍDA DE ROCAS EN LA QUEBRADA COJUP.</b> .....	848
<b>FOTOGRAFÍA N° 62: FLUJO DE DETRITOS.</b> .....	84
<b>FOTOGRAFÍA N° 63: VISTA DE AVALANCHAS DE HIELO EN EL GLACIAR TULLPARAJU.</b> .....	79
<b>FOTOGRAFÍA N° 64: EROSIÓN HÍDRICA EN CÁRCAVAS.</b> .....	79
<b>FOTOGRAFÍA N° 65: MUESTRA LA CONSTRUCCIÓN DE LAS OBRAS DE SEGURIDAD DE LA LAGUNA PALCACOCHA. (1974).</b> .....	1137
<b>FOTOGRAFÍA N° 66: MASAS GLACIARES COLGANTES – NEVADO PUCARANRA.</b> .....	118
<b>FOTOGRAFÍA N° 67: ENTORNO DE LA LAGUNA PALCACOCHA.</b> .....	118
<b>FOTOGRAFÍA N° 68: FLANCO DERECHO, OBSERVÁNDOSE QUE EL DEPÓSITO GLACIAR DERECHO AÚN NO HA ALCANZADO SU ÁNGULO DE REPOSO, POR ENDE, SE VISUALIZAN DESLIZAMIENTOS PERMANENTES.</b> .....	119
<b>FOTOGRAFÍA N° 69: SE VISUALIZA EL ESTADO DE LA MORRENA LATERAL DERECHA, COMPUESTA POR FRAGMENTOS DE ROCA EN MATRIZ DE LIMOS Y ARENAS DE COMPACIDAD DE MEDIA A BAJA.</b> .....	119
<b>FOTOGRAFÍA N° 70: VISTA PANORÁMICA DEL DEPÓSITO GLACIÁRICO LATERAL DERECHO.</b> .....	120
<b>FOTOGRAFÍA N° 71: EN EL FLANCO IZQUIERDO, SE VISUALIZA UN TALUD ELEVADO DE INCLINACIÓN APROXIMADA 70°, DE MATERIAL CONGLOMERADO DE FRAGMENTOS DE ROCA EN MATRIZ DE ARENA LIMOSA DE COMPACIDAD DE MEDIA A BAJA.</b> .....	120
<b>FOTOGRAFÍA N° 72: EN LA VISTA FOTOGRAFICA SE VISUALIZA, LA ZONA DE SALIDA DE LOS SIFONES, VISUALIZÁNDOSE EN EL TALUD DEL FLANCO IZQUIERDO SIGNOS VISIBLES DE LA APARICIÓN DE UNA GRIETA DE TENSIÓN VERTICAL, CON RIESGO DE COLAPSO.</b> .....	121
<b>FOTOGRAFÍA N° 73: EN LA VISTA FOTOGRAFICA SE VISUALIZA EL EFECTO DE CAVITACIÓN PRODUCIDO EN LAS TUBERÍAS CORRESPONDIENTES A LOS SIFONES, SITUACIÓN QUE GENERA EROSIÓN INTERNA Y VIBRACIÓN DE LA MISMA, IDENTIFICÁNDOSE SIGNOS DE APLASTAMIENTO.</b> .....	122
<b>FOTOGRAFÍA N° 74: EN LA VISTA FOTOGRAFICA SE VISUALIZA EL DIQUE DE SEGURIDAD DE LA LAGUNA PALCACOCHA, UBICADO EN LA PARTE DERECHA DE LA ZONA FRONTAL DE LA MISMA.</b> .....	123
<b>FOTOGRAFÍA N° 75 : EN LA VISTA FOTOGRAFICA SE VISUALIZAN LAS GRIETAS VISIBLES EN LA CORONA DE LA PRESA, SITUACIÓN QUE EVIDENCIA EL ASENTAMIENTO DEL CUERPO DE TIERRA DE LA PRESA.</b> .....	124
<b>FOTOGRAFÍA N° 76: SE VISUALIZA EL ASENTAMIENTO EN LA ZONA ANTERIOR DE LA PRESA DE PROTECCIÓN.</b> .....	125
<b>FOTOGRAFÍA N° 77: VISTA PANORÁMICA DE LA PRESA DE TIERRA – LAGUNA PALCACOCHA Y CANAL DE SALIDA.</b> .....	126
<b>FOTOGRAFÍA N° 78 : VISTA PANORÁMICA DEL CANAL DE INGRESO, DISPUESTO CON LAS 10 TUBERÍAS HDPE DE 10” (SIFONES)</b> .....	127
<b>FOTOGRAFÍA N° 79: VISTA DEL CONDUCTO CUBIERTO DEL DIQUE DE REGULACIÓN DE LA LAGUNA PALCACOCHA).</b> .....	127
<b>FOTOGRAFÍA N° 80: PRESA DE TIERRA – AGUAS ABAJO</b> .....	128
<b>FOTOGRAFÍA N° 81: MARGEN DERECHO DE LA PRESA.</b> .....	128
<b>FOTOGRAFÍA N° 82: MARGEN IZQUIERDO DE LA PRESA DE TIERRA.</b> .....	129
<b>FOTOGRAFÍA N° 83: MARGEN IZQUIERDO DE LA PRESA DE TIERRA.</b> .....	131
<b>FOTOGRAFÍA N° 84: EN LAS VISTAS FOTOGRAFICAS SE VISUALIZAN LAS MASAS GLACIARES COLGANTES DEL GLACIAR PUCARANRA.</b> .....	132
<b>FOTOGRAFÍA N° 85: VISTA PANORÁMICA DE LA LAGUNA CUCHILLACOCHA.</b> .....	133
<b>FOTOGRAFÍA N° 86: OBRAS DE SEGURIDAD EMPLAZADAS EN LA LAGUNA CUCHILLACOCHA.</b> .....	133
<b>FOTOGRAFÍA N° 87: CONDUCTO CUBIERTO DEL DIQUE DE LA LAGUNA CUCHILLACOCHA.</b> .....	134
<b>FOTOGRAFÍA N° 88: CONDUCTO CUBIERTO DEL DIQUE DE LA LAGUNA CUCHILLACOCHA.</b> .....	135
<b>FOTOGRAFÍA N° 89: VISTA PANORÁMICA DEL FLANCO DERECHO DE LA LAGUNA, SE VISUALIZA UN TRAMO CON MATERIAL DE CONGLOMERADO DE FRAGMENTOS DE ROCA EN MATRIZ DE ARENAS Y LIMOS DE COMPACIDAD MEDIA.</b> .....	136
<b>FOTOGRAFÍA N° 90: VISTA DEL DEPÓSITO GLACIAR LATERAL IZQUIERDO.</b> .....	137
<b>FOTOGRAFÍA N° 91: VISTA DE LA ZONA DE SALIDA DEL DESAGÜE DE LA LAGUNA.</b> .....	137
<b>FOTOGRAFÍA N° 92: MASA GLACIAR COLGANTE, GLACIAR TULLPARAJU.</b> .....	138
<b>FOTOGRAFÍA N° 93: VISTA PANORÁMICA DE LA LAGUNA TULLPARAJU</b> .....	138
<b>FOTOGRAFÍA N° 94: DEPÓSITOS GLACIARES (DERECHO E IZQUIERDO) – LAGUNA TULLPARAJU</b> .....	139
<b>FOTOGRAFÍA N° 95: SE VISUALIZA LAS CARACTERÍSTICAS DEL DEPÓSITO GLACIAR FRONTAL</b> .....	140



**FOTOGRAFÍA N° 96: EN LA ZONA TERMINAL DEL FLANCO DERECHO (ZONA ADYACENTE DERECHA AL DIQUE) SE VISUALIZAN CORRIMIENTOS VERTICALES SUCESIVOS LOCALES.** .....140

**FOTOGRAFÍA N° 97: CRECIMIENTO DE VEGETACIÓN EN LAS HENDIDURAS DE SUPERFICIE DE REVESTIMIENTO DE DIQUE.** .....141

**FOTOGRAFÍA N° 98: ZONA DE INGRESO AL CONDUCTO CUBIERTO – PRESA LAGUNA TULLPARAJU** .....142

**FOTOGRAFÍA N° 99: SOCAVACIÓN DE PARED DE CANAL DE SALIDA – PRESA LAGUNA TULLPARAJU** .....142

**FOTOGRAFÍA N° 100: ZONA POSTERIOR A LA PRESA, DEPÓSITOS GLACIARES LATERALES ELEVADOS, EN CORTES VERTICALES NATURALES DE CONGLOMERADO DE FRAGMENTOS ROCOSOS EN MATRIZ DE LIMO ARENOSO, DE COMPACIDAD ALTA.** .....143

**ANEXOS**

**ANEXO A: Mapas y Planos (1:25,000)**

- Mapa Base;*
- Mapa de Pendientes;*
- Mapa de Unidades Geológicas;*
- Mapa de Unidades Geomorfológicas;*
- Mapa de Unidades Geotécnicas;*
- Mapa de Zonificación de Peligros.*

**ANEXO B: Registro Fotográfico**

- Registro Fotográfico de Unidades Geológicas;*
- Registro Fotográfico de Unidades Geomorfológicas;*
- Registro Fotográfico de Procesos Geodinámicos;*
- Registro Fotográfico de Glaciares, Lagunas y Geoformas principales;*
- Registro Fotográfico de Muestras Representativas;*
- Registro Fotográfico de las Obras de Seguridad.*

**ANEXO C: Registro de Data Geotécnica y Estructural**

- Registro de las Estaciones de Mapeo Geotécnicos (EMG);*
- Registro Fotográfico de la EMG;*
- Registro de Figuras de Resultados (Rosetas) con el uso del Dips v5.0*

**ANEXO D: Resultados de Laboratorio**

- Resultados de Ensayos del Laboratorio Petrográfico*



## 1. GENERALIDADES

### 1.1. Introducción

La alta recurrencia de eventos desastrosos en la Cordillera Blanca, que, sumados al cambio climático global y la existencia de gran cantidad de ciudades en su área de influencias, hacen necesario la realización de estudios que permitan conocer las características de los peligros geológicos y sus consecuencias, con el fin de prevenir, minimizar o solucionar los daños que pudieran ocasionar los mismos. Es importante realizar una evaluación de los peligros geológicos.

El INAIGEM tiene como finalidad, generar investigaciones que sirvan de base para la elaboración del mapa de zonificación de riesgos dentro el área de la Subcuenca Quillcay, lo cual beneficiará a la gestión de riesgos, en los centros poblados dentro del área de la subcuenca y principalmente a la Ciudad de Huaraz, ubicada en la parte baja de la Subcuenca.

### 1.2. Antecedentes

#### ***Nota Técnica “LO QUE EL AGUA SE LLEVO”- Consecuencias y Lecciones del Aluvión de Huaraz (1941):***

Los Andes peruanos son un área propensa a terremotos, inundaciones por el fenómeno de El Niño, huaycos, avalanchas de hielo y aluviones por rupturas de lagos glaciares.

En relación a inundaciones o aluviones producidos por la ruptura de lagos glaciares, el departamento de Ancash tiene una historia trágica remontando a 1941, cuando la laguna Palcacocha rompió su dique morrénico y produjo el mayor aluvión de origen glacial que jamás había pasado por una zona urbana. Se cree que una avalancha de hielo se desprendió del glaciar y cayó a la laguna, creando una ola inmensa que rebasó el dique y provocó la erosión catastrófica del mismo. El gran volumen de agua liberada recorrió la quebrada Cojup, aumentando su caudal con el agua de otra laguna en su trayecto, llegando a tener un volumen combinado de 8 a 12 millones de metros cúbicos de agua, lodo y piedras. En poco tiempo, irrumpió en Huaraz donde arrasó con el nuevo sector de Centenario. ¿Qué y cuánto se perdió? Se intentó estimar las pérdidas humanas y materiales, pero la escala de destrucción fue tan grande y completa que resulta impráctico traducirla en términos económicos numéricos. Tal vez, más útil es describirla en términos de las instituciones y funciones que dejaron de existir. Igualmente, es muy difícil calcular el número de fallecidos, aunque se ven referencias de 3000, 4000, 5000 o más, no hay una lista de todos los desaparecidos. Sin embargo, el aluvión no impactó a ningún pueblo rural antes de alcanzar la ciudad, y solamente afectó el nuevo sector norteño, no el corazón colonial de la ciudad que estaba densamente poblada. Además, por suceder un sábado por la mañana, las escuelas no estaban funcionando y los alumnos se salvaron. Las principales pérdidas de infraestructura pueden ser enumeradas, dando una idea de la variedad y la escala de los impactos en educación, turismo, transporte, comercio, religión, etc. Una de las pérdidas más grandes fue un nuevo hotel de turistas de tres pisos, construido por el gobierno central y recién inaugurado cinco días antes del aluvión. Fue arrancado de sus cimientos y hundido en las aguas turbias; nunca se reconstruyó. Otras bajas arquitectónicas fueron la Escuela de Artes y Ocios, el Colegio Vocacional de Varones, el Colegio Nacional de Mujeres, el Lawn Tennis, el camal, la cárcel, muchos molinos,

Año Del Buen Servicio al Ciudadano

los grandes chalets de familias acomodadas, todos los puentes sobre el río Quillcay y el río Santa. Además, se dañó seriamente el ferrocarril entre Huallanca y Chimbote. El Aluvión se llevó todo esto y solamente dejó en Huaraz un denso campo de peñones graníticos como recuerdo.

**Otros eventos menores:**

- En 1953, hubo un desborde de la laguna Tullparaju, Quillcayhuanca, por deslizamiento de la morrena lateral con la consiguiente sobrecarga del río Quillcay y erosión del cauce. Posiblemente sucedió otra vez en 1959.
- En 1998, grandes avenidas en el río Quillcay causan pánico en Huaraz.
- El 19 de marzo de 2003, un derrumbe de la morrena lateral izquierda de la laguna Palcococha provocó un rebalse, quedando el 60% de la población de Huaraz desabastecida de agua potable por 6 días.

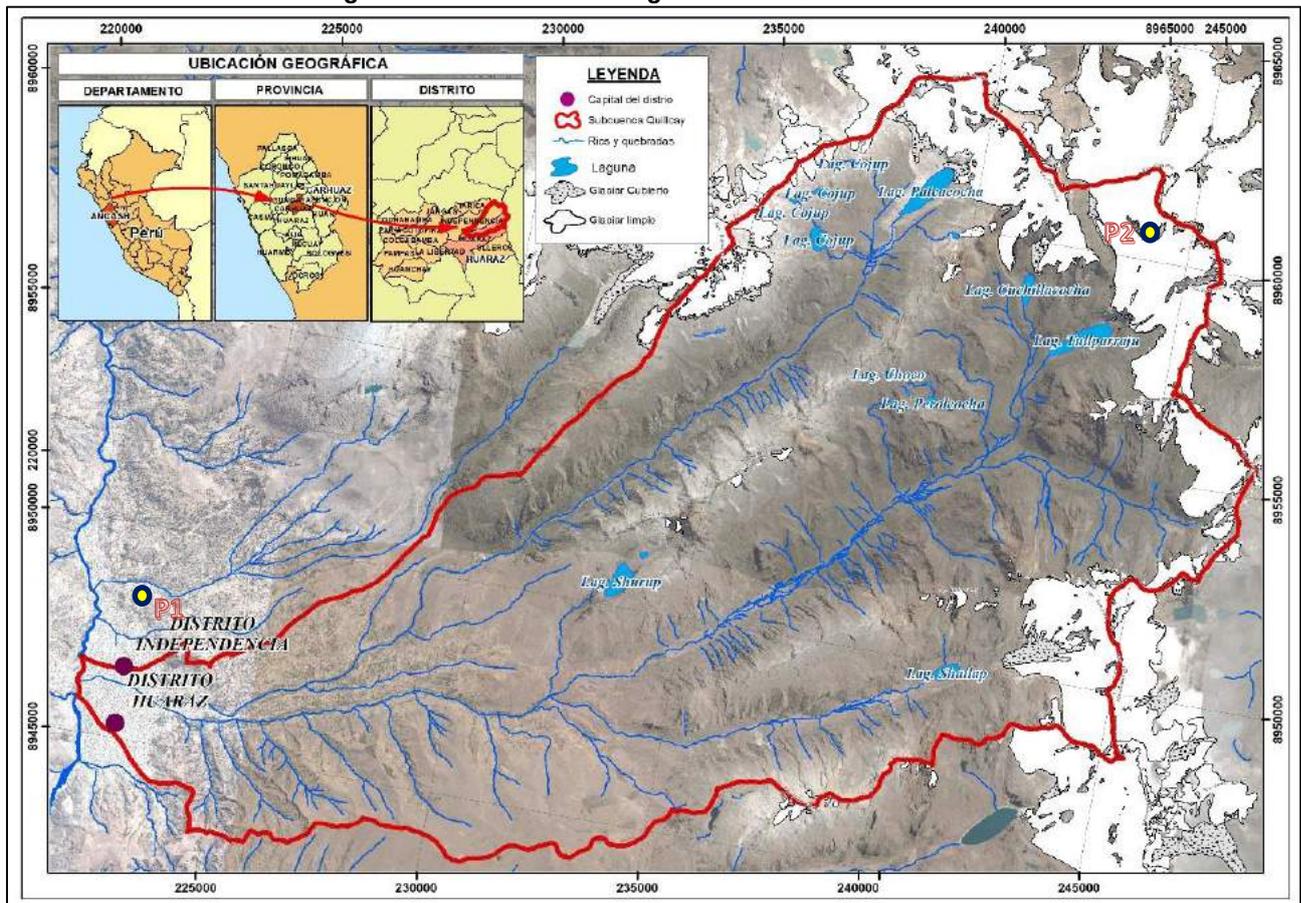
**1.3. Ubicación****1.3.1. Geográfica**

Geográficamente se localiza entre las coordenadas UTM (Datum WGS'84, Zona L-18 Sur):

Este 221557.14 m; Norte 8946251.75 m. (P1)

Este 245559.57 m; Norte 8960635.62 m. (P2)

**Figura N° 01: Ubicación Geográfica de la zona en estudio**

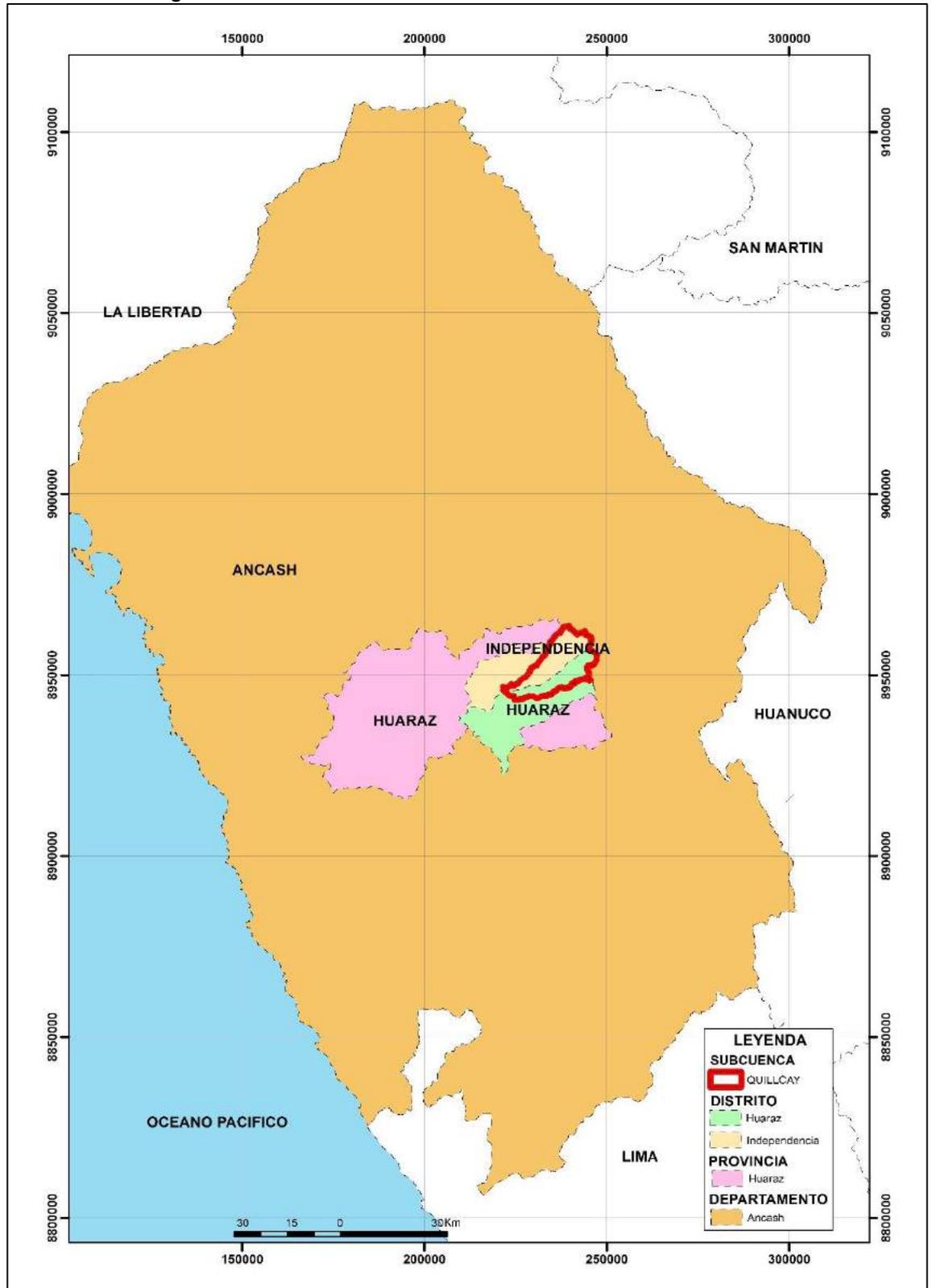


Fuente: GOOGLE EARTH, Julio 2017.

### 1.3.2. Política

La subcuenca del río Quillcay, políticamente se ubica en los distritos de Independencia y Huaraz, provincia de Huaraz, departamento de Ancash.

**Figura N° 02: Ubicación Política de la Zona en Estudio**

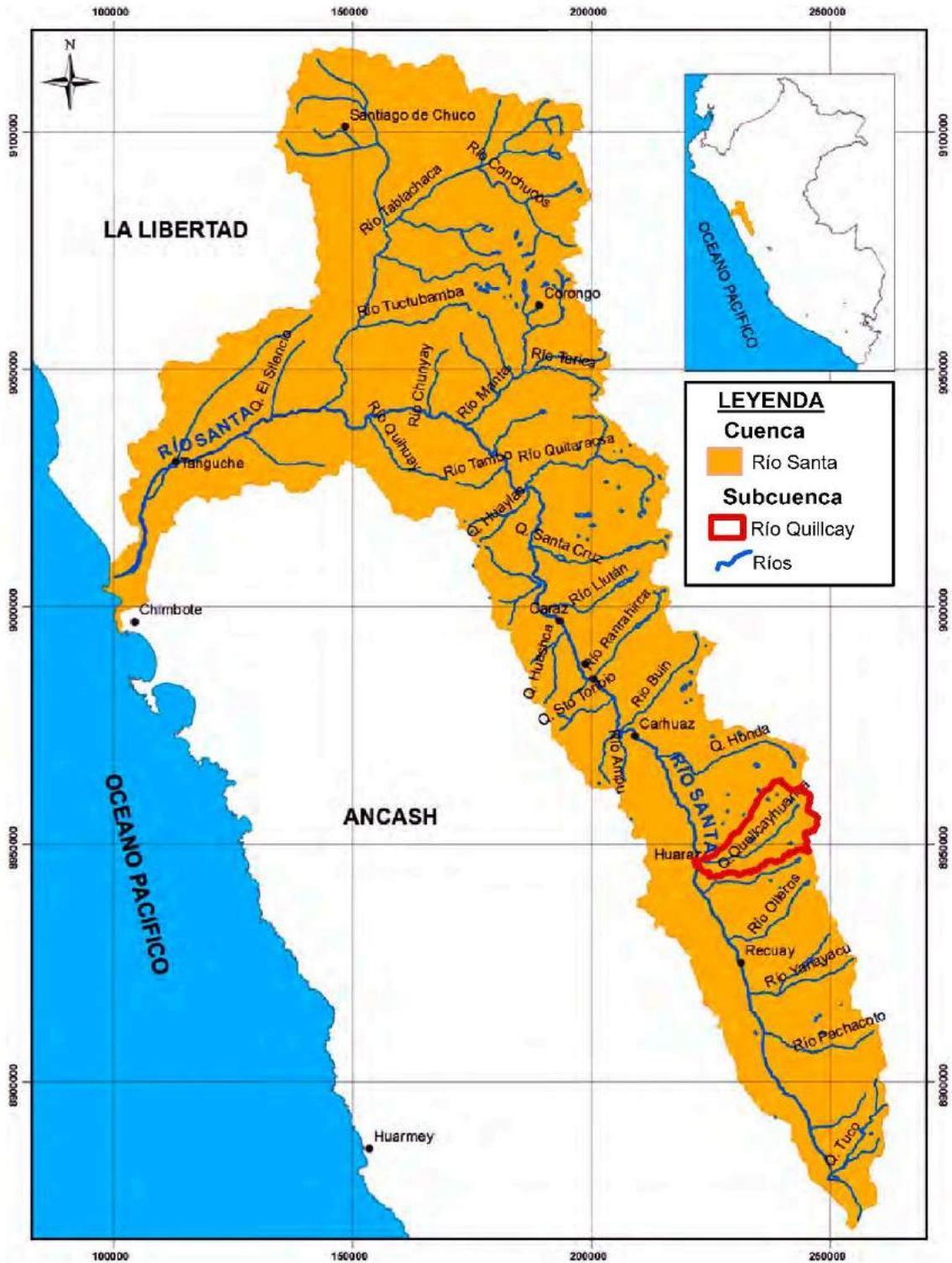


Fuente: INAIGEM, Noviembre 2017.

### 1.3.3. Hidrográfica

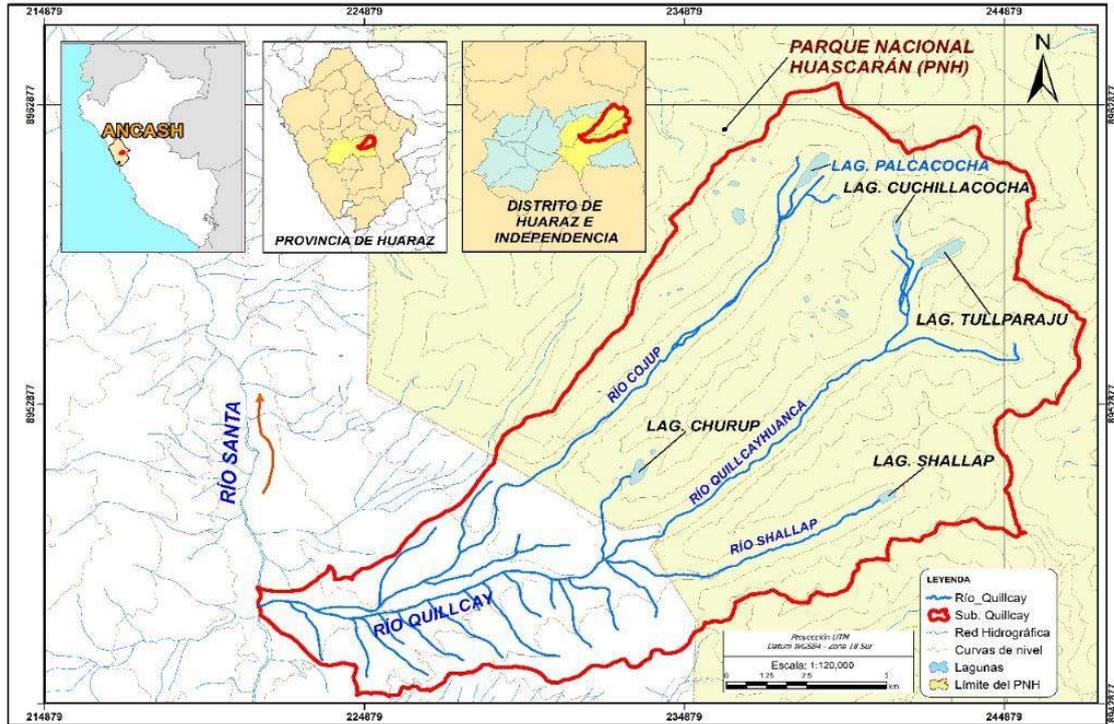
Hidrográficamente la subcuenca Quillcay se localiza en la Cuenca del río Santa, perteneciente a la Vertiente hidrográfica del Pacífico, que drena sus aguas por la margen derecha del río Santa. Se encuentra ubicada al Noreste de la Ciudad de Huaraz. Tiene un área de 24992.29 hectáreas y 78.23 km de perímetro.

**Figura N° 03: Ubicación Hidrográfica de la Zona en Estudio.**



Fuente: INAIGEM, Noviembre 2017

**Figura N° 04: Detalle de Ubicación Hidrográfica de la Zona en Estudio.**



Fuente: INAIGEM, Noviembre 2017.

#### 1.4. Accesibilidad

El acceso se realiza desde la ciudad de Huaraz por la carretera que va hacia la zona “El Pinar” con dirección Este de la ciudad (4.40 Km), luego se continua por la carretera afirmada hasta la portada de la quebrada Cojup con la misma dirección hacia el Este de la ciudad (10.60 Km.), luego continuamos por la trocha carrozable que atraviesa longitudinalmente el valle glaciar hasta llegar a una zona cercana a la laguna Palcacocha (13.00 Km.); recorriendo en total 28.00 Km. de distancia, en aproximadamente 1:50 horas. (Ver Tabla N° 01).

Tabla N° 01: Acceso a la Quebrada Cojup- Laguna Palcacocha.

Descripción de la Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo (Hrs)	Medio de Transporte
Huaraz – El Pinar	Carretera Asfaltada	4.40	0h: 20m	Camioneta
El Pinar – Entrada de Quebrada Cojup	Carretera afirmada	10.60	0h: 50m	Camioneta
Entrada de Quebrada de Cojup- Laguna Palcacocha	Trocha Carrozable	13.00	0h: 40m	Camioneta
		<b>27.00</b>	<b>1h: 50m</b>	

Fuente: INAIGEM, Junio 2017.

#### 1.5. Objetivos

##### 1.5.1. Generales

Identificar el nivel de susceptibilidad al peligro por movimientos de masas en la sub cuenca del rio Quillcay, quebradas Cojup (Laguna Palcacocha), Quillcayhuanca (Laguna Tullparaju y Cuchillacocha) y Shallap (Laguna Shallap), en base a estudios geológicos, geomorfológicos, geotécnicos y de pendientes, información que será plasmada en un mapa de susceptibilidad de peligros por movimiento de masas  
Coger



### 1.5.2. Específicos

- Elaborar mapas geológicos, geomorfológicos, geotécnicos y de pendientes, a escala 1: 25 000, del área investigada.
- Sistematizar la información, zonificando el peligro en base a la valoración de parámetros específicos, cuya superposición quedará plasmada en el mapa final de peligro de la sub cuenca.

### 1.6. Justificación

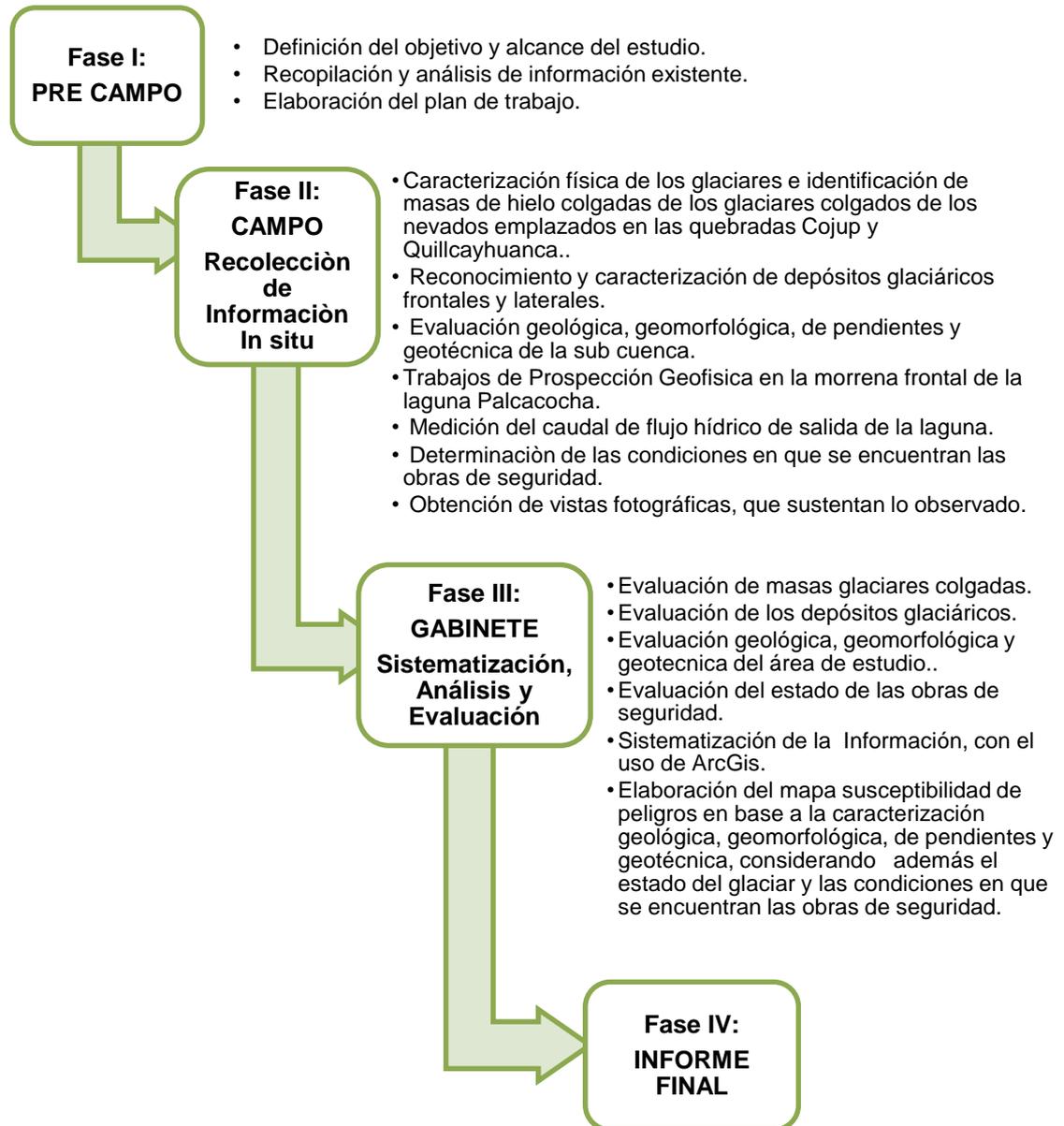
El mapeo, caracterización e identificación del nivel de peligrosidad en la sub cuenca del río Quillcay, es parte fundamental de la evaluación del riesgo en ella, lo cual es justificado por la necesidad de generar información consistente y apropiada, que permita conocer las características físicas y el probable comportamiento del material que conforman las laderas de la sub cuenca.

Cabe destacar que, la estimación de volúmenes de masas glaciares colgantes, estudio geológico, geomorfológico, geodinámico, geotécnico e hidrológico, se realiza con fines de modelamiento; consecuentemente la información generada como resultado de dichos estudios, permitirá determinar posteriormente, el nivel de riesgo y una adecuada gestión local, beneficiando a los centros poblados que se emplazan en el área de influencia de la subcuenca del río Quillcay, provincia de Huaraz.

## 1.7. Metodología

La metodología empleada en la evaluación de peligros de la sub cuenca del Rio Quillcay, se basa en la recopilación de información previa, obtención de información basada en la inspección in situ, y la sistematización y procesamiento de dicha información, obteniéndose como resultado el mapa de susceptibilidad de peligros en base a la caracterización geológica, geomorfológica, de pendientes y geotécnica, considerando además el estado del glaciar y las condiciones en que se encuentran las obras de seguridad. Según detalle siguiente:

**Figura N° 05: Metodología para la Evaluación de Peligros Sub Cuenca del Rio Quillcay.**



Fuente: INAIGEM, Noviembre 2017.

A continuación, se detallan las fases del desarrollo de los trabajos:



### 1.7.1. Fase I - Pre Campo

#### 1.7.1.1 Definición del Objetivo y Alcance del Estudio

En esta etapa se establece los objetivos y alcances del estudio, de acuerdo al nivel de ejecución; siendo el primero, la determinación de las condiciones de peligrosidad de las lagunas que se emplazan en la sub cuenca, desde el punto de vista glaciológico, geológico-geotécnico y volúmenes de agua.

#### 1.7.1.2 Recopilación y Análisis de la Información Existente

Esta etapa consiste en la recopilación y análisis de la información existente, correspondiente a la sub cuenca en estudio, así como lagunas y glaciares que se emplazan en ella, a fin de realizar un análisis y tener conocimiento previo de las condiciones glaciológicas, geológicas, geomorfológicas, geotécnicas e hidrológicas del entorno de las lagunas, y del estado de las obras de seguridad que se emplazan en ellas.

La información útil recopilada comprende:

- ✓ Información cartográfica (mapas topográficos digitales del IGN a escala 1:100000, 1: 50 000 y 1: 25 000 e imágenes satelitales)
- ✓ Mapa base utilizando cartas topográficas del IGN.
- ✓ Fotografías aéreas, imágenes de satélite impresas y digitales de alta resolución.
- ✓ Mapas geológicos, existentes para la elaboración de mapas litológicos y definición de movimientos en masas existentes en el área de estudio.
- ✓ Informes de inspecciones anteriores, entre otros.

En ese contexto, los conocimientos que se obtienen con la información preliminar, sirven de base para una adecuada planificación del trabajo y el logro de los objetivos.

#### 1.7.1.3 Elaboración del Plan de Trabajo

El equipo técnico formula el plan de trabajo, considerando las características de la zona de estudio, y los requerimientos necesarios para el cumplimiento de los objetivos.

El plan de trabajo es aprobado por la SDRAG del INAIGEM.

### 1.7.2. Fase II - Campo

#### 1.7.2.1 Recolección de información In situ

Esta etapa consistió en la recopilación de información, que permitió efectuar la caracterización física de los glaciares e identificar masas de hielo inestables con probabilidad de generar avalanchas; se efectuó el reconocimiento de los depósitos glaciáricos, asimismo se realizó la medición de caudales, de salida de la laguna.

Fue fundamental la realización de la evaluación geológica, geomorfológica, de pendientes y geotécnica de la sub cuenca, así como la realización de trabajos de prospección geofísica en la morrena frontal de la laguna Palcacocha, y la evaluación del estado de las obras de seguridad.

El trabajo de campo fue complementado con vistas fotográficas, y extracción de muestras, siendo las últimas llevadas a un laboratorio de petrografía en la ciudad de Lima.

### 1.7.3. Fase III – Gabinete

#### 1.7.3.1 Sistematización, Análisis y Evaluación

En esta etapa se sistematiza y procesa toda la información obtenida en campo, información que corresponde a la caracterización de la sub cuenca, considerando además el estado del glaciar y las condiciones en que se encuentran las obras de seguridad. Producto de la sistematización de la información, se desarrollan los mapas temáticos, de geología, geotecnia, pendientes y geomorfología, cuya superposición nos permitió determinar los niveles de peligro a lo largo de toda la sub cuenca, para lo cual se tomó en cuenta la Tabla N° 02, según detalle.

**Tabla N° 02: Valoración del Nivel de Peligro**

VALORACIÓN DEL PELIGRO	GEOLOGÍA (Erosionabilidad)	GEOTECNIA (Nivel de competencia)	PENDIENTE	GEOMORFOLOGÍA (Erosionabilidad)
0	Muy Baja	Muy alta	Muy Baja	Muy Baja
1	Baja	Alta	Baja	Baja
3	Media	Media	Media	Media
6	Alta	Baja	Alta	Alta
10	Muy Alta	Muy baja	Muy Alta	Muy Alta

Fuente: INAIGEM – Diciembre 2017

Es de precisar que, la valoración de cada uno de los parámetros (geología, geotecnia, pendiente y geomorfología), se realizó teniendo en cuenta los aspectos que se detallan a continuación:

#### 1. Geología

Habiéndose identificado las unidades geológicas, se procedió a establecer el grado de erosionabilidad del material, de acuerdo a la Tabla N° 03: Grado de Erosionabilidad.

**Tabla N° 03: Grado de Erosionabilidad.**

Tipo de Material	Nomenclatura del Material	Grado de Erosionabilidad
Roca compacta	Nm_bcb	Muy baja
Roca Fracturada/Roca Meteorizada/Alterada	Ns-pa	Baja
Roca Meteorizada/Alterada - Cuaternario glaciárico / Cuaternario Fluvio glaciárico, Lacustrino	PN-vca; Q-gl1; Q-gl2	Media
Cuaternario Aluvional, Aluvial y Fluvio glaciárico	Js-ch, Q-al, Q-alv; Q-fg, Q-gl3	Alta
Cuaternario Coluvial, Fluvial, Lacustrino	Q-co, Q-fl, Q-la	Muy alta

Fuente: INAIGEM – Diciembre 2017

#### 2. Geotecnia

Se analizó el nivel de competencia del material (suelo y roca), teniendo en cuenta las características y resistencia del material, basada en información obtenida en campo. Ver Tabla N° 04: Nivel de Competencia de Suelos y Rocas.

Año Del Buen Servicio al Ciudadano

**Tabla N° 04: Nivel de Competencia de Suelos y Rocas**

MATERIAL AFLORANTE		
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	NIVEL DE COMPETENCIA
R-I	Roca de muy alta resistencia	Muy alta
R-II	Roca de alta resistencia	
R-III	Roca de resistencia media	Alta
R-IV	Roca de baja resistencia	
R-V	Roca de muy baja resistencia	Media
S-I	Suelo de muy alta resistencia	
S-II	Suelo de alta resistencia	Baja
S-III	Suelo de resistencia media	
S-IV	Suelo de baja resistencia	Muy baja
S-V	Suelo de muy baja resistencia	

Fuente: INAIGEM, Diciembre 2017

### 3. Pendiente

La determinación del nivel de pendiente se basó en el % de la ladera; según detalle de Tabla N° 05, Niveles de Pendiente.

**Tabla N° 05: Niveles de Pendiente**

Pendiente %	Descripción	NIVEL DE PENDIENTE
< 4	Plano, a ligeramente inclinada	Muy Baja
4 - 25	Moderadamente inclinada / Fuertemente inclinada /Moderadamente empinada	Baja
25 - 50	Empinada	Media
50 - 75	Fuertemente empinada	Alta
> 75	Extremadamente empinada	Muy Alta

Fuente: INAIGEM – Diciembre 2017

### 4. Geomorfología

El aspecto geomorfológico, fue evaluado en base a las geoformas presentes en una determinada área. Ver Tabla N° 6: Geoformas.

**Tabla N° 06: Geoformas**

VALORACIÓN	Simbología	GEOFORMAS (Geomorfología)	
		Relieve Montañoso	Relieve Colinoso
Muy baja	Rm-lbr, Rc-lbr	Con laderas bajas en roca / En fondo de valle glaciar	Con laderas bajas en roca.
Baja	Rc-lmr, Rm-lmr	Con laderas medias en roca	Con laderas medias en roca / En fondo de valle glaciar
Media	Rc-lar, Rm-fvg, Rm-lar, Rm-lbs	Con laderas altas en roca / Con laderas bajas en suelo / En fondo de valle glaciar	Con laderas altas en roca.
Alta	Rc-las, Rc-lbs, Rc-lms, Rm-lms	Con laderas medias en suelo	Con laderas altas en suelo, con ladera media en suelo, con ladera baja en suelo.
Muy alta	Rm-las	Con laderas altas en suelo	-

Fuente: INAIGEM – Diciembre 2017



Año Del Buen Servicio al Ciudadano

De acuerdo a los parámetros descritos en una determinada área, se asigna una valoración por cada aspecto evaluado, las cuales, al ser acumuladas, nos da una valoración de peligro por área (Valor\_Suma); según detalle de la Tabla N° 07:

**Tabla N° 07: Valoración de Peligro por Área.**

Aspecto	Geología	Geotecnia	Pendiente	Geomorfología	Valor Suma
Valoración asignada a una determinada área.					

Fuente: INAIGEM – Diciembre 2017

Finalmente, con el Valor\_Suma, y usando la Tabla N° 08, se determinaron los niveles de peligro de las diferentes áreas de la sub cuenca, los cuales fueron plasmados en el mapa final de peligros del área estudiada.

**Tabla N° 08: Valoración de Peligros Final**

VALORACIÓN FINAL	NIVEL DE PELIGRO
0	Muy bajo
1 - 4	Bajo
5 - 12	Moderado
13 - 24	Alto
25 - 40	Muy alto

#### 1.7.4. Fase IV – Informe Final

Durante esta fase, se elabora el informe final que comprende la descripción geológica, geomorfológica, de pendientes y geotécnica, considerando además el estado del glaciar y las condiciones en que se encuentran las obras de seguridad que se emplazan en el entorno; información que es plasmada, además, en el mapa de susceptibilidad a peligros de la subcuenca.

Para un mejor entendimiento, en esta etapa se elaboran, además, cuadros, figuras, descripción de fotografías ilustrativas, mapas temáticos, entre otros.



## 2. ASPECTOS GEOLÓGICOS

### 2.1. Introducción

Se ha desarrollado en base a información primaria recopilada durante los trabajos de campo realizados por el (INAIGEM, 2017) en el mes de septiembre del año 2017. Asimismo, es importante señalar que también se ha incorporado en este documento la información secundaria proveniente de estudios en algunos casos puntuales.

El desarrollo de la presente sección abarca la identificación, caracterización y descripción de las unidades geológicas existentes. La adecuada descripción de los caracteres litológicos, estructurales, morfogénesis y morfológicas del substrato geológico existentes, constituyen aspectos importantes para el estudio. El informe incluye una memoria descriptiva de los aspectos geológicos en base a la revisión y análisis de la información existente, interpretación de imágenes satelitales, el reconocimiento de campo mediante el cartografiado superficial de las unidades geológicas identificadas a nivel local y regional, y el análisis y evaluación de la información obtenida durante la etapa de campo.

El presente reporte describe en total once (11) unidades geológicas distribuidas de la siguiente manera: una (1) unidad geológica sedimentarias, una (1) unidad geológica volcánica, dos (2) unidades geológicas intrusivas y siete (07) unidades geológicas cuaternarias, todas se presentan en la Figura 06, Mapa de Unidades Geológicas de la Subcuenca Quillcay, escala 1:25,000.

### 2.2. Geología Regional

La subcuenca del río Quillcay está compuesta por rocas sedimentarias del Jurásico Superior que afloran en la parte media y alta del área de estudio, también tenemos rocas plutónicas en la parte media y alta de la subcuenca y tenemos rocas volcánicas que afloran en la parte baja del área de estudio, estas rocas ígneas y volcánicas tienen edad del Neógeno, todas estas unidades geológicas componen el basamento rocoso. Además, en el área de estudio tenemos depósitos cuaternarios principalmente de origen glaciárico, fluvio-glaciario, lacustrino y coluvial.

#### 2.2.1. Unidades Geológicas

Se caracteriza por presentar una columna estratigráfica donde comprende formaciones geológicas que datan desde el Jurásico Superior hasta los tiempos recientes. El basamento rocoso del área de estudio está conformado por principalmente por rocas detríticas del Jurásico Superior, cubierta en parte por rocas sedimentarias del Jurásico Superior y por rocas volcánicas sedimentarias tobáceas del Neógeno medio y superior aflorando sólo en algunas zonas. Finalmente, los depósitos cuaternarios en su mayoría de origen glaciario, cubren en zonas en algunos casos muy cercanos a los cuerpos de agua (lagunas).

La unidad más antigua corresponde a la Formación Chicama, que infra yace en contacto erosional a las tobas del Grupo Calipuy. Esta secuencia clástica fue afectada por las intrusiones y pulsaciones de la Orogenia Andina (Tectónica Quechua), de naturaleza granodiorita/tonalita que se emplaza en el basamento detrítico principalmente generando zonas de contacto y su consecuente metamorfismo regional de bajo grado.

Como resultado de la evaluación geológica regional se ha identificado ocho unidades geológicas en superficie como se resumen en la Tabla N° 09.

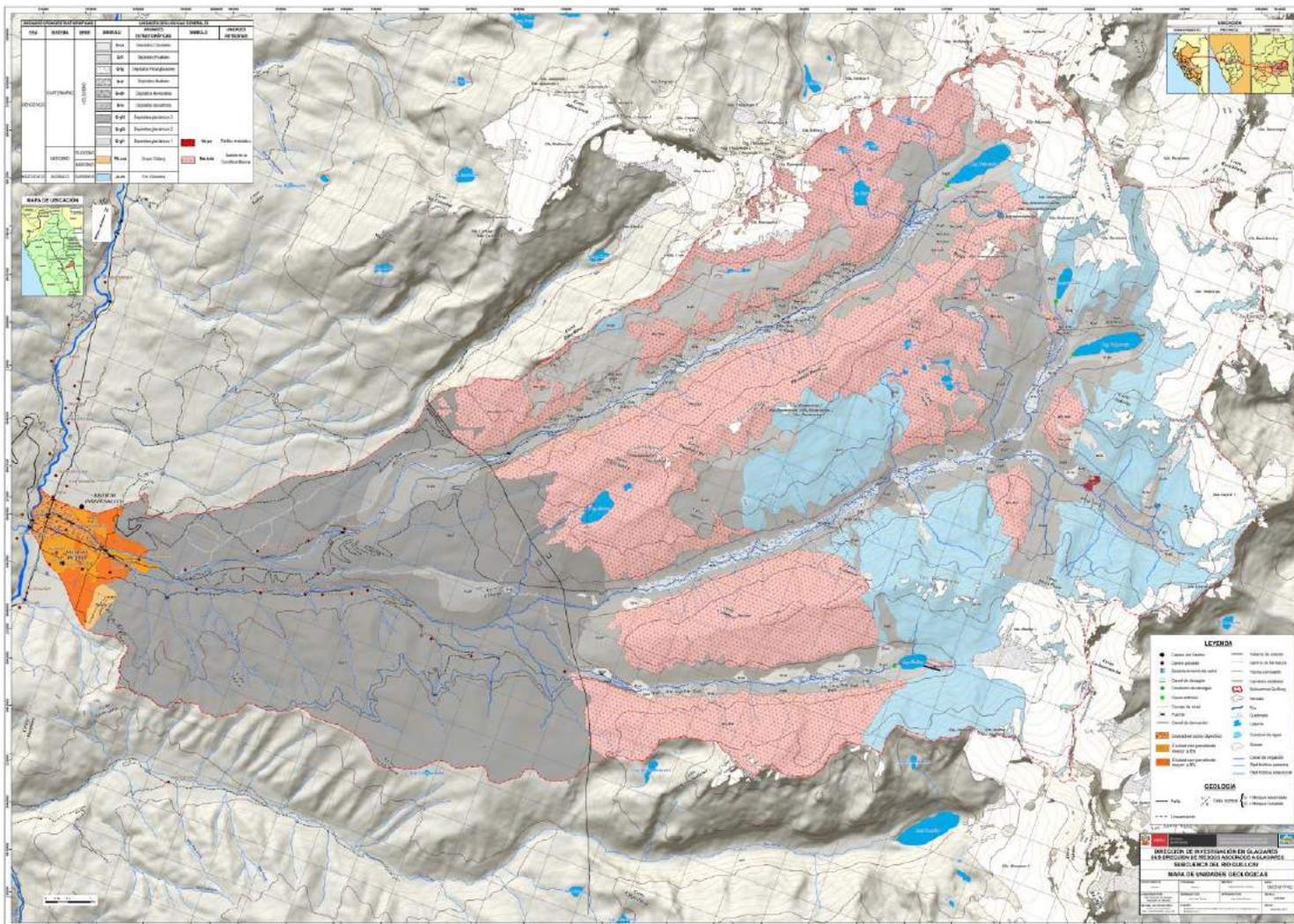
**Tabla N° 09: Unidades Geológicas Identificadas y su Relación con la Superficie que Ocupan**

Ítem	Unidades Geológicas	Símbolo	Características Principales	Superficie	
				Ha	%
1	Depósitos Coluviales	<b>Q-co</b>	Depósitos cuaternarios generados por la acción directa de la gravedad.	175,99	0,71
2	Depósitos Fluviales	<b>Q-fl</b>	Constituyen los depósitos generados por la acción de los ríos, conformados por cantos y gravas subredondeadas en matriz arenosa o limosa, mezcla de lentes arenosos y arenolimosos.	213,16	0,86
3	Depósitos Fluvioglaciares	<b>Q-fg</b>	Depósitos generados por la acción geodinámica del agua de deshielo glaciar y conformado por acumulaciones clásticas heterogéneas.	422,27	1,70
4	Depósitos Aluviales	<b>Q-al</b>	Depósitos cuaternarios generados por la acción directa de los ríos.	40,86	0,16
5	Depósitos Aluvionales	<b>Q-alv</b>	Constituyen los depósitos generados por acción de los aluviones ocurridos en diferentes épocas; conformada por una mezcla heterogénea de bolones, gravas y arenas, redondeadas a subredondeadas, así como limos y arcillas.	26,04	0,11
6	Depósitos Lacustrinos	<b>Q-la</b>	Depósitos generados por la acción de los lagos, conformado por capas delgadas de material fino y material grueso en menor proporción.	308,63	1,24
7	Depósitos Glaciáricos	<b>Q-gl</b>	Depósitos generados por la geodinámica del glaciar y conformados por acumulaciones clásticas muy heterogéneas.	9941,07	40,09
8	Intrusivo (Batolito de la Cordillera Blanca)	<b>Nm-bcb</b>	La litología se compone de granodiorita-Tonalita leucócrata de grano grueso, con minerales esenciales de plagioclasa, cuarzo y ferromagnesianos.	7226,08	29,14
9	Hipabisal (Pórfido Andesítico)	<b>Ns-pa</b>	Roca ígnea hipabisal de color gris oscuro. Está conformada por fenocristales de plagioclasas y minerales ferromagnesianos cloritizados. Presenta agregados de diseminados de calcopirita y esfalerita.	5,99	0,02
10	Grupo Calipuy	<b>PN_vca</b>	Tobas de cristales y cristalolíticas intercaladas con coladas volcánicas de composición andesítica y algunos piroclastos.	36,70	0,15
11	Formación Chicama	<b>Js-ch</b>	Estratos de areniscas intercaladas con capas de lutitas negras con leve metamorfismo de contacto.	6029,08	24,31

Nota: El área comprendida en ciudad, comprende 371,03 Ha, y representa el 1,5% del área total de la sub cuenca.  
Fuente: INAIGEM, Diciembre 2017.



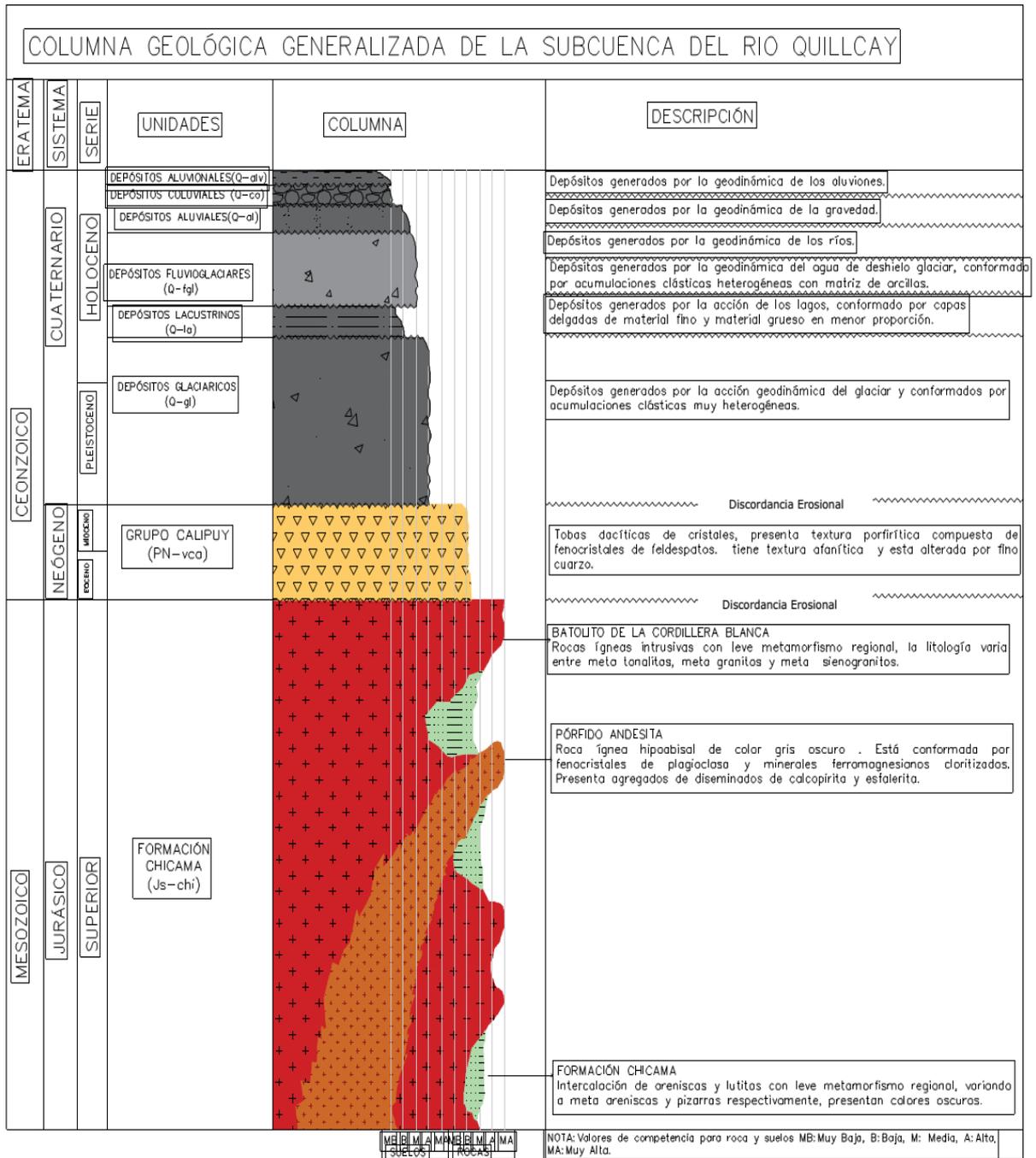
Figura N° 06: MAPA DE UNIDADES GEOLÓGICAS DE LA SUB CUENCA DEL RIO QUILLCAY



Fuente: INAIGEM, Diciembre 2017.

Año Del Buen Servicio al Ciudadano

Figura N° 07: Columna Geológica Generalizada en el Área de Estudio



NOTA: Valores de competencia para roca y suelos MB: Muy Bajo, B: Bajo, M: Media, A: Alta, MA: Muy Alta.

## 2.2.1 Unidades Geológicas

### *Jurásico Superior*

#### 2.2.1.1 Formación Chicama (Js-ch)

(INEGMMET, 1996), indica que, es una intercalación de estratos de lutitas gris oscuro y areniscas finas blanquecina de un grosor considerable, que afloran en gran parte de la Cordillera Blanca; no se ha evidenciado afloramientos rocosos en la base de la estratigrafía de la subcuenca, pero se infiere la presencia del Grupo Pucará como la formación más antigua; se considera que los afloramientos rocosos son extensos, producto de factores estructurales relacionado a la tectónica del área.

La Formación Chicama en el área de estudio, presenta afloramientos en la parte media y alta de la subcuenca. Se reconoce esta formación en la parte media de la Quebrada Quillcayhuanca, donde se compone de areniscas cuarzosas intercaladas con capas delgadas de lutitas de color oscuro, también se encuentran estas rocas detríticas en la Quebrada Cayesh y alrededor de las lagunas ubicadas en la cabecera de la subcuenca del río Quillcay.

Esta secuencia sedimentaria se encuentra muy deformada por el emplazamiento de las rocas intrusivas del Neógeno. Los estratos sedimentarios en algunos sectores se encuentran posición casi vertical como se muestra a continuación. Ver Fotografía 01.

**Fotografía N° 01: Afloramiento rocoso de la Formación Chicama**



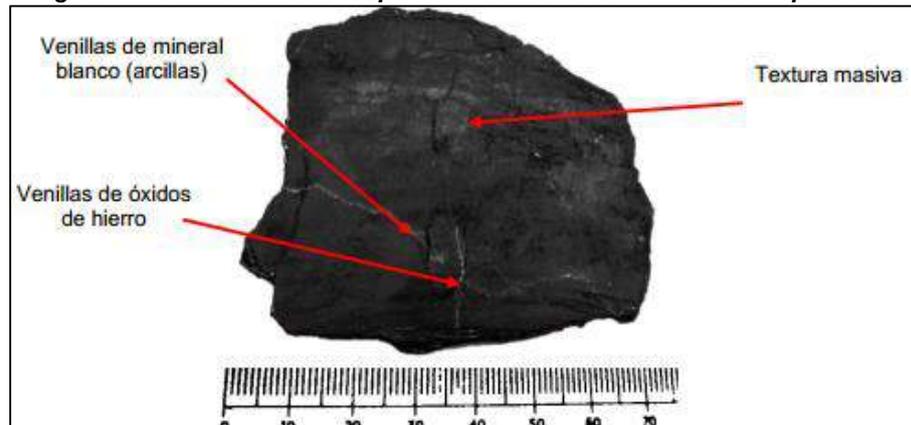
*Fuente: INAIGEM, Junio 2017.*

Del área en estudio se han extraído muestras representativas de roca, cuyos códigos son: (EMG-Q05, G-Q10, EMG-Q15, EMG-Q26, EMG-Q30, EMG-Q35, QQ-02 QQ-06 PC-Q40 EMG-C12 EMG-C14 SHA-01 SHA-02 PC-P01). Las mismas que fueron enviadas a laboratorio petrográfico para el estudio correspondiente

Se ha extraído una muestra de roca representativa (EMG-Q10) cuya ubicación se muestra en el Anexo D, el cual se ha enviado a un laboratorio petrográfico para su análisis correspondiente. A continuación, se detalla los resultados del análisis macroscópico y microscópico.

**Muestra: Meta Arenisca (EMG-Q10)****Protolito: Arenisca Cuarzosa.****Descripción Macroscópica**

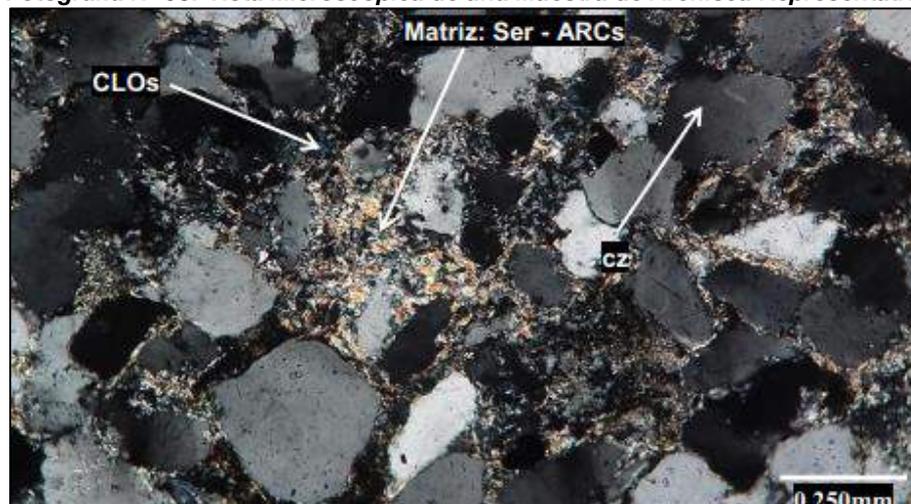
Roca sedimentaria compacta de color gris oscuro, presenta una textura masiva de grano fino; está constituida por cuarzo; la muestra presenta venillas menores que 1 mm rellenas por óxidos de hierro y probables arcillas; presenta densidad media y no tiene magnetismo; la muestra corresponde a una Arenisca Cuarzosa metamórfica (Meta Arenisca). Ver Fotografía 02.

**Fotografía N° 02: Vista Macroscópica de una Muestra de Arenisca Representativa**

Fuente: INAIGEM, Diciembre 2017.

**Descripción Microscópica**

Roca metamórfica no foliada compuesta principalmente por granos de cuarzo ligeramente orientados y por sectores algo suturados; están acompañados además de feldespato potásico en menor proporción; la muestra presenta una matriz criptocristalina compuesta por micas del tipo sericita y localmente por muscovita; en ambos casos junto con arcillas; existen trazas de biotita y cloritas, así como zircones; por sectores se presentan venillas rellenas por biotita secundaria y minerales opacos. Ver Fotografía 03.

**Fotografía N° 03: Vista Microscópica de una Muestra de Arenisca Representativa**

Fotomicrografía en LT-NX. Se observan blastos de cuarzo (CZ) con bordes suturados, muchos de ellos con aparente textura en mosaico. Se observa matriz rellena por sericita (ser) y arcillas (ARCs)

**Muestra: Pizarra (EMG-Q05)  
Protolito: Lutita.****Descripción Macroscópica**

Roca metamórfica con foliación, de color gris oscuro, con textura pizarrosa; presenta grano fino con agregados de micas; la muestra presenta densidad media y no tiene magnetismo. Ver Fotografía 04.

**Fotografía N° 04: Vista Macroscópica de una Muestra de Pizarra.**

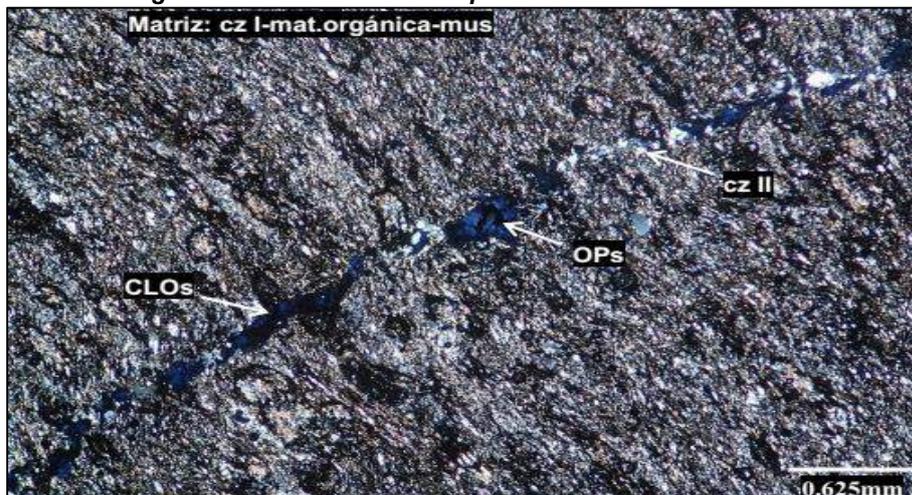


Fuente: INAIGEM, Diciembre 2017.

**Descripción Microscópica**

Roca metamórfica con textura pizarrosa, presenta fenoblastos de andalucita y moldes (de posible andalucita), dispuestos en una matriz constituida por finas láminas de muscovita intercalados con filamentos alargados de materia orgánica y granos de cuarzo I (cuarzo detrítico); por sectores presenta concentraciones granulares de cuarzo detrítico de mayor tamaño; contiene granos de cuarzo II, cloritas y minerales opacos rellenando microvenillas de 1 mm que corta de manera perpendicular a la foliación; presenta escasas impregnaciones criptocristalinas de arcillas. Ver Fotografía 05.

**Fotografía N° 05: Vista Microscópica de una Muestra de Pizarra.**



Fotomicrografía en LT-NX: Venilla perpendicular a la foliación y compuesta por cuarzo II (cz II), cloritas (CLOs) y minerales opacos (OPs), foliación definida por matriz lepidogranoblástica

Año Del Buen Servicio al Ciudadano  
compuesta por granos de cuarzo I (cz I), láminas de muscovita y materia orgánica, minerales opacos dispersos (OPs).  
*Fuente: INAIGEM, Diciembre 2017.*

**Muestra: Cuarcita Feldespática (EMG-Q26)**  
**Protolito: Arenisca Arcosa**

**Descripción Macroscópica:**

Roca compacta de color gris pardusco, está constituida esencialmente por cuarzo de grano fino a medio y disseminaciones de muscovita; la roca está cortada por una venilla formada principalmente por muscovita – óxidos de hierro y minerales opacos; presenta además venillas submilimétricas de limonita, la cual además se presenta tiñendo la muestra y venillas compuestas por minerales opacos. Ver Fotografía 06.

**Fotografía N° 06: Vista Macroscópica de una Muestra de Cuarcita.**

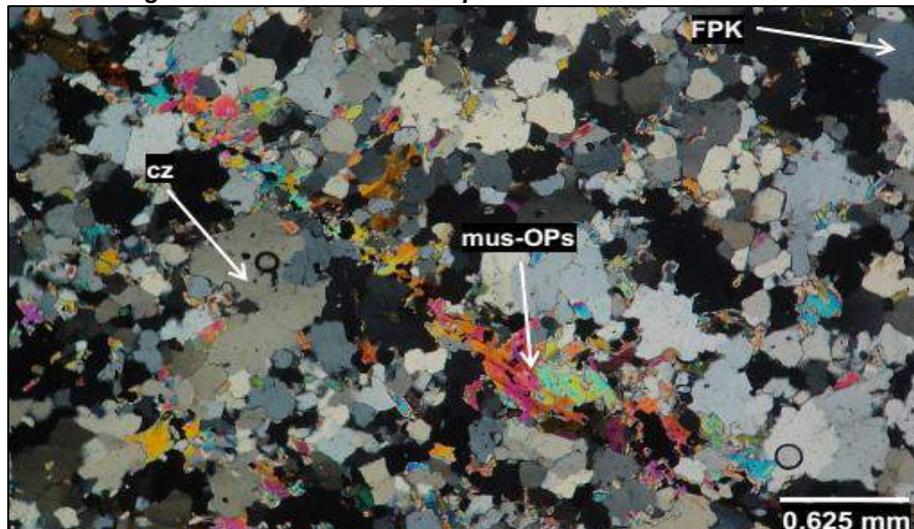


*Fuente: INAIGEM, Diciembre 2017.*

**Descripción Microscópica**

Roca metamórfica no foliada, compuesta por blastos cuarzo, los cuales se presentan suturados; por sectores forman una textura tipo mosaico mientras que en otros una textura de granos interdigitada; se encuentra acompañado de blastos de feldespato potásico en menor proporción; encontramos también presencia de muscovita, esporádica presencia de anfíboles y disseminaciones de minerales opacos; como minerales secundarios se encuentran la muscovita II y los anfíboles II principalmente como relleno de venillas. Ver Fotografía 07.

**Fotografía N° 07: Vista Microscópica de una Muestra de Cuarcita.**



Año Del Buen Servicio al Ciudadano

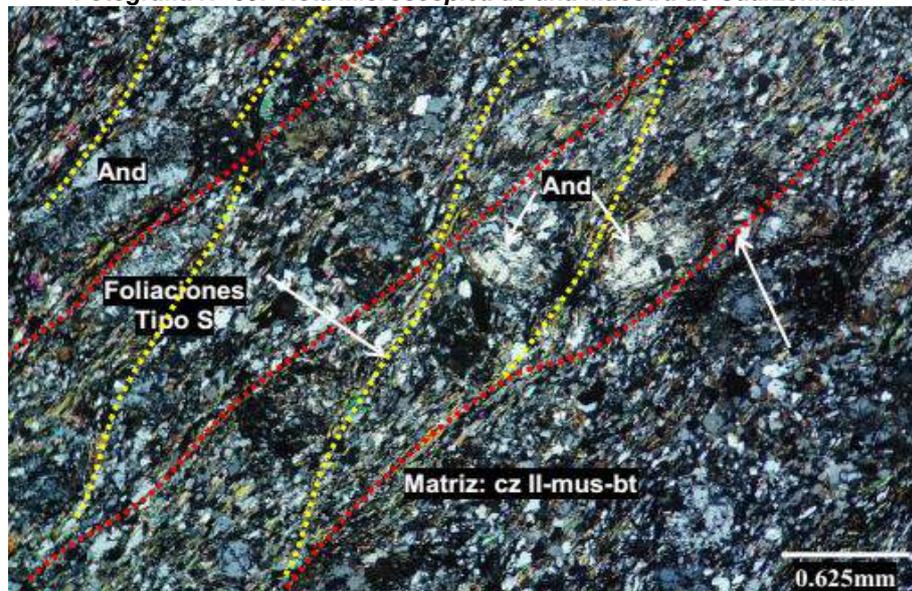
Fotomicrografía en LT-NX: Textura granoblástica conformada por blastos de cuarzo (cz) y feldespato potásico (FPK). Una venilla de muscovita (mus II) y opacos (OPs) corta la roca.

*Fuente: INAIGEM, Diciembre 2017.***Muestra: Cuarzofilita con Andalucita-Muscovita-Biotita (QQ-02)**  
**Protolito: Lutita Arenosa****Descripción Macroscópica**

Roca metamórfica foliada, presenta porfidoblastos de feldespatos en bandas de color gris oscuro; la matriz es de grano fino de color gris pardo oscuro con lineaciones de micas verdes; presenta impregnaciones de óxidos de hierro y está cortada por venillas de cuarzo y feldespato; no presenta magnetismo. Ver Fotografía 08.

**Fotografía N° 08: Vista Macroscópica de una Muestra de Cuarzofilita.***Fuente: INAIGEM, Diciembre 2017.***Descripción Microscópica**

Roca metamórfica con foliaciones tipo S-C y textura lepidogranoblástica, está compuesta por fenoblastos de andalucita y cuarzo I envueltos en una matriz formada por cuarzo II, muscovita y biotita; junto con los blastos de andalucita se encuentra clorita, epidota con minerales opacos; el cuarzo II presenta minerales opacos diseminados; ocurren dos eventos de venillas, el primero constituido por feldespato y el segundo por limonitas. Ver Fotografía 09.

**Fotografía N° 09: Vista Microscópica de una Muestra de Cuarzofilita.**

Año Del Buen Servicio al Ciudadano

Fotomicrografía en LT-NX: Textura lepidogranoblástica formada por porfidoblastos de andalucita (And) envueltos en una matriz foliada (Tipo S-C) constituida por láminas de muscovita (mus) y biotita (bt) y blastos de cuarzo II (cz II-mus-bt).

Fuente: INAIGEM, Diciembre 2017.

### Muestra: Meta Arenisca (QQ-06)

Protolito: Arenisca Cuarzosa.

### Descripción Macroscópica

Roca sedimentaria metamorfizada no foliada, presenta color gris pardusco a oscuro; tienen textura clástica, compuesta bandas de granos de cuarzo intercalado con delgadas bandas de minerales máficos (micas); presenta venillas de cuarzo de 2 mm de espesor; además la muestra presenta pátinas de oxidación y densidad media; no tiene magnetismo. Ver Fotografía 10.

**Fotografía N° 10: Vista Macroscópica de una Muestra de Meta Arenisca.**

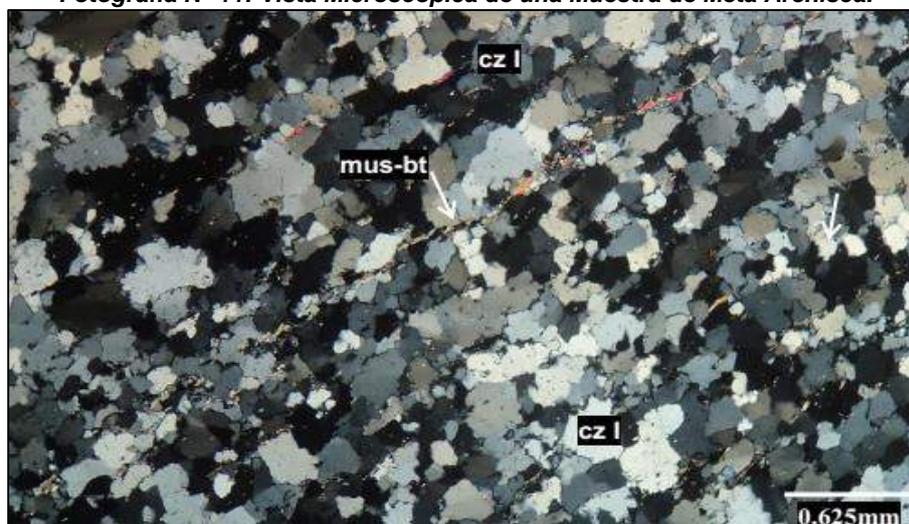


Fuente: INAIGEM, Diciembre 2017.

### Descripción Microscópica

Roca metamórfica, con textura clástica a débilmente granoblástica; está compuesta por granos de cuarzo I débilmente deformados, láminas de biotita y muscovita que definen la dirección de foliación y minerales opacos; además presenta venillas de cuarzo II de 1 a 2 mm de espesor y minerales secundarios de cloritas y arcillas. Ver Fotografía 11.

**Fotografía N° 11: Vista Microscópica de una Muestra de Meta Arenisca.**





PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Instituto Nacional de Investigación  
en Glaciares y Ecosistemas de Montaña



Año Del Buen Servicio al Ciudadano

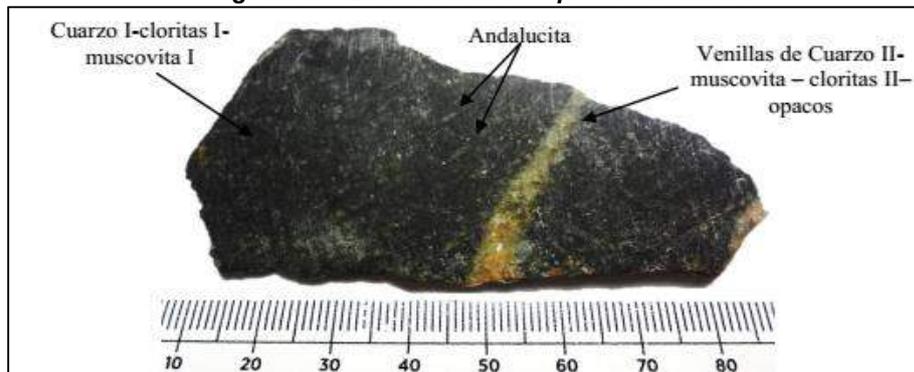
Fotomicrografía en LT-NX: Granos de cuarzo I (cz I) débilmente deformados, presentando contactos suturados y extinción débilmente ondulante, hileras de muscovita (mus) y biotita (bt) subparalelos a la foliación.

*Fuente: INAIGEM, Diciembre 2017.*

Año Del Buen Servicio al Ciudadano

**Muestra: Hornfels de Andalucita – Biotita – Muscovita-Actinolita (SHA-01)**  
**Protolito: Lutita****Descripción Macroscópica**

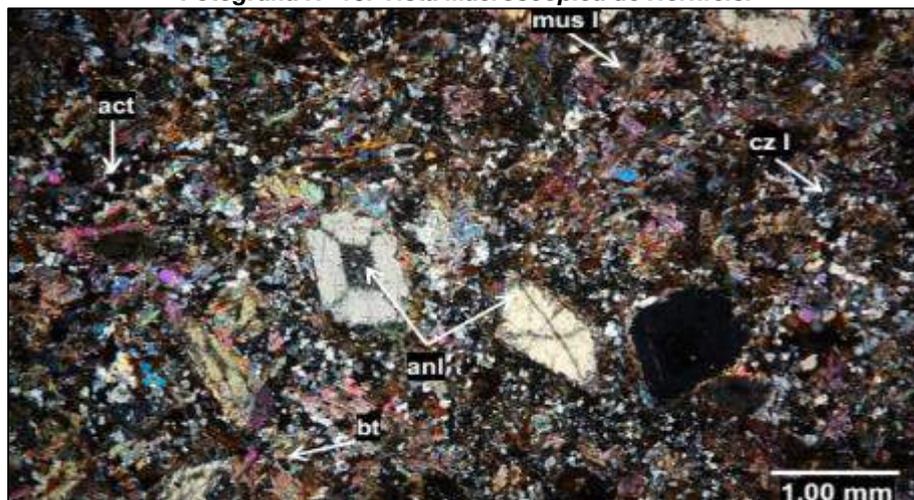
Roca metamórfica sin foliación, de color gris oscuro; presenta textura porfidoblástica de grano medio a fino; conformada por fenoblastos de andalucita envueltos en una matriz de grano fino; es cortada por una venilla de espesor promedio de 5.5 mm relleno de cuarzo tardío, micas y cloritas; la mineralización es escasa y ocurre dispersa en la matriz de la roca; presenta densidad media y no presenta magnetismo. Ver Fotografía 12.

**Fotografía N° 12: Vista Macroscópica de Hornfels.**

Fuente: INAIGEM, Diciembre 2017.

**Descripción Microscópica**

Roca con metamorfismo de bajo a medio grado con textura pórfido – granoblástica; está conformada por porfidoblastos de andalucita (Quiastolita) englobados en una matriz de textura granoblástica de grano medio a fino, constituida por agregados granulares de cuarzo I, biotita, muscovita, actinolita y cloritas acompañados de minerales opacos; la roca es cortada por una vetilla de espesor promedio 5.5 mm, rellena por cuarzo II, muscovita II, cloritas II y minerales opacos; la mineralización metálica es escasa y es reemplazada por óxidos de hierro. Ver Fotografía 13.

**Fotografía N° 13: Vista Macroscópica de Hornfels.**

Textura granoblástica a porfidoblástica conformada por cuarzo I (cz I), biotita (bt), muscovita (mus), actinolita (act) y cloritas I (CLO I), englobando porfidoblastos de andalucita (ani).  
Fotomicrografía en LT-NX

Fuente: INAIGEM, Diciembre 2017.

Los afloramientos rocosos de la Formación Chicama se extienden en un área de 6029.08 hectáreas, lo que representa el 24.31% del área total de la subcuenca del río Quillcay.

## Neógeno

### 2.2.1.2 Grupo Calipuy (PN\_vca)

(INEGMMET, 1996), indica que, es una secuencia de rocas piroclásticas localizadas en la parte baja del río Quillcay que forma parte del Valle del río Santa (Huaraz); la litología predominante consiste en rocas piroclásticas gruesas de composición andesítica, también presenta abundantes lavas andesíticas e ignimbritas dacíticas, estas secuencias son extremadamente variables; algunas dataciones radiométricas tipo K-Ar de muestras del Grupo Calipuy, han dado como resultados en la base de lava Basáltica edades de 24.6 a 15.2 M.A. (INEGMMET, 1996), el cual corresponde a edades de Eoceno y Mioceno.

Litológicamente, en el área de estudios, el volcánico Calipuy está comprendido por tobas riolíticas, volcánicos sedimentarios, aglomerados volcánicos y piroclastos. Este grupo volcánico lo encontramos en la parte baja de la subcuenca del río Quillcay por la margen izquierda, desde Rataquenua hasta su desembocadura en el río Santa; estas rocas volcánicas se encuentran cubiertas por un grueso paquete de depósitos glaciáricos. Ver Fotografía 14.

**Fotografía N° 14: Afloramiento rocoso de la Formación Calipuy, corte de carretera hacia "Rataquenua".**



Fuente: INAIGEM, Diciembre 2017.

Se ha extraído una muestra de roca representativa (PC-P01) cuya ubicación se muestra en el Anexo F, el cual se ha enviado a un laboratorio petrográfico para su análisis correspondiente. A continuación, se detalla los resultados del análisis macroscópico y microscópico.

**Muestra: Roca Alterada (PC-01)**  
**Protolito: Toba Dacítica de Cristales.**

### Descripción Macroscópica

Roca ígnea sub volcánica de color gris blanquecina, presenta textura porfirítica compuesta fenocristales de feldespatos de los cuales quedan moldes con relleno de arcillas; la matriz presenta tonos verdes, tiene textura afanítica de grano fino y esta alterada por fino cuarzo; la roca presenta pirita diseminada, su densidad es media y no presenta magnetismo; la muestra corresponde a una Toba Dacítica de Cristales. Ver Fotografía 15.

**Fotografía N° 15: Vista Macroscópica de una Muestra de Roca Piroclástica Representativa.**

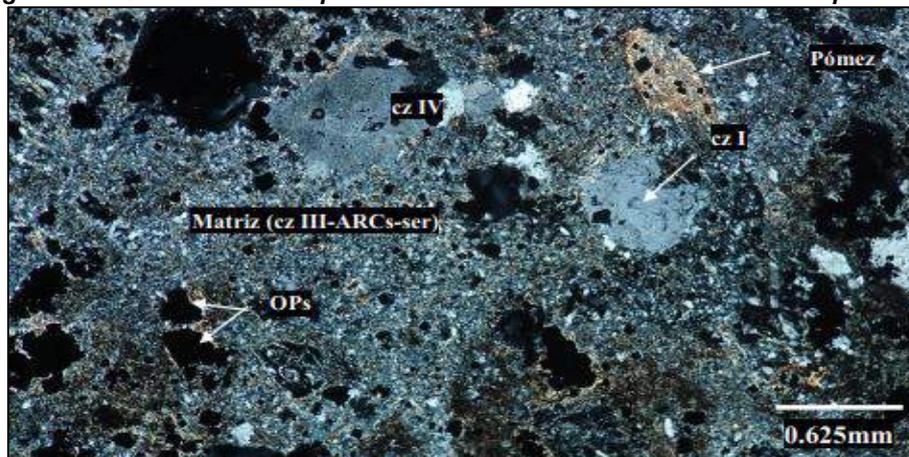


Fuente: INAIGEM, Diciembre 2017.

### Descripción Microscópica

Roca ígnea sub volcánica, presenta una textura obliterada, posiblemente piroclástica; está compuesta por moldes de feldespato, cristales de cuarzo I y muscovita; también presenta pómez y fragmentos líticos; la matriz está alterada y está constituida por relictos de cuarzo II alterados por un evento hidrotermal de fino cuarzo III; se reconoce otra silicificación con agregados de cuarzo IV y sericitización en finas láminas. Al final, un último evento de argilización constituido por illita-esmectita altera a toda la roca. Los moldes de feldespatos están rellenos con cuarzo III-arcillas y sericita; presenta mineralización diseminada en la matriz y pómez, visible macroscópicamente, que corresponde a pirita. Ver Fotografía 16.

**Fotografía N° 16: Vista Microscópica de una Muestra de Roca Piroclástica Representativa.**



Fotomicrografía en LT-NX. Textura obliterada. Presenta una matriz alterada por cuarzo III (cz III), cuarzo IV (cz IV) e illita-esmectita (ARCs) y sericita (ser). Se reconoce un relicto de fenocristales de cuarzo I (cz I) parcialmente reabsorbido. Los minerales opacos (OPs) están diseminados en la matriz y en los fragmentos juveniles (pómez).

Fuente: INAIGEM, Diciembre 2017.

Año Del Buen Servicio al Ciudadano

El Grupo Calipuy, ocupa un área de 36,7 hectáreas, que representa el 0.15% del total del área de la subcuenca Quillcay.

### 2.2.1.3 Rocas Intrusivas del Batolito de la Cordillera Blanca

El (INEGMMET, 1996), indica que en el área de estudio se presentan dos plutones del batolito de la cordillera Blanca. El Plutón Cojup, que constituye la prolongación del Batolito principal que se observa en los cerros de Rajo Colta, Tijeras Punta, nevado Huanchán, hasta la quebrada Huangangán y el Plutón Cahuish. El Plutón Cojup, consiste en leuco-granodioritas de grano grueso, con mega cristales de feldespato potásico gris de más de 5 cm le longitud.

Dentro del área de estudio, las rocas intrusivas del Batolito de la Cordillera Blanca, afloran en la parte media y alta de la subcuenca, desde las portadas de ingreso a las quebradas Cojup, Quillcayhuanca y Shallap; y se extiende hasta la cabecera de la subcuenca; las rocas intrusivas del batolito afloran en taludes con muy alta pendiente y presentan cobertura de material cuaternario en la parte inferior. Ver Fotografía 17.

**Fotografía N° 17: Afloramiento Rocoso del Batolito.**



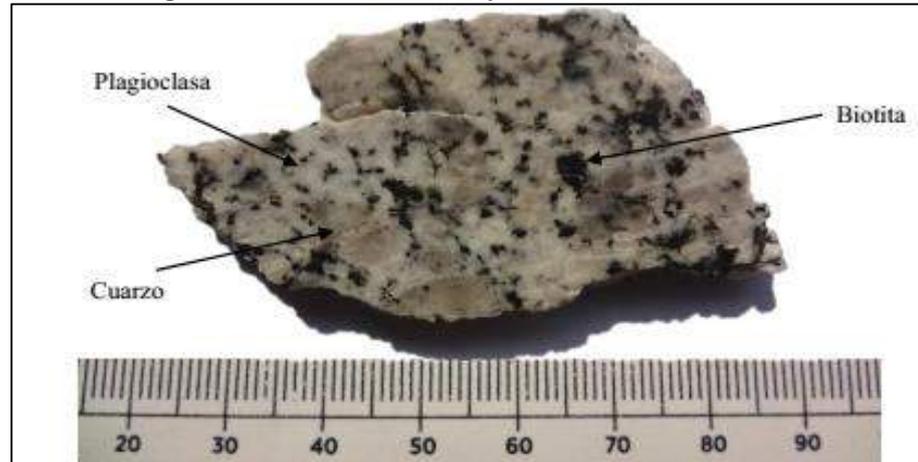
*Fuente: INAIGEM, Junio 2017.*

Se ha extraído una muestra de roca representativa (EMG-Q35), la cual fue analizada en un laboratorio petrográfico. A continuación, se detalla los resultados del análisis macroscópico y microscópico.

Año Del Buen Servicio al Ciudadano

**Muestra: Meta Tonalita (EMG-Q35)****Protolito: Tonalita****Descripción Macroscópica**

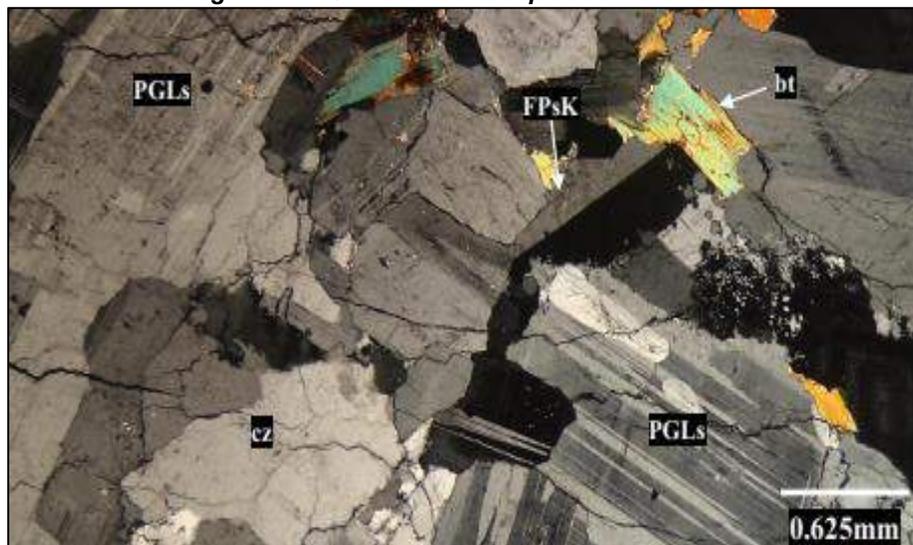
Roca ígnea intrusiva compacta de color blanco grisáceo con textura granular de grano medio conformado por plagioclasas, cuarzo, biotitas y escasa esfena y magnetita; la roca esta alterada a cloritas y epidota; tiene dureza y densidad media y magnetismo débil; la muestra corresponde a una Tonalita con leve metamorfismo (Meta Tonalita). Ver Fotografía 18.

**Fotografía N° 18: Vista Macroscópica de Meta Tonalita**

Fuente: INAIGEM, Junio 2017.

**Descripción Microscópica**

Roca ígnea intrusiva con metamorfismo de muy bajo grado con textura granoblástica de grano grueso, conformada por cristales de plagioclasas, cuarzo, biotita y feldespatos potásicos, además de esfena, minerales opacos, apatito y zircón; la muestra está alterada a cloritas, óxidos de hierro, arcillas, sericita, muscovita y epidota; el metamorfismo se evidencia en la deformación de los cristales de cuarzo, biotita, feldespatos potásicos (FPsK) y plagioclasas. Ver Fotografía 19.

**Fotografía N° 19: Vista Microscópica de Meta Tonalita**

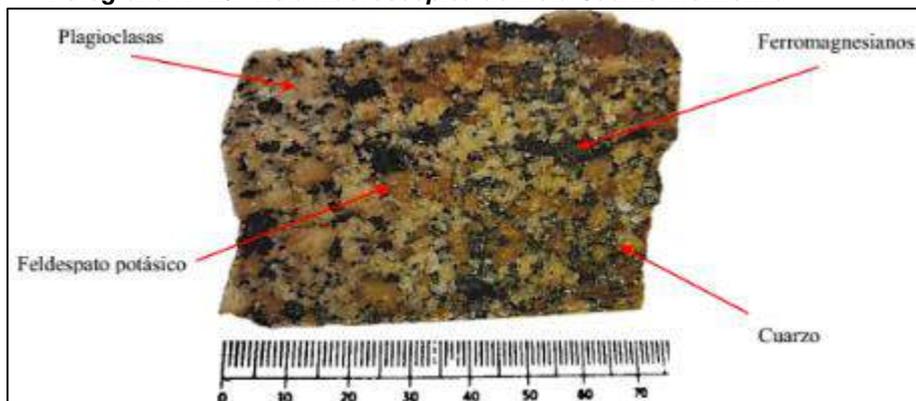
Fotomicrografía LT-NX. Agregado de cristales de plagioclasas (PGLs) con maclas polisintéticas, cuarzo (cz) y biotita (bt).

Fuente: INAIGEM, Diciembre 2017.

Año Del Buen Servicio al Ciudadano

**Muestra: Meta Cuarzo-Monzodiorita (EMG-Q15)****Protolito: Cuarzo-Monzodiorita****Descripción Macroscópica**

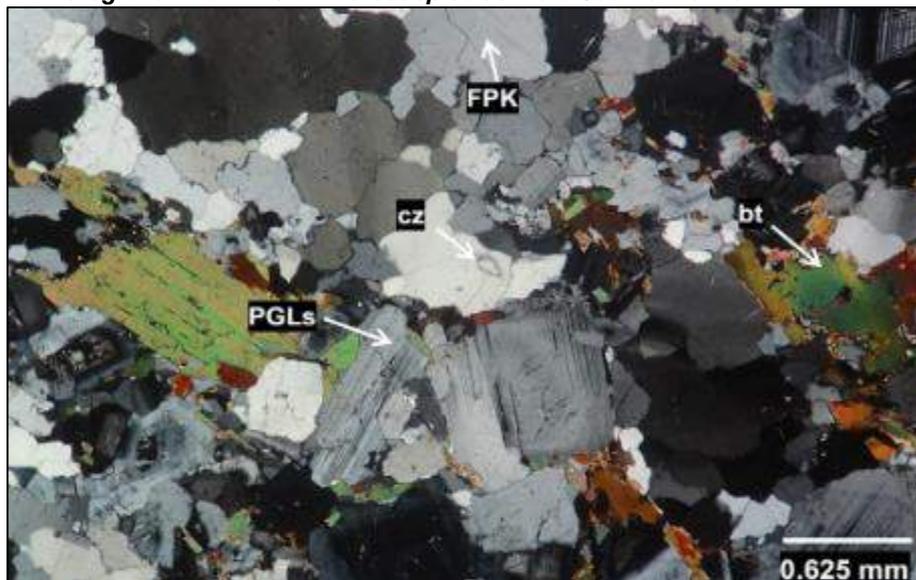
Roca ígnea intrusiva compacta, de color gris con tonos rosáceos, con textura fanerítica de grano medio; está conformada por plagioclasa, cuarzo, feldespato potásico y minerales ferromagnesianos como biotita y anfíbol; la muestra presenta sus cristales orientados. No presenta magnetismo. Ver Fotografía 20.

**Fotografía N° 20: Vista Macroscópica de Meta Cuarzo-Monzonita**

Fuente: INAIGEM, Junio 2017.

**Descripción Microscópica**

Roca con metamorfismo de bajo grado con textura granoblástica de grano medio, conformada principalmente por cristales de plagioclasa, cuarzo, feldespato potásico y biotita por sectores alterada a cloritas; presenta trazas de anfíbol, biotita secundaria y minerales accesorios como zircón, apatita y esfena. Presencia de minerales opacos diseminados en toda la muestra. El metamorfismo de contacto, evidencia una ligera recristalización del cuarzo y feldespatos, y la orientación de los cristales especialmente de los ferromagnesianos. Ver Fotografía 21.

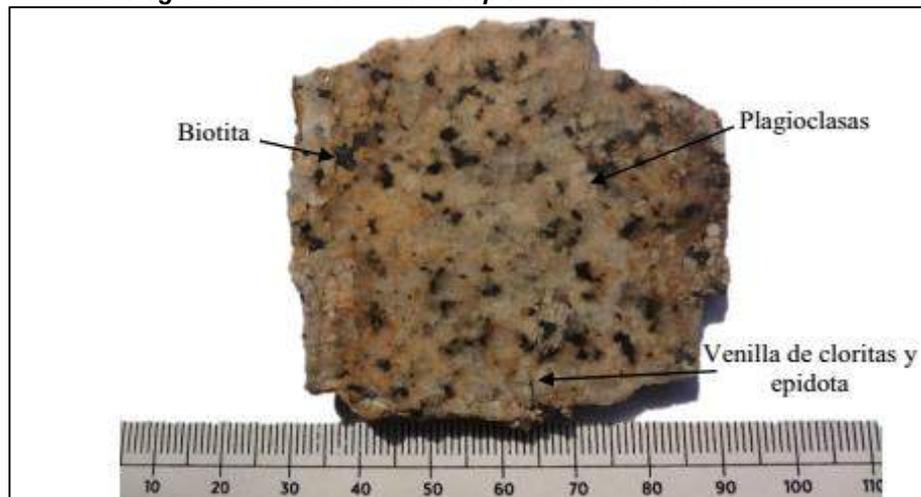
**Fotografía N° 21: Vista Macroscópica de Meta Cuarzo-Monzonita**

Fotomicrografía en LT-NX: Textura granoblástico conformado por blastos de cuarzo (cz), plagioclasa (PGLs), feldespato potásico (FPK) y biotita (bt). Notese los cristales de cuarzo por sectores formando textura en mosaico.

**Muestra: Meta Tonalita (EMG-Q30)**  
**Protolito: Tonalita****Descripción Macroscópica**

Roca ígnea intrusiva compacta de color gris claro, con una tonalidad parduzca; presenta textura granular de grano grueso, conformada por cuarzo, plagioclasas, feldespatos potásicos y biotita con escasa esfena y magnetita; se observan finas venillas rellenas de cloritas y epidota; las biotitas están alteradas a cloritas. Tiene densidad y dureza media, y magnetismo bajo. Ver Fotografía 22.

**Fotografía N° 22: Vista Macroscópica de Meta Tonalita.**

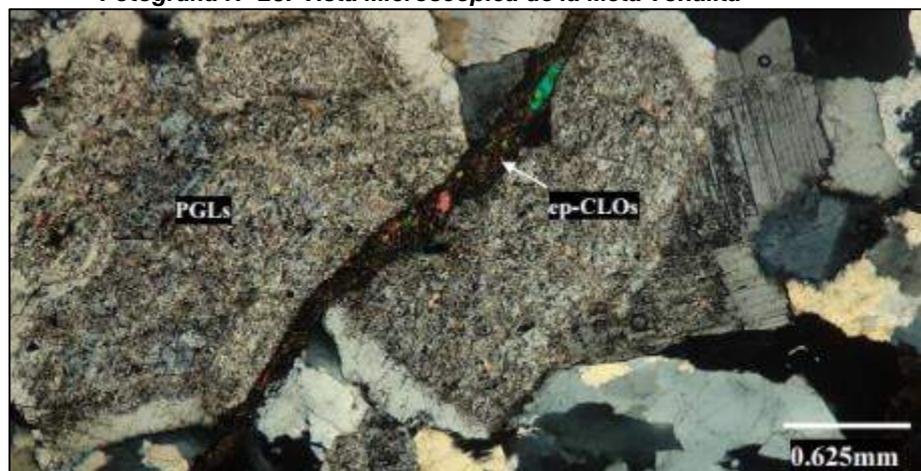


Fuente: INAIGEM, Junio 2017.

**Descripción Microscópica**

Roca ígnea intrusiva con metamorfismo de muy bajo grado con textura granoblástica de grano grueso, está conformada por cristales de plagioclasas, cuarzo, biotita y feldespatos potásicos, además de minerales opacos, esfena, apatito y anfíboles; la muestra está alterada a cloritas, óxidos de hierro, óxidos de titanio, epidota arcillas, sericita y muscovita. El metamorfismo se evidencia en la deformación de los cristales de cuarzo, biotita, feldespatos potásicos y plagioclasas. Ver Fotografía 23.

**Fotografía N° 23: Vista Microscópica de la Meta Tonalita**



Fotomicrografía en LT-NX: Venilla de epidota (ep) y cloritas (CLOs) atravesando la muestra. Nótese que la venilla corta y desplaza un cristal de plagioclasas (PGLs).

**Muestra: Meta Granito (EMG-C12)**  
**Protolito: Granito****Descripción Macroscópica**

Roca metamórfica compacta no foliada de color blanco grisáceo con tonalidades rosáceas; presenta textura granoblástica; se encuentra compuesta por plagioclasas, feldespatos potásicos, blastos de cuarzo y minerales ferromagnesianos; presenta densidad media a baja y débil magnetismo. Ver Fotografía 24.

**Fotografía N° 24: Vista Macroscópica de Meta Granito.**



Fuente: INAIGEM, Diciembre 2017.

**Descripción Microscópica**

Roca metamórfica con textura granoblástica, compuesta por cristales de feldespatos potásicos y plagioclasas con blastos de cuarzo, biotita y muscovita. La roca se encuentra alterada débilmente por arcillas, sericita y cloritas, e incipientemente por óxidos de hierro. Los minerales opacos ocurren diseminados en la muestra y asociados con los ferromagnesianos. Ver Fotografía 25.

**Fotografía N° 25: Vista Microscópica del Meta Granito**



Año Del Buen Servicio al Ciudadano

Fotomicrografía en LT-NX: Cristales subhedrales de plagioclasas alterados por arcillas y sericita (PGLs-ARCs-ser), blastos de cuarzo con extinción ondulante (cz), biotita subhedral (bt) y cristales de muscovita (mus).

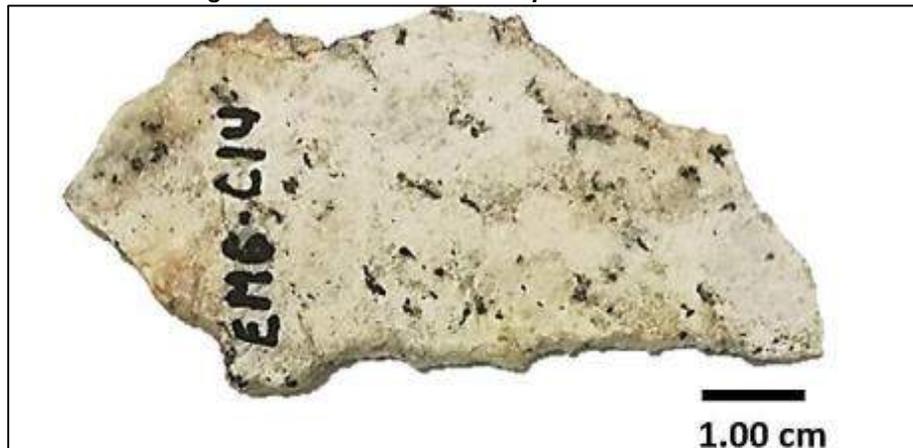
Fuente: INAIGEM, Diciembre 2017.

**Muestra: Meta Granito (EMG-C14)**  
**Protolito: Monzogranito**

**Descripción Macroscópica**

Roca metamórfica 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. Ver Fotografía 26.

**Fotografía N° 26: Vista Macroscópica de Meta Granito.**



Fuente: INAIGEM, Diciembre 2017.

**Descripción Microscópica**

Roca metamórfica con textura granoblástica, formada por cristales de feldespatos potásicos y plagioclasas con blastos de cuarzo, biotita y muscovita. Además, se presentan minerales accesorios como esfena, zircón y apatito. La roca se encuentra alterada débilmente por arcillas y cloritas, e incipientemente por sericita y óxidos de hierro. Los minerales opacos se encuentran diseminados en la muestra asociados con los ferromagnesianos. Ver Fotografía 27.

Año Del Buen Servicio al Ciudadano

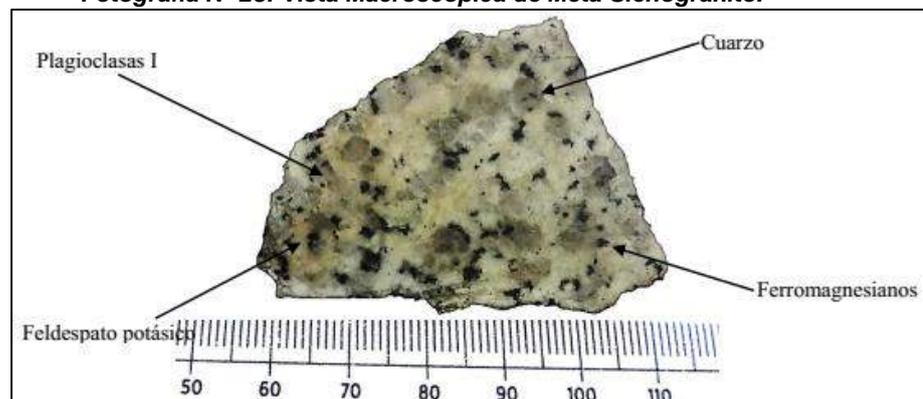
**Fotografía N° 27: Vista Microscópica del Meta Granito**

Fotomicrografía en LT-NX: Cristales subhedrales de plagioclasas alterados por arcillas y sericita (PGLs-ARCs-ser), blastos de cuarzo con extinción ondulante (cz), biotita subhedral (bt) junto con muscovita (mus). Además minerales opacos diseminados (OPs).

Fuente: INAIGEM, Diciembre 2017.

**Muestra: Meta Sienogranito (SHA-02)****Protolito: Sienogranito****Descripción Macroscópica**

Roca metamórfica 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 densidad baja y magnetismo débil.

**Fotografía N° 28: Vista Macroscópica de Meta Sienogranito.**

Fuente: INAIGEM, Diciembre 2017.

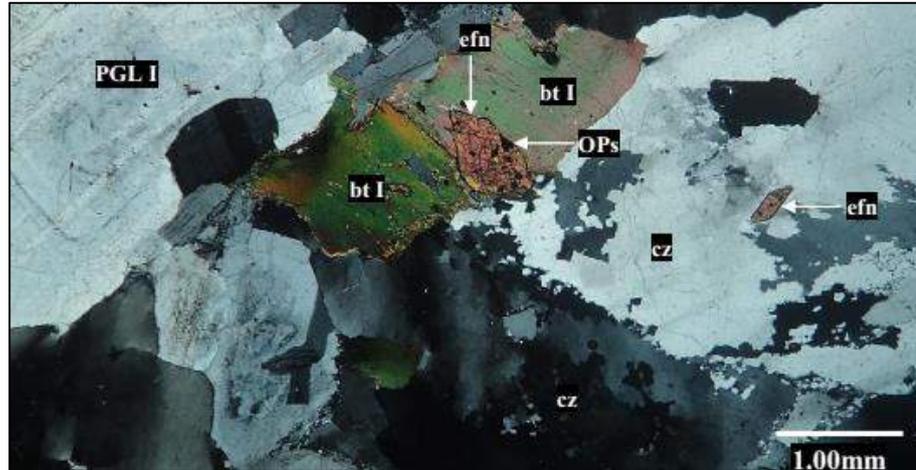
**Descripción Microscópica**

Roca metamórfica con textura granoblástica de grano medio. Está conformada por cristales subhedrales de plagioclasa I, feldespato potásico, cuarzo y biotita primaria. Los feldespatos presentan una incipiente alteración de tipo argilización, mientras que la biotita primaria ha sufrido una cloritización de forma penetrativa. Se observan cristales de esfena y zircón, como inclusiones en plagioclasa, feldespato potásico y biotita. Localmente las plagioclasas y feldespato potásico muestran un intercrecimiento de tipo perítico y poiquilítico. Algunos cristales de cuarzo y biotita ocurren deformados

Año Del Buen Servicio al Ciudadano

mostrando una extinción de tipo ondulante y flexionado, respectivamente. Ver Fotografía 29.

**Fotografía N° 29: Vista Microscópica del Meta Sienogranito**



Cristales de biotita (bt I), con inclusiones de esfena (efn). Esfena con diseminaciones de minerales opacos (OPs). Blastos de cuarzo con bordes suturados, extinción de tipo ondulante e inclusiones de esfena (efn). Fotomicrografía en LT-NX

Fuente: INAIGEM, Diciembre 2017.

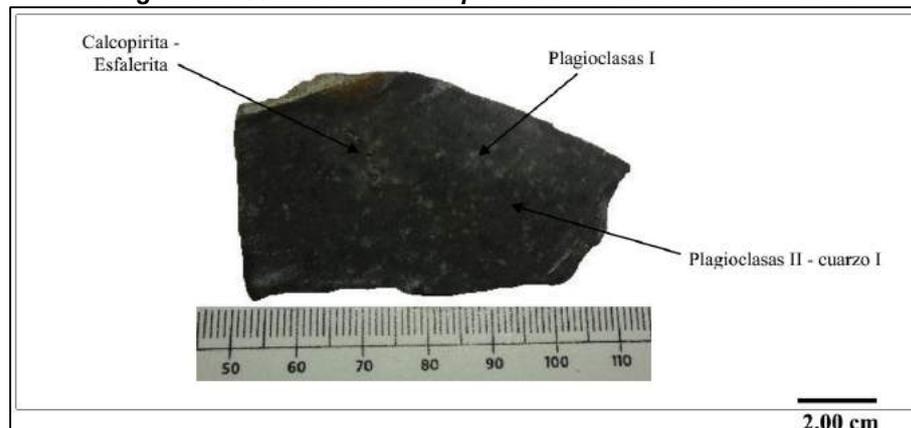
### Muestra: Pórfido Andesita (PC-Q40)

Roca ígnea hipoabisal de color gris oscuro con textura porfírica. Está conformada por fenocristales de plagioclasa y minerales ferromagnesianos cloritizados. La matriz es de grano fino de tonalidades verdes. Presenta agregados de diseminados de calcopirita y esfalerita.

### Descripción Macroscópica

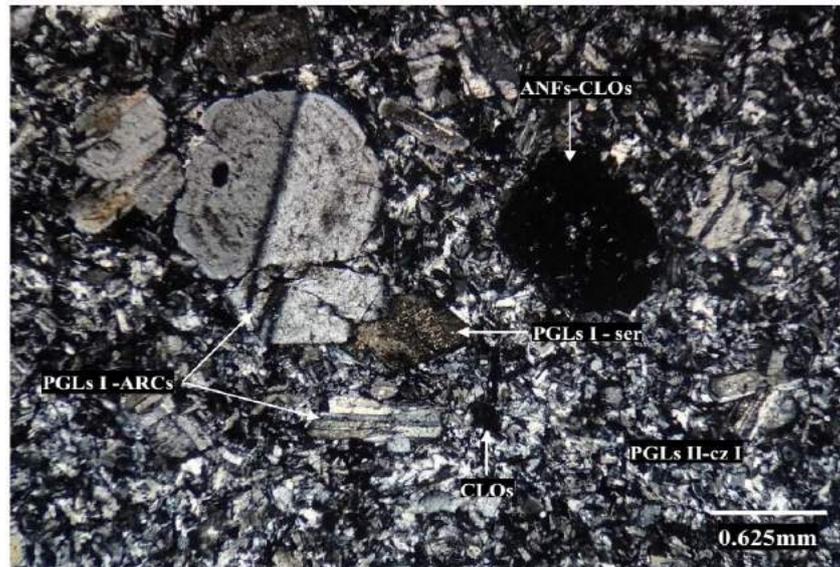
Roca ígnea hipoabisal de textura porfírica, conformada por fenocristales subhedrales a euhedrales de plagioclasa I, feldespato potásico I y moldes de anfíboles fuertemente reemplazados por cloritas, epidota y minerales opacos. Los feldespatos se encuentran débilmente alterados por sericita y arcillas. La matriz que engloba los fenocristales está constituida por microlitos de plagioclasa II, feldespato potásico II y cuarzo I, con intersticios rellenos por cloritas. Los minerales opacos se observan asociados a cuarzo II (de relleno) y esfalerita.

**Fotografía N° 30 :Vista Macroscópica de una roca Pórfido Andesita**



Fuente: INAIGEM, Diciembre 2017.

**Fotografía N° 31: Vista Microscópica de una roca Pórfido Andesita**



Cristales subhedrales de plagioclasas I (PGLs I), maclados y alterados a sericita (ser) y minerales arcillosos (ARCs), englobados por una matriz de plagioclasas II y cuarzo I (PGLs II-cz I), con intersticios rellenos por cloritas (CLOs). Moldes de anfíboles (ANFs) intensamente reemplazados por cloritas (CLOs). Fotomicrografía en LT-NX.

El batolito de la Cordillera Blanca se extiende en un área de 7226.08 hectáreas que representa el 29.14% del área total de la subcuenca del río Quillcay.

#### 2.2.1.4 Depósitos Cuaternarios

Los sedimentos de edad cuaternaria que cubren a los afloramientos rocosos, fueron formados por los procesos de geodinámica externa, ocurridos en la época reciente; aunque estos eventos pueden estar ligados a otros factores más complejos, los más comunes involucran la meteorización y transporte de detritos sobre la superficie topográfica. Tales detritos poseen rasgos peculiares que permiten caracterizarlos como propios de un ambiente sedimentario en particular. Así, la nomenclatura de éstos se da mediante la comprensión de su litología, granulometría, forma, tamaño, continuidad y disposición.

Estos depósitos recientes se conocen como depósitos sedimentarios de edad Cuaternaria. En el área de estudio estos sedimentos se han acumulado en su mayoría por procesos geodinámicos glaciáricos, fluvio-glaciares, aluviales, fluviales y Coluviales o depósitos de pie de monte.

##### 2.2.1.4.1 Depósitos Glaciáricos (Q-gl)

Los depósitos glaciares, están formados por materiales que pueden haber sido erosionados o no por el glaciar, pero que han sido transportados y posteriormente acumulados por el hielo. Dependiendo del lugar en el que hayan viajado en la masa glaciar, los clastos pueden presentar algunas características que permiten su identificación cuando se encuentran formando parte de un depósito. Los cantos y bloques que viajan en el contacto hielo-roca son modificados por el transporte en cuanto a su forma siendo redondeados por la fricción, también pueden presentar estrías originadas durante el desplazamiento por rozamiento con otros materiales. Los materiales depositados por el hielo glaciar reciben el nombre de Till.

Los depósitos glaciáricos, corresponden a los depósitos acumulados directamente por la acción geodinámica de los glaciares; estos presentan materiales de litología

Año Del Buen Servicio al Ciudadano

homogénea, pero con tamaño de clastos muy variado, dentro de una matriz arenosa a limosa. Ver Fotografía 32.

**Fotografía N° 32: Vista de un Depósito Cuaternario Glaciárico**



Fuente: INAIGEM, Junio 2017.

Año Del Buen Servicio al Ciudadano

Están constituidas por sedimentos anisotrópicos tales como gravas de cantos-bloques en matriz arcillosa cuya fábrica es poco seleccionada mientras que su granulometría decrece de acuerdo a su lejanía respecto al frente del glaciar. Al estar la permeabilidad directamente relacionada con el tamaño de sus detritos, estos suelos son muy sensibles a los incrementos de presión intersticial, producidos por las lluvias torrenciales, de manera que poseen poca estabilidad, sobre todo cuando yacen encima de laderas. Ver Fotografía 33.

**Fotografía N° 33: Matriz de un Depósito Glaciárico Representativo**



Fuente: INAIGEM, Junio 2017.

Los depósitos glaciáricos se extienden a lo largo de un área de 9941,07 hectáreas que representa el 40,09% del área total de la subcuenca del río Quillcay.

#### **2.2.1.4.2 Depósitos Lacustrinos (Q-la)**

Corresponden a los depósitos acumulados en un ambiente lagunar, cuya presencia se encuentra restringida en algunas zonas localizadas a lo largo de las quebradas investigadas. Estos depósitos muestran una estratificación de materiales finos generalmente (limos, arcillas, etc.), usualmente con la existencia de algunas capas de materiales gruesos (arenas y gravas – sistema fluvial), pero en menor proporción.

Depósitos lacustrinos, son visualizados en la zona donde se localizaba una antigua laguna llamada “Jircacocha”, en la parte media de la Quebrada Cojup. Vista de un corte estratigráfico. Ver Fotografía 34.

Año Del Buen Servicio al Ciudadano

**Fotografía N° 34: Vista de un Depósito Cuaternario Lacustrino***Fuente: INAIGEM, Junio 2017.*

Corresponden a sedimentos de grano fino, razón por la cual pueden llegar a tener un contenido alto de materia orgánica, por ejemplo, en zonas pantanosas. Dentro de su matriz se aprecia un predominio de limos y arcillas finamente laminados, que constituyen niveles blandos. Ver Fotografía 35.

**Fotografía N° 35: Matriz de un Depósito Lacustrino Representativo.***Fuente: INAIGEM, Junio 2017.*

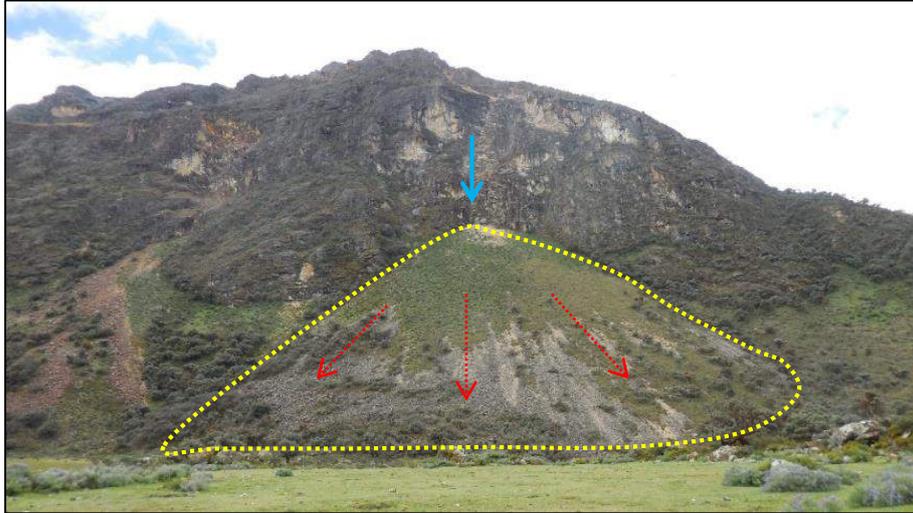
Los depósitos Lacustrinos en el área de estudio ocupan un área de 308,63 hectáreas que representa el 1,24% del área total de la subcuenca del río Quillcay.

### 2.2.1.4.3 Depósitos Fluvioglaciares (Q-fg)

Los depósitos fluvioglaciares, se encuentran ocupando las laderas de montañas glaciares, rellenando los valles glaciares y frentes de montaña; son susceptibles a la erosión de laderas, derrumbes, flujo de detritos, deslizamientos por la acción de las aguas superficiales y de infiltración; además, estos depósitos se presentan en forma de cono.

En las quebradas de Cojup, Quillcayhuanca y Shallap, encontramos estos depósitos, que han sido transportados por acción fluvial y por arrastre por el agua del deshielo de los glaciares. Ver Fotografía 36.

**Fotografía N° 36: Vista de un Depósito Cuaternario Fluvioglaciárico.**



Fuente: INAIGEM, Diciembre 2017.

Los depósitos fluvioglaciares, se componen de clastos de diferentes tamaños y formas en una matriz arenosa a limosa, estos depósitos presentan alta permeabilidad por lo que almacenan y transmiten grandes cantidades de agua subterránea. Ver Fotografía 37.

**Fotografía N° 37: Matriz de un Depósito Fluvioglaciárico Representativo**



Fuente: INAIGEM, Diciembre 2017.

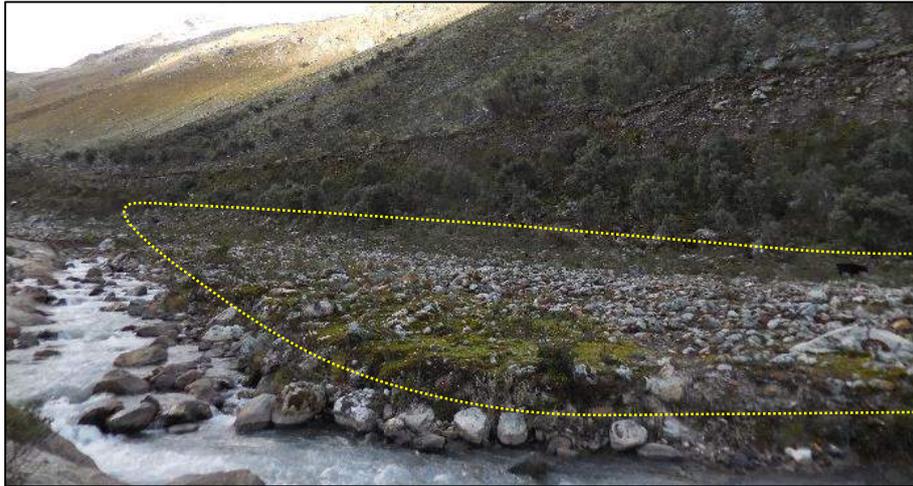
Los depósitos Fluvioglaciares dentro del área en estudio están distribuidos en un área de 422,27 hectáreas que representa el 1,7% del área total de la subcuenca del río Quillcay.

#### 2.2.1.4.4 Depósitos Fluviales (Q-fl)

Corresponden a los depósitos acumulados directamente por la geodinámica fluvial, cuya presencia se encuentra localizada a lo largo de los riachuelos que drenan por las quebradas Cojup, Quillcayhuanca y Shallap. Estos depósitos están conformados generalmente por materiales gruesos (gravas y arenas) y forma parte del actual lecho de las aguas superficiales del drenaje principal del río Quillcay.

Los depósitos Fluviales, se caracterizan por presentar clastos redondeados y alargados e imbricados, en una matriz que puede ser arenosa o arcillosa, según las condiciones de sedimentación. Ver Fotografía 38.

**Fotografía N° 38: Vista de un Depósito Cuaternario Fluvial.**



Fuente: INAIGEM, Junio 2017.

La granulometría característica de los depósitos fluviales, se compone de clastos redondeados de litología variada, estos clastos se encuentran imbricados dentro de una matriz de arenas o limos, dependiendo de las condiciones de sedimentación dentro del sistema fluvial. Ver Fotografía 39.

**Fotografía N° 39: Matriz de un Depósito Fluvial Representativo**



Fuente: INAIGEM, Junio 2017.

Los depósitos Fluviales cubren un área de 213,16 hectáreas que representa el 0,86% del área total de la subcuenca del río Quillcay.

#### 2.2.1.4.5 Depósitos Coluviales (Q-co)

Son depósitos de origen gravitacional, conocidos también como depósitos de pie de monte; son los depósitos cuaternarios no consolidados más reciente que existen en las quebradas investigadas, conformados por material generalmente grueso de naturaleza intrusiva y sedimentaria, mezclados con materiales finos en menor proporción.

En la subcuenca, se encuentran a lo largo de las quebradas, formando pequeños conos compuestos de material de litología homogénea, pero de tamaño de clastos heterogéneos con proporciones muy pequeñas de material fino, estos depósitos son por lo general inconsolidados Ver Fotografía 40.

**Fotografía N° 40: Vista de un Depósito Cuaternario Coluvial.**



Fuente: INAIGEM, Junio 2017.

Los depósitos coluviales, por lo general están conformados por masas inestables de gravas (guijarros, cantos y bloques) angulosos, transportados por gravedad y agua bajo derrubios. Estos depósitos presentan una resistencia baja, sobre todo, cuando están depositados sobre substrato rocoso. Fotografía N° 41.

**Fotografía N° 41: Matriz de un Depósito Coluvial Representativo**



Fuente: INAIGEM, Junio 2017.



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Instituto Nacional de Investigación  
en Glaciares y Ecosistemas de Montaña



Año Del Buen Servicio al Ciudadano

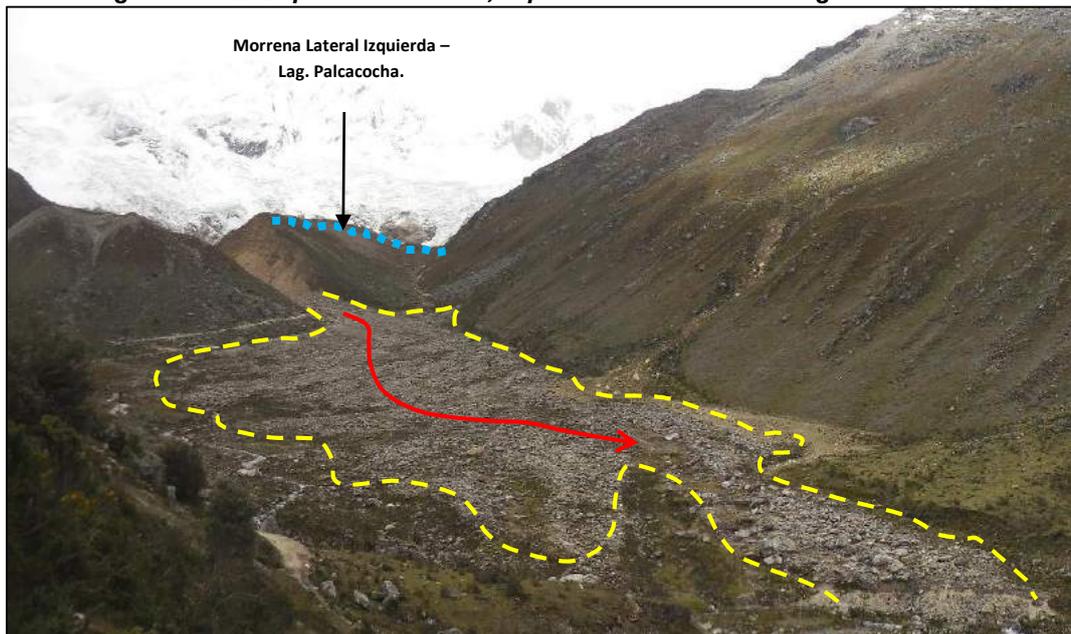
Los depósitos Coluviales dentro del área de estudio, ocupan un área aproximada de 175,99 hectáreas, lo cual representa el 0.71% del total del área de la Subcuenca del río Quillcay.

### 2.2.1.4.6 Depósitos Aluviales (Q-al)

Los depósitos aluviales se localizan al pie de las lagunas Palcacocha, Tullparaju y Shallap formando un abanico aluvial; están constituidos por el arrastre y depósito del material detrítico, así como de gravas subangulosas a subredondeadas que se originaron por numerosos desembalses provenientes de las mencionadas lagunas, por lo tanto, el material es inconsolidado.

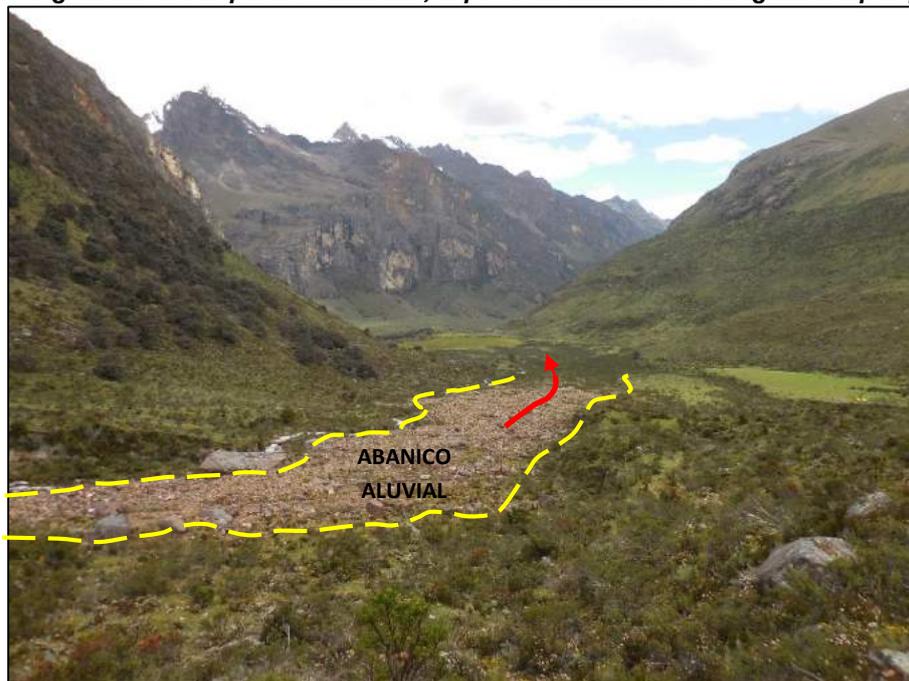
La composición de este depósito proviene del Batolito de la Cordillera Blanca, así como de la Formación Chicama, el tamaño de grano es variable desde 3 cm, hasta bloques mayores a 1 metro. La pendiente que presenta estos depósitos aluviales es aproximadamente de 6°. Ver fotografía 42 y 43.

**Fotografía N° 42: Depósitos aluviales, al pie de la morrena de la laguna Palcacocha.**



Fuente: INAIGEM, Marzo 2017.

**Fotografía N° 43. Depósitos aluviales, al pie de la morrena de la laguna Tullparaju**



Fuente: INAIGEM, Junio 2017.

**Fotografía N° 44. Matriz de un depósito aluvial representativo, con fragmentos de roca redondeada a sub-redondeada tiene un matriz principalmente compuesta por lodo.**



Fuente: INAIGEM, Marzo 2017.

#### 2.2.1.4.7 Depósitos Aluvionales (Q-alv)

Los depósitos aluvionales constituyen depósitos generados por acción y deposición de los aluviones ocurridos en diferentes épocas y están conformados por terrazas (altas y medias) a diferentes niveles sobre las quebradas de Cojup, Quillcayhuanca y Shallap. Estos depósitos los encontramos semiconsolidados, algunos de ellos presentan cierto grado de consolidación, erosionados por los cauces actuales de los ríos Cojup, Quillcayhuanca y Shallap, en algunos casos intercalados y confundiendo con depósitos glaciáricos. Estos depósitos generalmente corresponden a una mezcla heterogénea de bolones (bloques erráticos), gravas y arenas, redondeadas a subredondeadas, así como limos y arcillas; estos materiales tienen selección de regular a buena, presentándose niveles y estratos diferenciados que evidencian la actividad dinámica fluvial. Su permeabilidad es media a alta y se asocian principalmente a las planicies aluviales o terrazas altas, susceptibles a la erosión fluvial, originando socavamiento que dan origen a geformas de surcos y cárcavas. (Ver Fotografía 45).

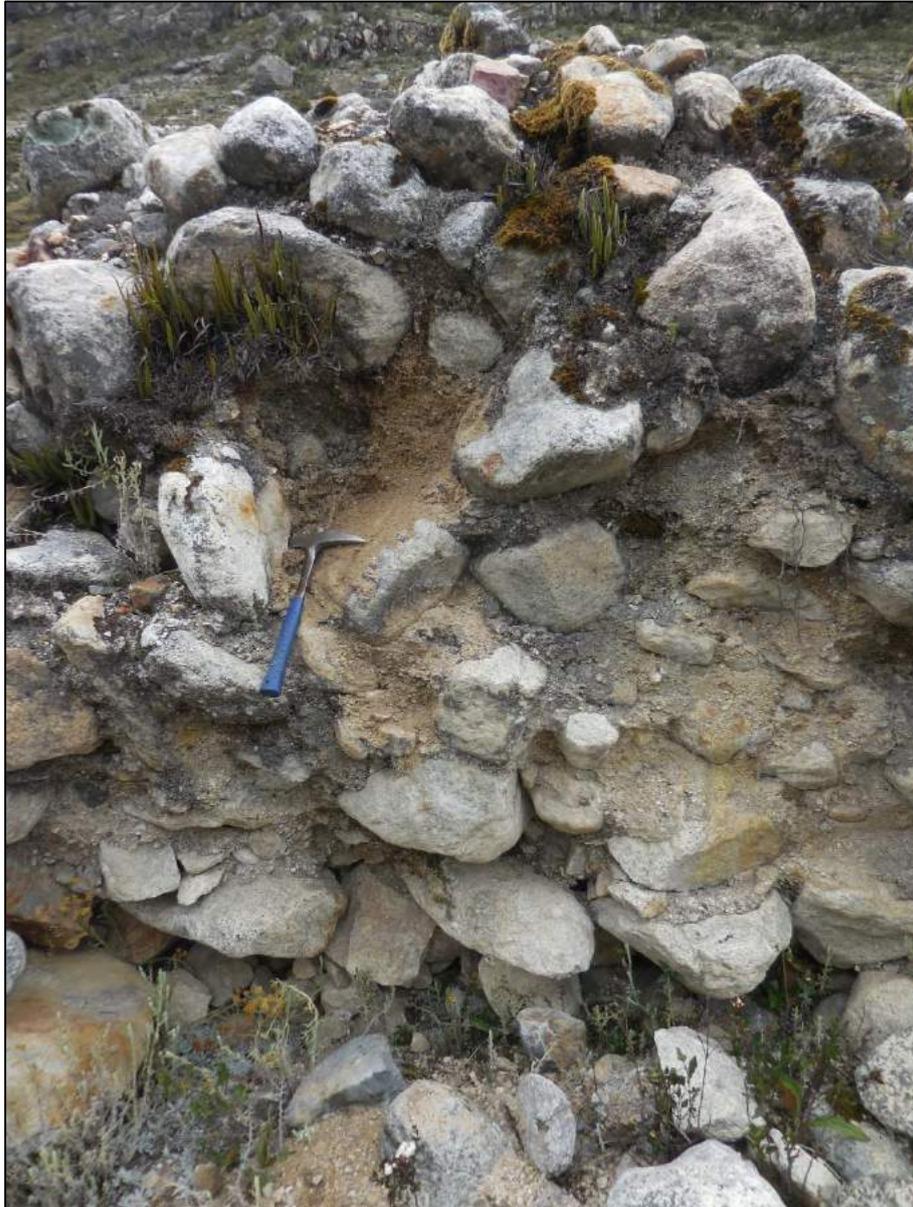
**Fotografía N° 45: Depósitos aluvionales, salida de la quebrada de Cojup.**



Fuente: INAIGEM, Marzo 2017.

Año Del Buen Servicio al Ciudadano

**Fotografía N° 46: Matriz de un depósito aluvial representativo. Compuestos de una mezcla heterogénea de bolones, gravas y arenas, redondeadas a subredondeadas, así como limos y arcillas**

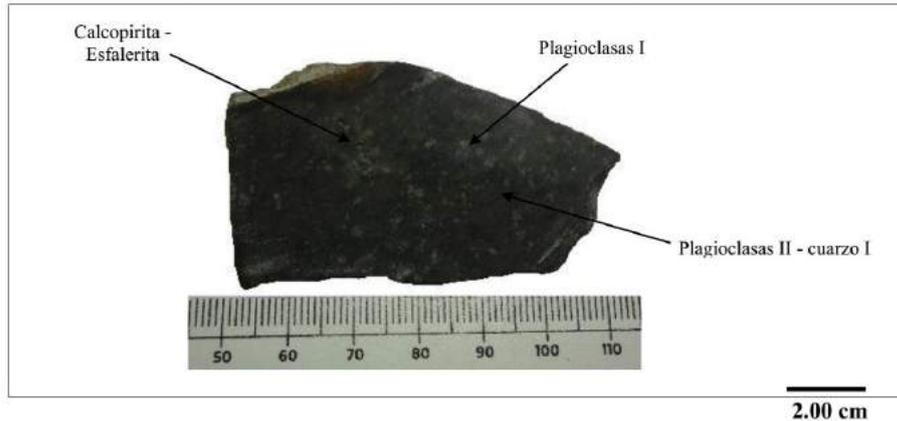


Fuente: INAIGEM, Marzo 2017.

#### 2.2.1.4.8 Hipabisal - Pórfido Andesítico (Ns-pa)

Roca ígnea hipabisal de color gris oscuro. Está conformada por fenocristales de plagioclasas y minerales ferromagnesianos cloritizados. Presenta agregados de diseminados de calcopirita y esfalerita, de textura porfirítica, conformada por fenocristales subhedrales a euhedrales de plagioclasa, feldespato potásico y moldes de anfíboles fuertemente reemplazados por cloritas, epidota y minerales opacos. Los feldespatos se encuentran débilmente alterados por sericita y arcillas. La matriz que engloba los fenocristales está constituida por microlitos de plagioclasa, feldespato potásico y cuarzo, con intersticios rellenos por cloritas. Los minerales opacos se observan asociados a cuarzo (de relleno) y esfalerita. Este pórfido lo encontramos en la quebrada de Cayesh, quebrada afluente por la margen izquierda en la cabecera de la microcuenca Quillcayhuanca.

Año Del Buen Servicio al Ciudadano

**Fotografía N° 47. Roca pórfido andesítica representativa.***Fuente: INAIGEM, Marzo 2017.*

## 2.3 Geología Histórica

### 2.3.1 Evolución Paleo geográfica

La actual configuración de la Cordillera Blanca, es producto de una serie de fases tectónicas; dentro de lo cual, el relieve actual del área de estudio es producto de principalmente 3 fases tectónicas; las cuales son: la Fase Nevadiana del Jurásico Superior, donde se desarrolló la sedimentación de las secuencias de la Formación Chicama; posterior a esta la Fase Quechua del Neógeno, esta es una fase volcánica donde se generó el Grupo Volcánico Calipuy y también se desarrolló el magmatismo intrusivo del Batolito de la cordillera Blanca; y finalmente, en el Holoceno, tenemos la fase de reactivación de fallas, como la falla de la Cordillera Blanca.

### 2.3.2 Jurásico Superior (Fase Nevadiana)

El (INGEMMET, 1995), indica que, a fines del Jurásico medio y comienzos del superior, los movimientos nevadianos provocaron una emersión del territorio peruano, marcando una discordancia que se ubica entre el Titoniano y el Bajociano, correspondiendo ello a una importante epirogenesis. Este levantamiento determina en el centro y norte, la definitiva separación en dos cuencas: una Noroccidental y la otra Oriental, teniendo al centro un bloque levantado que se conoce como el arco del Marañón. Este episodio tectónico genera una discordancia marcada por la transición de una sedimentación continental a otra marina en la cuenca Oriental con una discordancia ligeramente angular en algunos lugares.

Durante el Titoniano, la Cuenca Noroccidental es invadida por el mar, depositándose secuencias arcillo-areniscosas (Fm. Chicama), con la presencia también de material volcánico.

### 2.3.3 Mioceno–Plioceno (Fase Quechua)

Durante el Mioceno, la actividad volcánica explosiva fue intensa en la cordillera Occidental, desarrollándose una gruesa y variada secuencia de piroclásticos. Las series volcánico-sedimentarias del oligoceno, llegan hasta el Mioceno inferior (cubriendo a las estructuras fini-eocénicas) casi sin discordancias mayores; sin embargo, entre el Mioceno inferior y superior, si las hay, de allí entonces que se puede ubicar la siguiente deformación importante después de la fase incaica, en los tiempos del mioceno medio.



Esta fase tectónica, es la responsable de la formación y diseño definitivo de la Cordillera de los Andes, modelando su actual configuración morfo tectónica; está asociada al magmatismo extrusivo del miembro superior del Grupo Calipuy, el magmatismo intrusivo del Batolito de la Cordillera Blanca y a fases de mineralización.

#### **2.3.4 Holoceno (Cuaternario Reciente)**

Esta fase está asociada a la reactivación de fallas antiguas de basamento, actividad sísmica y volcánica reciente; correspondiendo al cuaternario reciente, es decir a los últimos 11 000 años, tiempo en el cual el territorio peruano llegó a su actual fisonomía y donde la acción erosiva de los ríos se acentúa; las acumulaciones fluvio-aluviales se van engrosando y la acción eólica va acumulando gran cantidad de arenas en las áreas de desérticas de la costa.

Los mares ocupan sus actuales límites y la vida marina y terrestre es la que conocemos. Asimismo, los climas adquieren una característica propia en cada una de las regiones, con microclimas locales que le dan al territorio peruano una variada gama de hábitats.

#### **2.3.5 Glaciaciones**

El (INGEMMET, 1995) indica que en esta región se reconocen dos glaciaciones principales: Una de edad Pleistocénica y otra Reciente. Los efectos de esta última, están mayormente restringidos a las partes altas de la Cordillera Blanca, donde es común encontrar morrenas a altitudes de 4600 – 4800 m. La glaciación Pleistocénica afectó grandes áreas de la Cordillera Occidental, especialmente a las Cordilleras Blanca y Negra y toda la parte de la Cordillera Central. En la Cordillera Blanca y sus alrededores, los efectos glaciares alcanzan su mayor desarrollo en cuanto a variedad y escala.

Los mayores efectos erosivos de los glaciares, son los valles profundos y estrechos que cortan esta cordillera, siendo los mejores ejemplos las quebradas: Santa Cruz, Llanganuco y Honda. El desnivel entre el fondo de estas quebradas y los picos de los nevados es de aproximadamente 2000 metros. En algunos de estos valles, se encuentran lagunas, llenando pequeñas cuencas erosionadas por los glaciares o represadas por morrenas. Según (INGEMMET, 1995).

La evidencia de estas glaciaciones, son las morrenas que son parte de los vasos de las lagunas: Palcacocha, Cuchillacocha, Perolcocha y Shallap, ubicadas en la cabecera de la subcuenca. Las morrenas formadas durante el pleistoceno, se ubican en la parte baja de la subcuenca, cubriendo los depósitos volcánicos del grupo Calipuy, mientras que los depósitos de glaciaciones recientes se ubican en las partes altas rodeando las lagunas y al pie de los glaciares.

Los mantos fluvioglaciares, están mayormente restringidos al pie del monte, entre la Cordillera Blanca y el río Santa, donde alcanzan un desarrollo extenso; conformadas principalmente de gravas y arenas poco consolidadas.

Año Del Buen Servicio al Ciudadano

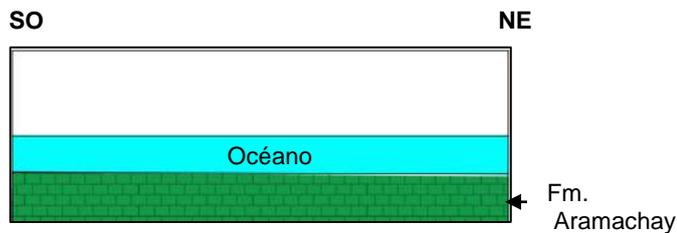
A continuación, se presenta el detalle de la explicación histórica por etapas, de las formaciones geológicas que son parte del basamento rocoso existente en el área de estudio; para lo cual se ha tomado como base, la información científica de (Auboin, J.A., et. al, 1973), (INGEMMET, 1986) y (Jour. GesP. Soc , 1990 ).

### Primera Etapa

A finales del Triásico Superior en la zona de estudio que corresponde a la parte norte de lo que hoy es la Cordillera Blanca, se forma la cuenca Jurásica, donde hubo movimientos sucesivos de levantamiento que separa el mar de la Cuenca continental, de esta forma se deposita en forma inicial, sedimentos de facies mayormente marinas de la Formación Aramachay y Chambará. En las figuras N° 8a y 8b se identifica la paleogeografía de esta etapa.

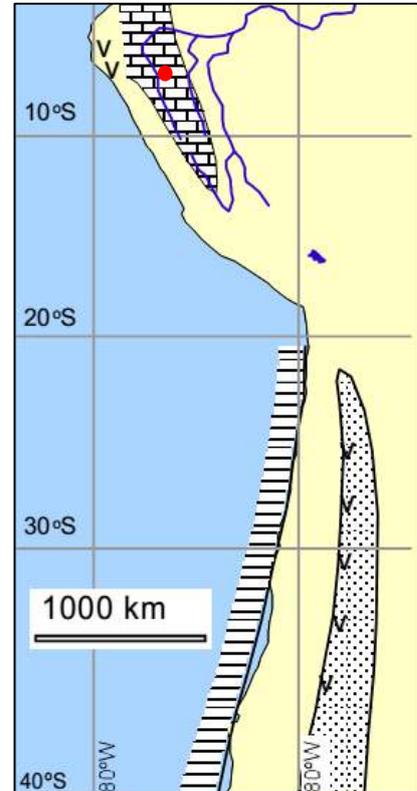
Punto en rojo (Figura 8a) es la zona de estudio aproximado.

**Figura N° 08 a : Primera Etapa**



Fuente: INGEMMET

**Figura N° 8b**

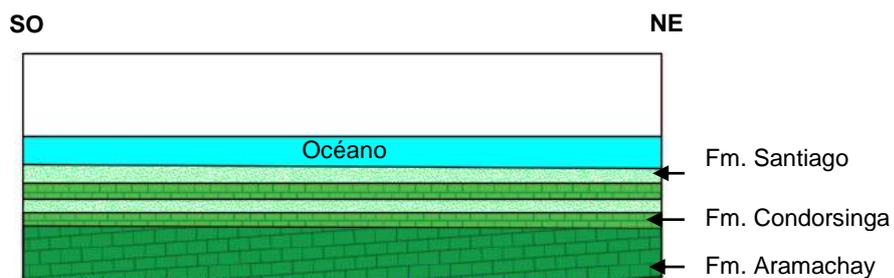


Posteriormente, ocurrieron eventos de subsidencia por parte de esta cadena, lo cual permitió la invasión marina que ocasionó la sedimentación de calizas y lutitas, de la formación Condorsinga y la formación Santiago respectivamente.

### Segunda Etapa (Jurásico inferior)

En tiempos del Jurásico Inferior, las transgresiones progresan, lográndose unir el mar de Abancay con el Sur Oeste. A finales del Jurásico inferior, luego de esta subsidencia, hubo levantamientos que formaron cadenas no muy pronunciadas, vinculados a la Tectónica Nevadiana, donde predominaron aguas continentales que pudieron haberse mezclado con aguas marinas. En las figuras N° 9a y 9b se identifica la paleogeografía de esta etapa.

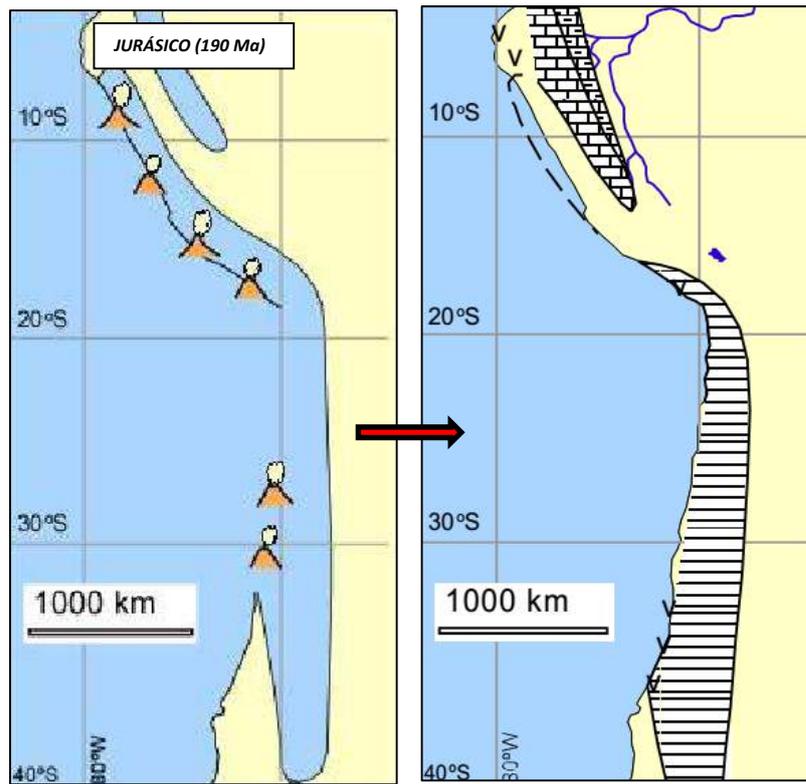
**Figura N° 09 a : Segunda Etapa**



Fuente: INGEMMET

Año Del Buen Servicio al Ciudadano

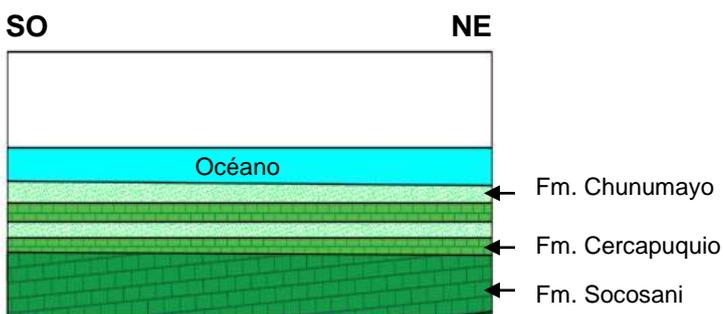
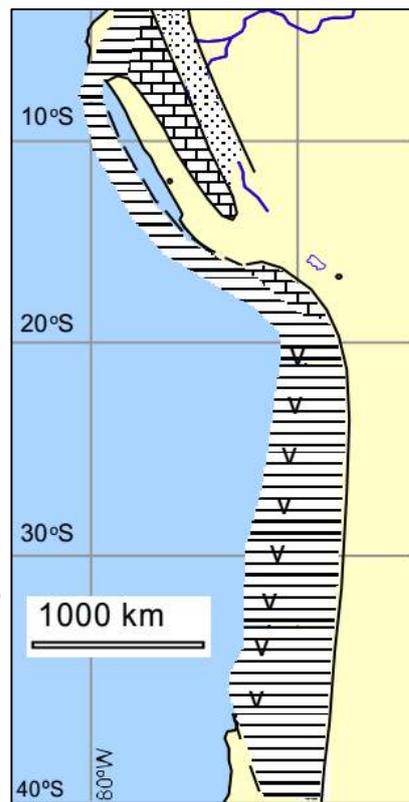
Figura N° 9b



Fuente: INGEMMET

**Tercera Etapa (Jurásico Medio):**

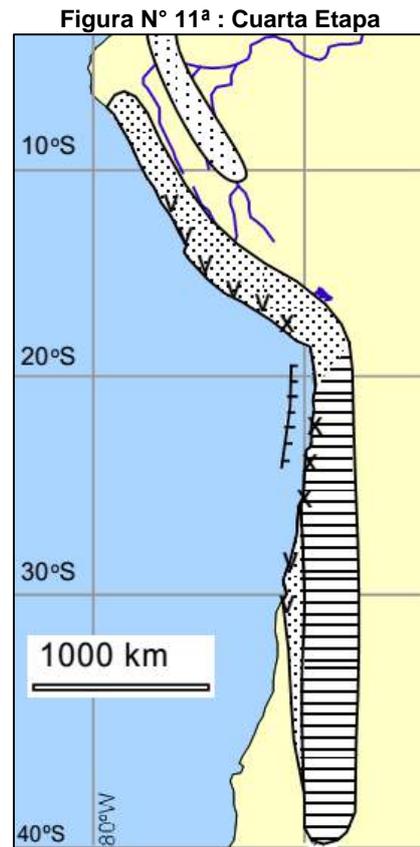
Al finalizar el Jurásico inferior se producen regresiones, tanto en la parte Norte como en la parte Sur del Perú; quedando algunas áreas del Centro y Sur, sumergidas hasta el jurásico medio; para la sedimentación de formaciones tales como Socosani y Chunumayo. En las figuras N° 10a y 10b se identifica la paleogeografía de esta etapa.

**Figura N° 10 a: Tercera Etapa***Fuente: INGEMMET***Figura N° 10b**

**Cuarta Etapa (Jurásico Superior→Fase Nevadiana):**

A fines del Jurásico medio y comienzos del superior, los movimientos *nevadianos* provocan una emersión del territorio peruano, marcando una discordancia que se ubica entre el Titoniano y el Bajociano correspondiendo ello a una importante epirogénesis. Este levantamiento determina en el centro y norte la definitiva separación en dos cuencas: una Noroccidental y la otra Oriental, teniendo al centro un bloque levantado que se conoce como el arco del Marañón. Este episodio tectónico genera una discordancia marcada por la transición de una sedimentación continental a otra marina en la cuenca Oriental con una discordancia ligeramente angular en algunos lugares. Durante el Titoniano la Cuenca Noroccidental es invadida por el mar depositándose secuencias arcillo-areniscosas (**Fm. Chicama**), con la presencia también de material volcánico.

En la figura N° 11a, se identifica la paleogeografía de esta etapa.

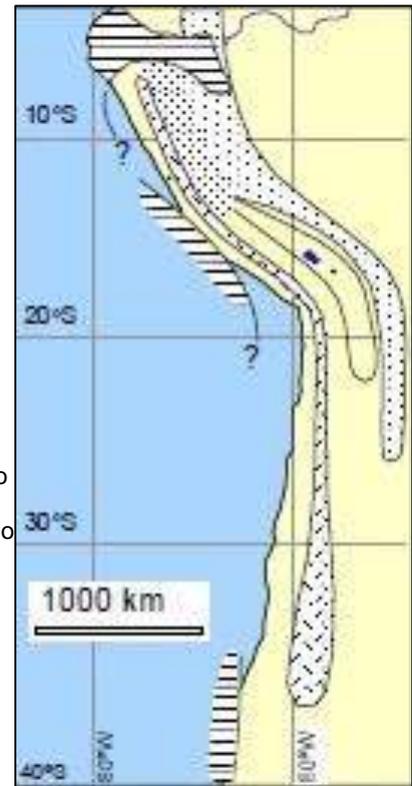


Fuente: INGEMMET

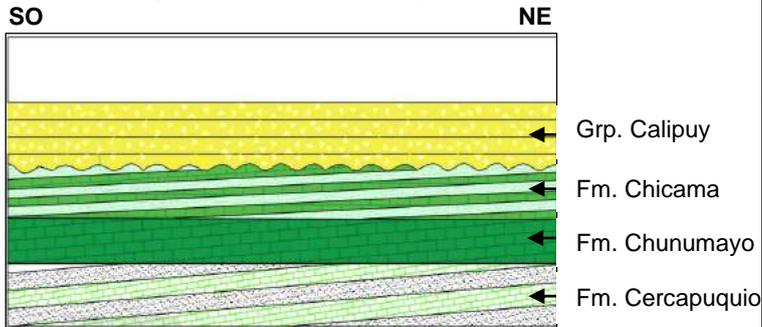
### Quinta Etapa

Durante el levantamiento de los Andes se produce la erosión y el depósito de coladas volcánicas de composición andesítica llamado Grupo Calipuy. En las figuras N° 12a y 12b se identifica la paleogeografía de esta etapa.

**Figura N° 12b : Quinta Etapa**



**Figura N° 12a: Quinta Etapa**

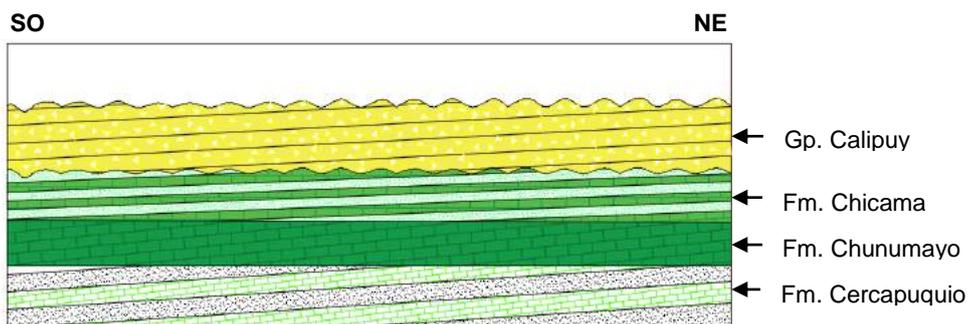


Fuente: INGEMMET

### Sexta etapa

El Grupo Calipuy presenta un plegamiento suave proveniente de la fase Quechua (Según Steinmann). Después de este plegamiento producido por movimientos de menor magnitud, siguió una etapa de larga quietud, pero de fuerte actividad erosiva y meteorización.

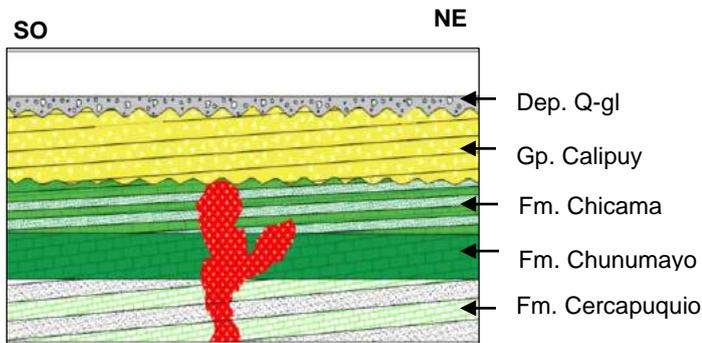
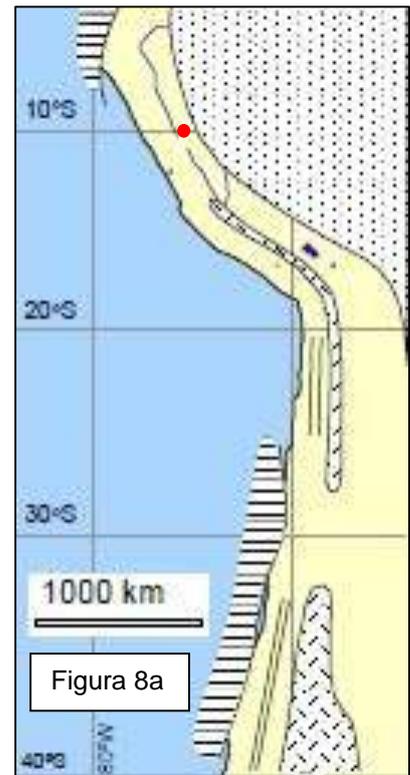
**Figura N° 13a : Sexta Etapa**



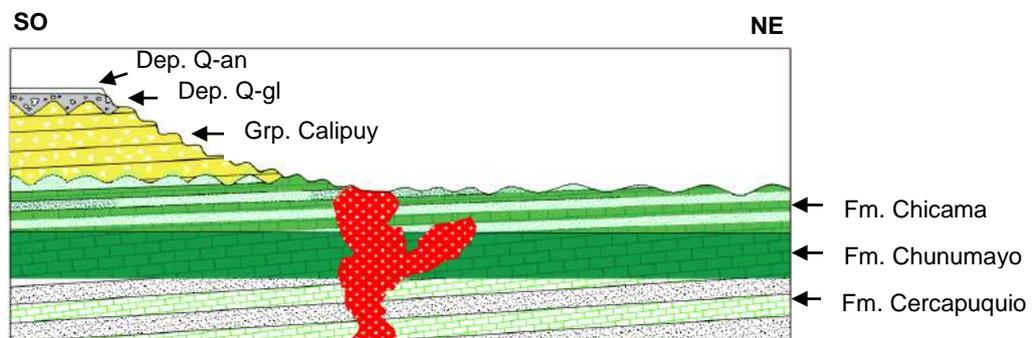
Fuente: INGEMMET

**Séptima Etapa:**

Los intrusivos fueron generados por el emplazamiento del Batolito de la Costa a nivel regional; cooperó también la actividad efusiva de los volcánicos, luego los depósitos cuaternarios fueron apareciendo concordante al Grupo Calipuy (PN-vca).

**Figura N° 14<sup>a</sup> : Séptima Etapa***Fuente: INGEMMET***Figura N° 14b***Fuente: INGEMMET***Octava Etapa.**

La erosión y meteorización que comprende entre el paleoceno y holoceno, formó grandes valles glaciares y depósitos glaciáricos (Q-gl) por la geodinámica glacial. Finalmente, los depósitos coluviales son parte del paisaje actual junto con los depósitos cuaternarios antrópicos (Q-an), de origen humano.

**Figura N° 15<sup>a</sup> : Octava Etapa***Fuente: INGEMMET*



## 2.4 Geodinámica *Interna*

La geodinámica de la subcuenca corresponde a procesos de plutonismo, vulcanismo y tectonismo durante el Neógeno.

### ***Plutonismo Cenozoico:***

Este proceso magmático corresponde al emplazamiento de las rocas plutónicas del Batolito de la Cordillera Blanca, este emplazamiento generó el levantamiento de las unidades sedimentarias de la Formación Chicama, dándole la actual conformación geomorfológica a la zona de estudio.

### ***Vulcanismo Cenozoico:***

Este proceso magmático extrusivo corresponde a los depósitos conocidos como ignimbritas del Mio-Plioceno, según INGEMMET, que, en el área de estudio está representado por las ignimbritas y tobas acidas del Grupo Volcánico Calipuy, que se encuentran en la parte baja de la subcuenca del río Quillcay.

### ***Sistema de Fallas Activas de la Cordillera Blanca:***

Proceso tectónico activo, que corta a las rocas intrusivas de batolito del mismo nombre, en la parte media de la subcuenca marcando un cambio en la topografía del área en estudio. Este sistema de fallas durante el cuaternario tiene un rechazo vertical de la orden de 1000 m con buzamientos que varían entre los 35°O y 45°O, según (INGEMMET, 2009)

### **2.4.1 Tectónica**

El origen y evolución de la Cordillera Blanca, están muy ligados a procesos tectónicos; durante el levantamiento de los Andes, un sistema de fallas muy profundas, favoreció la salida de material magmático-intrusivo generando un gran batolito; debido a su gran tamaño y a los procesos de erosión y levantamiento andino, este batolito alcanzó alturas que sobrepasan los 6000 msnm, lo que generó el ambiente propicio para la formación y acumulación de glaciares, que tiempo después, erosionaron grandes valles glaciares, circos glaciales que formaron morrenas y lagunas, generándose así la Cordillera Blanca.

El borde oeste del batolito, está limitado por la falla de la Cordillera Blanca, la cual tiene dirección NO-SE, con buzamientos entre 35° y 45°, hacia el oeste presenta movimientos principalmente normales a ligeramente sinestrales. El sistema de fallas tiene una longitud de 200 km aproximadamente y cada una de las fallas que lo conforman no tiene más de 8 km y se puede apreciar saltos verticales de hasta 100 metros. (INGEMMET, 1995)

#### **2.4.1.1 Geología Estructural**

La investigación estructural corresponde a la evaluación de afloramientos rocosos mediante la ejecución de Estaciones de Mapeos Geomecánico (EMG) aplicando el método celda de detalle para la adquisición de los datos de campo. Este mapeo consiste en obtener las características siguientes como: dirección de buzamiento y buzamiento del plano de las discontinuidades, cantidad o número, espaciamiento, forma, rugosidad, apertura, relleno, meteorización, persistencia, presencia de agua, entre otras características que tiene un macizo rocoso. Esta adquisición de campo contribuye en conocer las principales familias de discontinuidades



o estructuras que dominan al macizo rocoso a través de las EMG investigadas.

El nivel de susceptibilidad (mayor o menor) a los movimientos en masas como desprendimiento o caída de rocas está influenciada en forma directa por las características estructurales dominantes respecto a su relación favorable o desfavorable a la pendiente del terreno.

#### 2.4.1.2 Zonificación Estructural

Las principales estructuras internas del batolito son: una foliación bastante general y un juego bien desarrollado de diaclasas. El sistema de diaclasas dentro del batolito consiste en un grupo de rumbo NO-SE y otro de rumbo aproximado NE-SO; ambos sistemas son verticales y un tercer juego de diaclasas sub horizontales; muchas de ellas muestran evidencias de movimiento o asociación con estrías de falla.

#### 2.4.2 Neotectónica

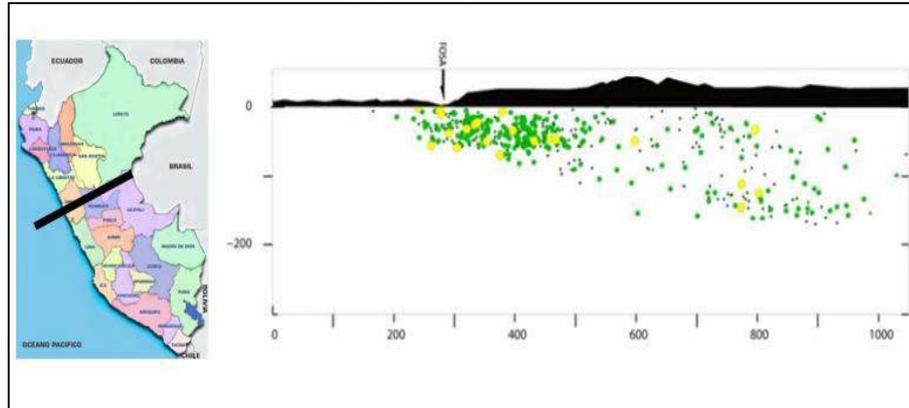
##### Sistema de Fallas Activas de la Cordillera Blanca

*“(...) El mayor sistema de fallas activas del Perú se ubica en la región Ancash y se extiende sobre 220 km, entre los poblados de Corongo y Chiquián (norte y sur de Huaraz respectivamente), bordeando el flanco occidental de la Cordillera Blanca. (...) El análisis de las deformaciones frágiles y dúctiles, sobre las fallas y las deformaciones sinsedimentarias, muestra que dicha subsidencia es controlada por una tectónica en extensión con dirección noreste - suroeste a este-oeste durante el Plioceno. Los rechazos verticales pliocenos sobre las fallas miden 3 500 m. (...) El rechazo vertical cuaternario es del orden de 1 000 m y parece estar asociado esencialmente a sismos cuya recurrencia es cada 1500 años (Bonnot, 1984). De igual manera, Schwartz (1988) se basan en el momento sísmico y calcula un periodo de retorno de 3,000 años para sismos de magnitud 7.(...)”, (INGEMMET, 2009)*

#### 2.4.3 Sismología

La sismotectónica del Perú se caracteriza por la colisión y subducción de la placa de Nazca bajo la Sudamericana, lo que ha dado origen a la fosa peruano-chilena, a la Cordillera de los Andes, a los principales sistemas de fallas activas y a la ocurrencia continua de un gran número de sismos de diversas magnitudes. Estas características geomorfológicas, geológicas y geofísicas permiten considerar al Perú como uno de los países de mayor riesgo sísmico en América Latina (INGEMMET, 2009)

El análisis de la sismicidad histórica de los último 100 años (IGP, 2001), 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. El mayor sismo registrado en las costas del departamento de Ancash presentó una magnitud de 6.4 Mb, con intensidades máximas de VIII en la escala modificada de Mercalli, estos eventos ocurrieron en 1966 y 1970, registrando eventos que produjeron la catástrofe de 1970. El mayor porcentaje de los sismos registrados durante esa época presentan intensidades de III a IV MM, (ver figura N° 7).

**Figura N° 16: Perfil Topográfico y Sísmico de la Zona de Huaraz.**

Perfil topográfico y sísmológico de la zona de Huaraz, se observan que los sismos  $>5$  Mb (círculos amarillos) representan en 20%, mientras que los sismos  $< 5$  Mb (círculos verdes), representan el 80%. (Modificado de Uribe, 2008).



### 3 ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

#### 3.1 Introducción

La geomorfología del área de estudio es el resultado principalmente de la acción geodinámica glacial y fluvial. La geodinámica glacial ha dado lugar a la formación de valles glaciares que presentan laderas con pendiente sub verticales. La geodinámica fluvial se encuentra en la parte baja degradando unidades volcánicas y sedimentarias formando valles y terrazas fluviales.

#### 3.2 Geomorfología Regional

##### 3.2.1 Relieve Montañoso

Es una de las unidades geomorfológicas más dominantes en el área. Está caracterizada por pendientes muy fuertes y se ubica por encima de los 4000 msnm. En esta sub unidad se encuentran los nevados Palcaraju, Chinchey, Tullparaju y San Juan, que se ubican en la cabecera de la subcuenca que tiene cobertura glacial permanente.

##### **Montañas altas (Ma)**

Unidades caracterizadas por presentar topografía abrupta y accidentada, con pendientes mayores a 50%, Los principales agentes modeladores son los cambios físicos, químicos y mecánicos. Abarcando las partes altas de la subcuenca. Estas superficies son altamente sensibles a procesos de geodinámica externa y localmente ocurren con frecuencia flujos hídricos. Se han mapeado amplias superficies con fuertes pendientes mayores a 75% y limitan con la divisoria de aguas.

##### **Media Montaña (Mm)**

Ubicada en una zona de transición entre las montañas altas y montañas bajas, caracterizada por presentar pendientes de 35% a 50%, con presencia de vegetación y morfología variada, con presencia de la erosión fluvial como agente principal modelador. Hacia la parte alta de la subcuenca, sobresalen geoformas montañosas con alturas que sobrepasan los 3 000 msnm. Están conformadas por rocas sedimentarias e intrusivas de naturaleza detrítica con procesos erosivos de moderada a alta intensidad.

##### **Montaña Baja (Mb)**

Representa la parte más bajas de las montañas con pendientes de 25% a 35%, presentando una topografía variada por efectos de erosión irregular, compuesto por rocas ígneas y sedimentarias.

##### 3.2.2 Relieve Colinoso

Están representadas por elevaciones de relieve bajo con alturas entre 50 y 300 metros desde el nivel de base local, con pendientes mayores a 7°. Por su naturaleza, se pueden subdividir según su litología y grado de erosión. Son susceptibles a erosión pluvial, deslizamientos originados por infiltración de agua y pequeños derrumbes. Litológicamente están compuestas por tobas, material piroclástico y aglomerados volcánicos.

### 3.3 Geomorfogénesis de la subcuenca

La geomorfogénesis, trata del estudio del origen de las geoformas del paisaje, estas geoformas son el resultado de la acción de los agentes geodinámicos y los materiales geológicos. El área de estudio presenta en la parte superior rocas intrusivas, modeladas por acción erosiva de los glaciares, que se caracterizan por presentar un relieve montañoso; la parte media y baja de la subcuenca se conforma de depósitos cuaternarios glaciáricos y rocas volcánicas que dan origen a un relieve colinoso que es erosionado por el agente geodinámico fluvial.

### 3.4 Unidades geomorfológicas

#### 3.4.1 Ladera

##### Laderas de montaña moderadamente Empinadas (Lmme)

Se trata de relieves con pendientes que fluctúan entre los 35% y los 50%. El material que lo compone en su mayoría es de cobertura (derrubio) y en las partes bajas son residuales, los fenómenos que se traducen son: excavaciones y erosión en cárcavas profundas y ruptura de pendientes en 1ro y 2do orden, esta zona tiene mayor intervención agrícola, por ende, mayor problema de erosión.

*Fotografía N° 48: Ladera de montaña moderadamente empinada, quebrada Quilcayhuanca.*



*Fuente: INAIGEM, Junio 2017.*

##### Laderas de montaña fuertemente empinadas (Lmfe)

Su pendiente va de 50% a 70%, generalmente ubicados en la cabecera de la subcuenca del río Quillcay y a lo largo de ambos márgenes del río Quillcay. Los fenómenos que se presentan son a menudo desprendimiento de rocas. En la fotografía N° 43 se observa un cambio de laderas moderadas a fuertemente empinadas.

Año Del Buen Servicio al Ciudadano

**Fotografía N° 49: Ladera de montaña fuertemente empinada, quebrada Quillcayhuanca.***Fuente: INAIGEM, Junio 2017.*

### 3.4.2 Colinas

#### **Colinas altas moderadamente disectadas (Camd)**

Se han identificado unidades de moderada extensión y se localizan aproximadamente entre los 2 800 y 3 200 m.s.n.m., con pendientes de 10 % a 25 %, Se encuentran disectadas por quebradas intermitentes poco profundas donde afloran rocas volcánicas. Gran parte de esta unidad está conformada por suelos agrícolas con intensos procesos erosivos (cárcavas).

**Fotografía N° 50: Colinas altas moderadamente disectadas, término del valle glaciar, quebrada de Cojup.***Fuente: INAIGEM, Diciembre 2017.*

#### **Colinas altas fuertemente disectadas (Cafd)**

Se han mapeado superficies de gran extensión, estas geoformas se evidencian en la parte baja de la subcuenca del río Quillcay, cuyas características principales son las pendientes fuertes sobre laderas empinadas con altitudes que van desde los 2 625 hasta los 2 850 m.s.n.m. aproximadamente. Están constituidas por depósitos de deslizamientos o movimientos en masas y afloramiento de rocas sedimentarias en menor proporción, donde los procesos erosivos son más intensos que en la unidad anteriormente mencionada.

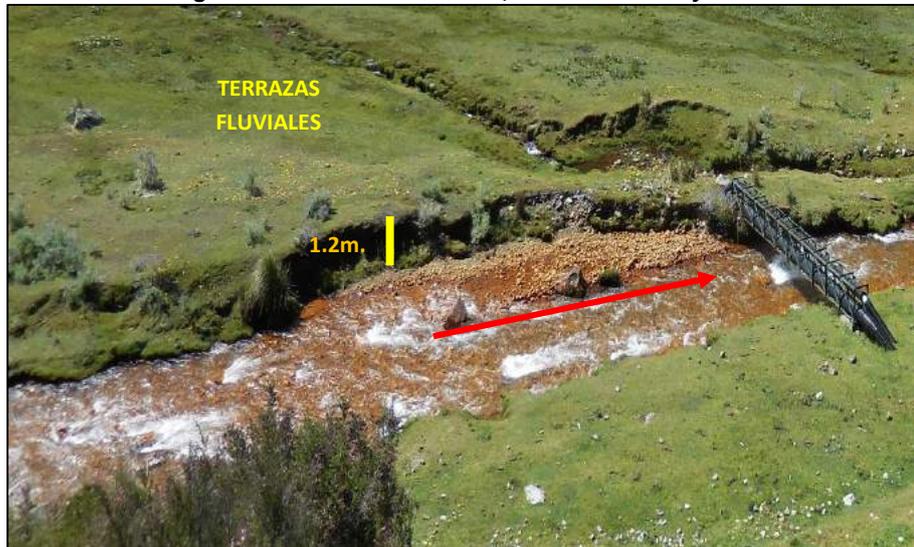
Año Del Buen Servicio al Ciudadano

**Fotografía N° 51: Colinas altas fuertemente disectadas, Depósitos glaciáricos, cerro "Rataquenua".**

Fuente: INAIGEM, Diciembre 2017.

**3.4.3 Depresión Intramontaña****Terraza Fluvial (Tfl)**

Ocupando gran parte de los depósitos fluviales reciente con pendientes inferiores a 5 % que son susceptibles a cambios morfológicos por efectos de inundación de cauces de aluvión, estos suelos en su mayoría son utilizados como terrenos agrícolas y pastizales. Constituidas de pequeñas plataformas sedimentarias construidas en el valle fluvial del río por los propios sedimentos del río Quillcay, que se depositan en ambos márgenes del cauce en los lugares donde la pendiente del río Quillcay es menor, por lo que su capacidad de arrastre también es menor.

**Fotografía N° 52: Terraza fluvial, valle de Quillcayhuanca**

Fuente: INAIGEM, Diciembre 2017.

**Terraza Aluvional (Talv)**

Unidad que se encuentran en las partes altas de la depresión y parte del pie de montaña, con pendientes de 5 % a 10 %. Constituidos por depósitos aluvionales conformado por planicies con mayor pendiente y de mayor extensión, está ubicado encima de las terrazas fluviales producto de antiguos aluviones o huaycos que han rellenado las partes bajas de las laderas, en la zona de estudio. (Ver fotografía N° 53).

Año Del Buen Servicio al Ciudadano

**Fotografía N° 53: Terraza Aluvional, término de la quebrada de Cojup***Fuente: INAIGEM, Diciembre 2017.***3.4.4 Glaciar**

Comprendido por los nevados Palcaraju, (6274 msnm), Pucaranra (6156 msnm), Tullparaju (5733 msnm), Chinchey (5733 msnm), San Juan (5843 msnm), Ranrapalca (6162 msnm) y Churup (5495 msnm). A los pies de estos nevados se encuentran las lagunas: Palcacocha, Cuchillacocha, Tullparaju, Shallap, Perolcocha, y Churup. **El circo glaciar** está comprendido por los nevados Palcaraju y Pucaranra, en el valle glaciar de Cojup (Figura N° 17). Y el circo glaciar en valle glaciar de Quillcayhuanca está comprendido por los nevados Tullparaju y Chinchey (Figura N° 18), estos circos glaciares están sujetos a las variaciones climatológicas regionales. Los nevados Palcaraju y Pucaranra por su naturaleza están asociados a avalanchas o aludes, derrumbes, caída de rocas y detritos. La acumulación en los nevados mencionados se da por las precipitaciones sólidas (nieve, granizo, escarcha) durante el periodo lluvioso del año.

**Fotografía N° 54: Nevados Palcaraju y Pucaranra, se observa la lengua glaciar en contacto con la laguna Palcacocha**

Año Del Buen Servicio al Ciudadano  
Fuente: INAIGEM, Septiembre 2017.

**Fotografía N° 55: Nevado Pucaranra, al pie de este nevado ubicado en valle glaciar de Quillcayhuanca, se encuentra la laguna Cuchillacocha**



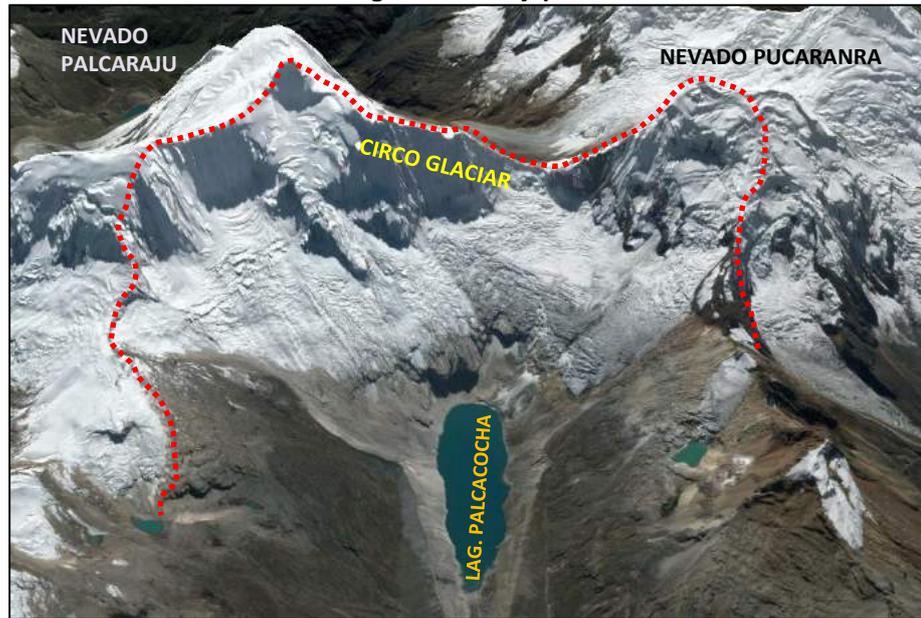
Fuente: INAIGEM, Septiembre 2017.

**Fotografía N° 56: Nevados Chinchey y Palcaraju, al pie de este nevado ubicado en valle glaciar de Quillcayhuanca, se encuentra la laguna Tullparaju**



Fuente: INAIGEM, Septiembre 2017.

Año Del Buen Servicio al Ciudadano

**Figura N° 178: Circo glaciar, comprendido por los nevados Palcaraju y Pucaranra, valle glaciar de Cojup.***Imagen tomada del Google Earth, 2018.***Figura N° 189: Circo glaciar, comprendido por nevados Pucaranra, Tullparaju y Chinchey. Valle glaciar de Quillcayhuanca.***Imagen tomada del Google Earth, 2017.*

### 3.4.5 Lagunas:

La laguna Palcacocha se originó debido al retroceso glaciar de los nevados Palcaraju y Pucaranra, esta laguna aumentó en 17 veces su volumen, desde el año 1941 a la fecha; se compone de potentes morrenas laterales y frontales que llegan a medir más de 80 m. de altura y la parte posterior del vaso de la laguna está asentado sobre macizo rocoso. (Ver fotografía N° 54).

La laguna Tullparaju fue originada por el retroceso del frente glaciar del nevado Tullparaju y el nevado Chinchey, donde se evidencia que el vaso de la laguna está asentado lateral y frontalmente en potentes morrenas y hacia la parte

Año Del Buen Servicio al Ciudadano

posterior está constituida por macizo rocoso (Roca sedimentaria). (Ver fotografías N° 55).

La laguna Cuchillacocha originada por el retroceso glaciar del nevado Pucaranra, donde se puede evidenciar que el vaso de la laguna está constituido por morrenas laterales y hacia su zona posterior está constituido por roca maciza. (Ver fotografías N° 55 y 56).

### 3.4.6 Morrenas de fondo de valle glaciar:

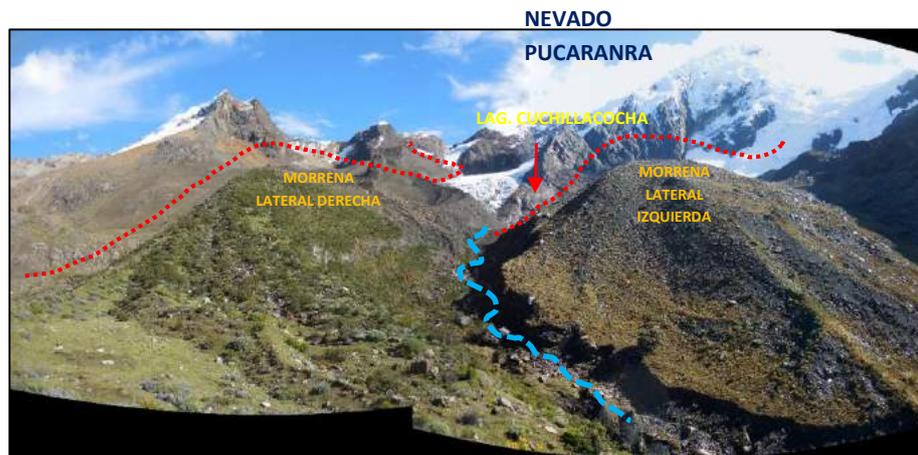
Conforman las lagunas Palcacocha, Cuchillacocha y Tullparaju, se presentan inconsolidadas, con pendientes en los taludes interiores superiores a 45°, en forma de lomadas alargadas y acolinadas lo que ocasiona que se produzcan pequeños deslizamientos continuos sobre las lagunas. (Ver Fotografía N° 57 y 58).

**Fotografía N° 57: Morrenas laterales y frontal de fondo de valle glaciar, que conforman la laguna Palcacocha**



Fuente: INAIGEM, Fotografía "DRON", Septiembre 2016.

**Fotografía N° 58: Morrenas laterales de fondo de valle glaciar, que conforman la laguna Cuchillacocha**



### 3.4.7 Morrenas Colgadas:

Esta geoforma se presenta hacia la pared alta del valle glaciar (Figura 19), cerca de la cumbre, se agrupan en sistemas de depósitos morrénicos colgados.

Año Del Buen Servicio al Ciudadano

Esta morrena es receptáculo de una neo laguna (Laguna Tururu) que se forman por los deshielos de los nevados y son las más propensas a desencadenar desembalses que podrían ocasionar daño a los poblados que se encuentran en la desembocadura del valle glaciar.

Figura N° 20: Morrenas Colgadas sobre el valle glaciar de Cojup.

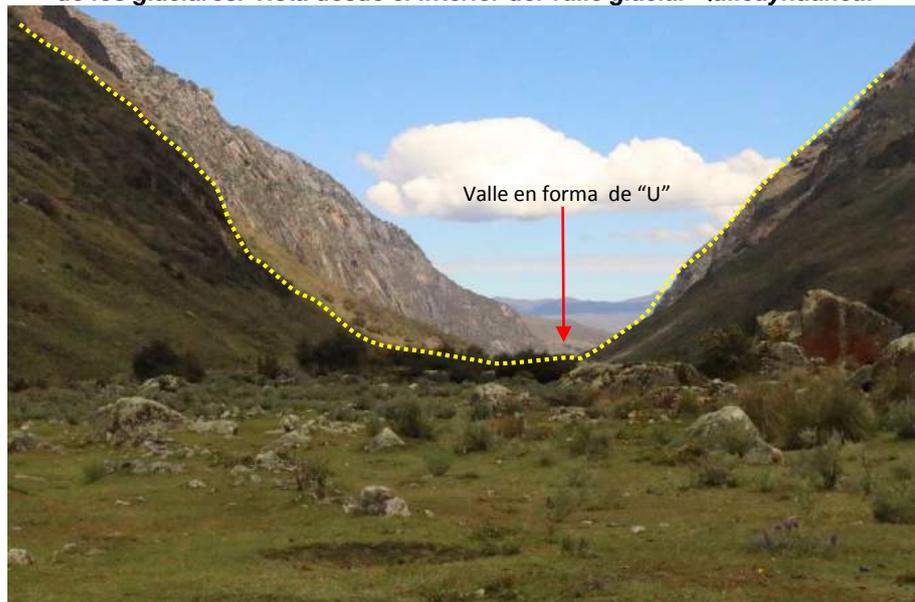


Imagen tomada del Google Earth, 2018.

### 3.4.8 Valles glaciares:

Tiene la típica forma en “U” (Ver Fotografía N° 53), originado por la acción erosiva de los glaciares. Las pendientes de las laderas varían de un lugar a otro. Los valles glaciares que se encuentran en las quebradas de Cojup, Quilcayhuanca, Cayesh y Shallap presentan pendientes relativamente suaves ( $3^{\circ}$  –  $8^{\circ}$  grados); condicionado principalmente por la litología de la zona. Al pie de las morrenas de fondo de valle glaciar, donde se da inicio al valle glaciar, se tiene la predominancia de rocas sedimentarias (Fm. Chicama) y en la parte media del Valle glaciar predomina el Batolito de la Cordillera blanca.

Fotografía N° 59: Valle glaciar, se muestra la forma característica en “U” por la erosión de los glaciares. Vista desde el interior del valle glaciar Quilcayhuanca.



Fuente: INAIGEM, Mayo 2017.



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Instituto Nacional de Investigación  
en Glaciares y Ecosistemas de Montaña



Año Del Buen Servicio al Ciudadano

Año Del Buen Servicio al Ciudadano

**Figura 17: Mapa Geomorfológico del Área de Estudio**



Fuente: Elaborado por el INAIGEM

### 3.5 Zonificación de Pendientes

La zonificación de pendientes dentro de la subcuenca del río Quillcay se basa en la información Alos – Palsar, corregida y procesada por la subdirección de Investigación Glaciológica y los criterios considerados en el Reglamento de Clasificación de Tierras del DS N°062/75-AG; enfocado en la clasificación larga de pendientes, de donde la zonificación de las pendientes del área de estudios se registró según la tabla N° 10:

**Tabla N° 10: Zonificación de Pendientes.**

Rango		Clase de Pendiente	Descripción
Porcentaje	Grados		
0-2%	0 - 0,9°	A	Plana o casi a nivel
2-4%	0,9° - 1,8°	B	Ligeramente inclinado
4.-8%	1,8° - 3,6°	C	Moderadamente inclinada
8.-15%	3,6° - 7,8°	D	Fuertemente inclinada
15-25%	7,8° - 11,3°	E	Moderadamente empinada
25-50 %	11,3° - 22,5°	F	Empinada
50-75%	22,5° - 33,8°	G	Fuertemente empinada
>75%	33,8° <	H	Extremadamente empinada

Fuente: ONERN 1975.

A partir de la información geológica y el criterio de clasificación de tierras usado para la zonificación de pendientes se elabora una tabla de unidades geomorfológicas con predominancia de los relieves montañosos y colinosos, como se muestra en la tabla N°11:



Año Del Buen Servicio al Ciudadano

Tabla N° 11: Tabla de Clasificación Geomorfológica basada en la zonificación de pendientes.

GEOLOGÍA	SUSCEPTIBILIDAD	SIMBL_GEO MORF_MONTAÑA	SIMBL_GEO MORF_COLINA	DESCRIP_GEOMORFO_MONTAÑA	DESCRIP_GEOMORFO_COLINA
Js-ch	Muy bajo	Rm-lbr/Rm-fvg	Rc-lbr/Rc-fvg	Relieve montañoso con laderas bajas en roca / Relieve montañoso en fondo de valle glaciar	Relieve colinoso con laderas bajas en roca / Relieve colinoso en fondo de valle glaciar
	Bajo	Rm-lbr/Rm-fvg	Rc-lbr/Rc-fvg	Relieve montañoso con laderas bajas en roca / Relieve montañoso en fondo de valle glaciar	Relieve colinoso con laderas bajas en roca / Relieve colinoso en fondo de valle glaciar
	Medio	Rm-lmr	Rc-lmr	Relieve montañoso con laderas medias en roca	Relieve colinoso con laderas medias en roca
	Alto	Rm-lar	Rc-lar	Relieve montañoso con laderas altas en roca	Relieve colinoso con laderas altas en roca
	Muy alto	Rm-lar	Rc-lar	Relieve montañoso con laderas altas en roca	Relieve colinoso con laderas altas en roca
N_c b-gd/to	Muy bajo	Rm-lbr/Rm-fvg	Rc-lbr/Rc-fvg	Relieve montañoso con laderas bajas en roca / Relieve montañoso en fondo de valle glaciar	Relieve colinoso con laderas bajas en roca / Relieve colinoso en fondo de valle glaciar
	Bajo	Rm-lbr/Rm-fvg	Rc-lbr/Rc-fvg	Relieve montañoso con laderas bajas en roca / Relieve montañoso en fondo de valle glaciar	Relieve colinoso con laderas bajas en roca / Relieve colinoso en fondo de valle glaciar
	Medio	Rm-lmr	Rc-lmr	Relieve montañoso con laderas medias en roca	Relieve colinoso con laderas medias en roca
	Alto	Rm-lar	Rc-lar	Relieve montañoso con laderas altas en roca	Relieve colinoso con laderas altas en roca
	Muy alto	Rm-lar	Rc-lar	Relieve montañoso con laderas altas en roca	Relieve colinoso con laderas altas en roca
Nmp-yu	Muy bajo		Rc-lbr/Rc-fvg		Relieve colinoso con laderas bajas en roca / Relieve colinoso en fondo de valle glaciar
	Bajo		Rc-lbr/Rc-fvg		Relieve colinoso con laderas bajas en roca / Relieve colinoso en fondo de valle glaciar
	Medio		Rc-lmr		Relieve colinoso con laderas medias en roca
	Alto		Rc-lar		Relieve colinoso con laderas altas en roca
	Muy alto		Rc-lar		Relieve colinoso con laderas altas en roca
Q-alv	Muy bajo	Rm-lbs/Rm-fvg	Rc-lbs/Rc-fvg	Relieve montañoso con laderas bajas en suelo / Relieve montañoso en fondo de valle glaciar	Relieve colinoso con laderas bajas en suelo / Relieve colinoso en fondo de valle glaciar
	Bajo	Rm-lbs/Rm-fvg	Rc-lbs/Rc-fvg	Relieve montañoso con laderas bajas en suelo / Relieve montañoso en fondo de valle glaciar	Relieve colinoso con laderas bajas en suelo / Relieve colinoso en fondo de valle glaciar
	Medio	Rm-lms	Rc-lms	Relieve montañoso con laderas medias en suelo	Relieve colinoso con laderas medias en suelo
	Alto	Rm-las	Rc-las	Relieve montañoso con laderas altas en suelo	Relieve colinoso con laderas altas en suelo
	Muy alto	Rm-las	Rc-las	Relieve montañoso con laderas altas en suelo	Relieve colinoso con laderas altas en suelo
Q-co	Muy bajo	Rm-lbs/Rm-fvg	Rc-lbs/Rc-fvg	Relieve montañoso con laderas bajas en suelo / Relieve montañoso en fondo de valle glaciar	Relieve colinoso con laderas bajas en suelo / Relieve colinoso en fondo de valle glaciar
	Bajo	Rm-lbs/Rm-fvg	Rc-lbs/Rc-fvg	Relieve montañoso con laderas bajas en suelo / Relieve montañoso en fondo de valle glaciar	Relieve colinoso con laderas bajas en suelo / Relieve colinoso en fondo de valle glaciar
	Medio	Rm-lms	Rc-lms	Relieve montañoso con laderas medias en suelo	Relieve colinoso con laderas medias en suelo
	Alto	Rm-las	Rc-las	Relieve montañoso con laderas altas en suelo	Relieve colinoso con laderas altas en suelo
	Muy alto	Rm-las	Rc-las	Relieve montañoso con laderas altas en suelo	Relieve colinoso con laderas altas en suelo
Q-fgl	Muy bajo	Rm-lbs/Rm-fvg		Relieve montañoso con laderas bajas en suelo / Relieve montañoso en fondo de valle glaciar	
	Bajo	Rm-lbs/Rm-fvg		Relieve montañoso con laderas bajas en suelo / Relieve montañoso en fondo de valle glaciar	
	Medio	Rm-lms		Relieve montañoso con laderas medias en suelo	



## Año Del Buen Servicio al Ciudadano

	Alto	Rm-las		Relieve montañoso con laderas altas en suelo	
	Muy alto	Rm-las		Relieve montañoso con laderas altas en suelo	
Q-fl	Muy bajo	Rm-lbs/Rm-fvg	Rc-lbs/Rc-fvg	Relieve montañoso con laderas bajas en suelo / Relieve montañoso en fondo de valle glaciar	Relieve colinoso con laderas bajas en suelo / Relieve colinoso en fondo de valle glaciar
	Bajo	Rm-lbs/Rm-fvg	Rc-lbs/Rc-fvg	Relieve montañoso con laderas bajas en suelo / Relieve montañoso en fondo de valle glaciar	Relieve colinoso con laderas bajas en suelo / Relieve colinoso en fondo de valle glaciar
	Medio	Rm-lms	Rc-lms	Relieve montañoso con laderas medias en suelo	Relieve colinoso con laderas medias en suelo
	Alto	Rm-las	Rc-las	Relieve montañoso con laderas altas en suelo	Relieve colinoso con laderas altas en suelo
	Muy alto	Rm-las	Rc-las	Relieve montañoso con laderas altas en suelo	Relieve colinoso con laderas altas en suelo
Q-gl1	Muy bajo	Rm-lbs/Rm-fvg	Rc-lbs/Rc-fvg	Relieve montañoso con laderas bajas en suelo / Relieve montañoso en fondo de valle glaciar	Relieve colinoso con laderas bajas en suelo / Relieve colinoso en fondo de valle glaciar
	Bajo	Rm-lbs/Rm-fvg	Rc-lbs/Rc-fvg	Relieve montañoso con laderas bajas en suelo / Relieve montañoso en fondo de valle glaciar	Relieve colinoso con laderas bajas en suelo / Relieve colinoso en fondo de valle glaciar
	Medio	Rm-lms	Rc-lms	Relieve montañoso con laderas medias en suelo	Relieve colinoso con laderas medias en suelo
	Alto	Rm-las	Rc-las	Relieve montañoso con laderas altas en suelo	Relieve colinoso con laderas altas en suelo
	Muy alto	Rm-las	Rc-las	Relieve montañoso con laderas altas en suelo	Relieve colinoso con laderas altas en suelo
Q-gl2	Muy bajo	Rm-lbs/Rm-fvg	Rc-lbs/Rc-fvg	Relieve montañoso con laderas bajas en suelo / Relieve montañoso en fondo de valle glaciar	Relieve colinoso con laderas bajas en suelo / Relieve colinoso en fondo de valle glaciar
	Bajo	Rm-lbs/Rm-fvg	Rc-lbs/Rc-fvg	Relieve montañoso con laderas bajas en suelo / Relieve montañoso en fondo de valle glaciar	Relieve colinoso con laderas bajas en suelo / Relieve colinoso en fondo de valle glaciar
	Medio	Rm-lms	Rc-lms	Relieve montañoso con laderas medias en suelo	Relieve colinoso con laderas media en suelo
	Alto	Rm-las	Rc-las	Relieve montañoso con laderas altas en suelo	Relieve colinoso con laderas altas en suelo
	Muy alto	Rm-las	Rc-las	Relieve montañoso con laderas altas en suelo	Relieve colinoso con laderas altas en suelo
Q-gl3	Muy bajo	Rm-lbs/Rm-fvg		Relieve montañoso con laderas bajas en suelo / Relieve montañoso en fondo de valle glaciar	
	Bajo	Rm-lbs/Rm-fvg		Relieve montañoso con laderas bajas en suelo / Relieve montañoso en fondo de valle glaciar	
	Medio	Rm-lms		Relieve montañoso con laderas medias en suelo	
	Alto	Rm-las		Relieve montañoso con laderas altas en suelo	
	Muy alto	Rm-las		Relieve montañoso con laderas altas en suelo	
Q-la	Muy bajo	Rm-lbs/Rm-fvg	Rc-lbs/Rc-fvg	Relieve montañoso con laderas bajas en suelo / Relieve montañoso en fondo de valle glaciar	Relieve colinoso con laderas bajas en suelo / Relieve colinoso en fondo de valle glaciar
	Bajo	Rm-lbs/Rm-fvg	Rc-lbs/Rc-fvg	Relieve montañoso con laderas bajas en suelo / Relieve montañoso en fondo de valle glaciar	Relieve colinoso con laderas bajas en suelo / Relieve colinoso en fondo de valle glaciar
	Medio	Rm-lms	Rc-lms	Relieve montañoso con laderas medias en suelo	Relieve colinoso con laderas medias en suelo
	Alto	Rm-las	Rc-las	Relieve montañoso con laderas altas en suelo	Relieve colinoso con laderas altas en suelo
	Muy alto	Rm-las	Rc-las	Relieve montañoso con laderas altas en suelo	Relieve colinoso con laderas altas en suelo

Fuente: INAIGEM, Junio 2017.



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Instituto Nacional de Investigación  
en Glaciares y Ecosistemas de Montaña



Año Del Buen Servicio al Ciudadano



PERÚ

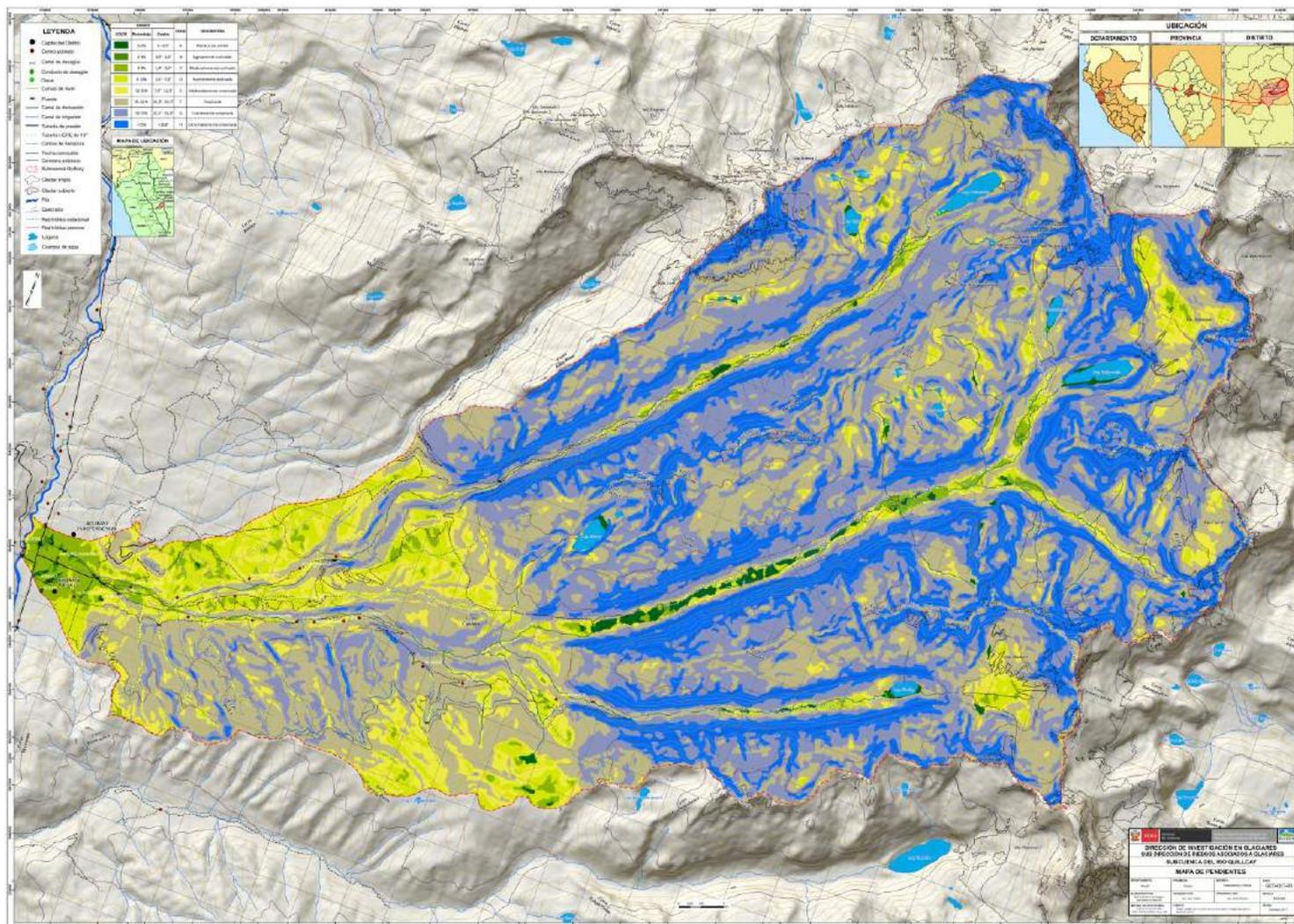
Ministerio del Ambiente

Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña



Año Del Buen Servicio al Ciudadano

Figura N° 191: Mapa de Pendientes – Sub Cuenca del Río Quillcay



Fuente: INAIGEM, Mayo 2017.



### 3.6 Zonificación Altitudinal (Planimétrico)

Mediante los distintos procedimientos y métodos, que se han utilizado para lograr representar a escala, los detalles del área total sobre una superficie plana de la subcuenca del río Quillcay. Estos métodos y procedimientos han sido llevados a planos a un mayor detalle, donde se han incorporado, no solo los límites y superficie del terreno, sino también elementos singulares tanto de obra civiles (casas, caminos, canales, presas de seguridad) o de territorio (torrente activos e inactivos, zonas de pastizales, boscosas y de cultivo).

Todos estos detalles de planimetría lo podemos observar en el ANEXO de planos: Mapa base, mapa de pendientes, mapas geológicos, mapas geomorfológicos-geodinámicos y geotécnicos.



PERÚ

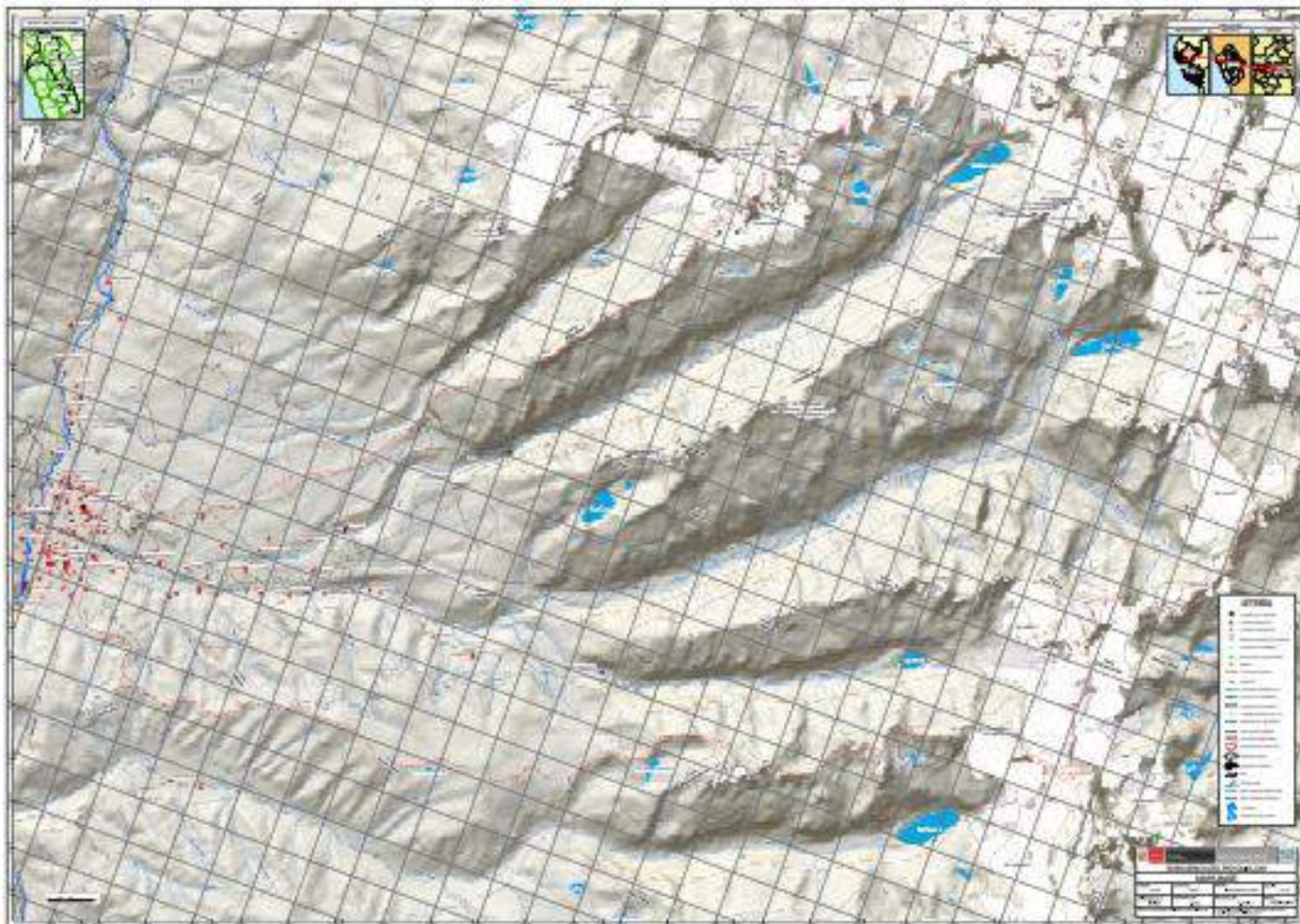
Ministerio  
del Ambiente

Instituto Nacional de Investigación  
en Glaciares y Ecosistemas de Montaña



Año Del Buen Servicio al Ciudadano

**Figura N° 202: Mapa Base Sub Cuenca Quillcay (Planimetría)**



Fuente: INAIGEM, Mayo 2017.

Año Del Buen Servicio al Ciudadano

### 3.7 Geodinámica Externa

Corresponde a los procesos se encuentran modelando el actual relieve de la superficie terrestre, a través de la acción de los agentes atmosféricos (aguas, hielos, gravedad, etc.). Este modelado comprende dos procesos bien marcados, la degradación y agradación.

La degradación es el desgaste que los agentes atmosféricos causan en la corteza a través de la meteorización y erosión. La gradación es un proceso a través del cual ocurre la sedimentación y litificación de los materiales arrancados de la corteza durante la meteorización y erosión.

#### 3.7.1 Principales Procesos Geodinámicos

##### 3.7.1.1 Derrumbes

Caídas masivas y activas de suelos, fragmentos y escombros rocosos, de poca magnitud, que se presentan con mucha frecuencia en tramos relativamente cortos, los encontramos localmente en la parte media de la subcuenca del río Quillcay. Las principales causas son la gravedad terrestre, la fracturación de las rocas, los efectos de la meteorización, la acción de las raíces, la actividad antrópica, etc.

Los factores que activan los derrumbes por lo general son los movimientos sísmicos, la erosión, la pendiente de los taludes, los ambientes más propensos a estos fenómenos son los taludes verticales de rocas fracturadas y suelos inestables. En el área de estudio tenemos una zona de deslizamientos generados por el corte del río Cojup, en la parte baja de la quebrada del mismo nombre. Ver Fotografía 54.

**Fotografía N° 60: Derrumbes locales de material cuaternario.**



Fuente: INAIGEM, Junio 2017.

##### 3.7.1.2 Caída de rocas y detritos

Corresponde a la separación, caída, rodamiento, y rebote de fragmentos de roca y detritos. En el caso de caída de rocas, puede tratarse de un solo fragmento de un grupo de ellos, pero en este último caso existe poca interacción dinámica entre las partículas individuales. El tamaño de los detritos es variable, desde pequeños de centímetros hasta considerables dimensiones.

Año Del Buen Servicio al Ciudadano

Los depósitos de caída se generan en las zonas donde la pendiente del talud es elevada. Los detritos que genera el intemperismo son llevados a las partes bajas por acción de la fuerza de la gravedad terrestre. Este proceso genera depósitos inconsolidados debido a que el porcentaje de matriz es muy pequeño. Dentro del área de la subcuenca tenemos depósitos originados por la caída de rocas y detritos en la parte media de la Quebrada Cojup. Ver Fotografía 55.

**Fotografía N° 61: Zona de Caída de Rocas en la Quebrada Cojup.**



Fuente: INAIGEM, Junio 2017.

### 3.7.1.3 Flujo de detritos

Proceso de remoción en masa tipo flujo, que afecta a una masa de suelo (detritos y/o suelos), en que el material está saturado en agua y tiene una concentración de partículas tal que se comporta mecánicamente como un fluido, tendiendo a un comportamiento reológico de un fluido plástico-viscoso, se evidencia en la parte media y baja de la subcuenca del río Quillcay y en sus quebradas alternas. Ejemplo de este tipo de remoción en masa se muestra en la quebrada Cojup. Ver Fotografía 56.

**Fotografía N° 62: Flujo de Detritos.**



Fuente: INAIGEM, Junio 2017.

Año Del Buen Servicio al Ciudadano

#### 3.7.1.4 Avalanchas de hielo:

Son desprendimientos de masas de hielo y/o mezcla de hielo y roca triturada, que ocurren en los frentes glaciares, teniendo como factores: La pendiente, la gravedad, los cambios de las condiciones térmicas, la presencia de agua de fusión, el retroceso glaciar además del factor sísmico.

Hay, además, frentes glaciares de naturaleza muy fracturada, que se encuentran sobre los espejos de agua de algunas lagunas del área de estudio, que al caer bloques de hielo pueden generar olas que al impactar con los diques naturales pueden ocasionar su ruptura.

*Fotografía N° 63: Vista de Avalanchas de Hielo en el Glaciar Tullparaju.*



*Fuente: INAIGEM, Junio 2017.*

#### 3.7.1.5 Erosión en Cárcavas

Son cárcavas o surcos que se forman en las laderas, por acción de las aguas superficiales que al desplazarse ladera abajo, tienen la capacidad de erosionar los materiales finos de la superficie a lo largo su recorrido.

Las cárcavas evolucionan tanto a profundidad a lo largo de su eje longitudinal como hacia los extremos laterales, ganando así profundidad y extensión muy rápidamente.

Año Del Buen Servicio al Ciudadano  
**Fotografía N° 64: Erosión hídrica en Cárcavas.**



Fuente: INAIGEM, Junio 2017



## 4 ASPECTOS GEOTÉCNICOS

### 4.1 Introducción

La investigación geotécnica, corresponde a la evaluación de afloramientos rocosos mediante la ejecución de Estaciones de Mapeo Geomecánico (EMG), aplicando el método celda de detalle para la adquisición de los datos de campo y a la evaluación del tipo de suelos que podemos encontrar en esta subcuenca. Las EMG consisten en obtener las características siguientes: dirección de buzamiento y buzamiento del plano de las discontinuidades, cantidad o número, espaciamiento, forma, rugosidad, apertura, relleno, meteorización, persistencia, presencia de agua, entre otras características que tiene un macizo rocoso. Esta adquisición de campo contribuye en conocer las principales familias de discontinuidades o estructuras que dominan al macizo rocoso a través de las EMG investigadas.

En cuanto a la descripción geotécnica de suelos, se realizó considerando el tipo de depósito cuaternario al que pertenece y sus características geomorfológicas.

### 4.2 Características Geotécnicas Generales

El nivel de susceptibilidad (mayor o menor) a los movimientos en masas como desprendimiento o caída de rocas está influenciada en forma directa por las características estructurales dominantes respecto a su relación favorable o desfavorable a la pendiente del terreno y por la morfología de los suelos, identificándolos y clasificándolos para que, mediante una serie de estudios de campo (In Situ), tales como calicatas, trincheras, perfiles, sondeos, etc., se tengan los datos necesarios para realizar los modelamientos de flujos de escombros, en la subcuenca del río Quillcay.

#### 4.2.1 Caracterización Geotécnica

##### 4.2.1.1 Basamento Rocosó

Esta unidad está compuesta litológicamente por rocas intrusivas (granodiorita y tonalita), rocas sedimentarias (areniscas y lutitas metamorizadas) y por rocas volcánicas (tobas dacíticas y de cristales).

En síntesis, se ha realizado veinticinco (25) estaciones de mapeo geomecánico (EMG) en la quebrada de Cojup y treintainueve (39) EMG en la quebrada de Quillcayhuanca, en ambas quebradas las EMG han sido de 10 a 15 m. de longitud aprox. Se ha procesado y sistematizado la información de campo con respecto a la dirección de buzamiento y buzamiento de los planos de las discontinuidades mediante el programa DIPS v5.0 para obtener las rosetas de las familias de orientación para cada estación geomecánica.

De acuerdo a las características litológicas y geomecánicas, se describió geotécnicamente las rocas, teniendo en esta subcuenca: Rocas de alta resistencia (R-II), Rocas de resistencia media (R-III) y Rocas de baja resistencia (R-IV).

A continuación, se muestran las Tablas N° 12 y 13, donde se resumen los resultados obtenidos por cada EMG y sus principales familias de discontinuidades, de ambas quebradas, así mismo en el "ANEXO C-Registro de data Estructural", se muestra las figuras de Diagrama de Rosetas por cada EMG realizada en la mencionada subcuenca.



Año Del Buen Servicio al Ciudadano

**Tabla N° 12: Resumen de las Principales Familias de Discontinuidades por Cada Estación de Mapeo Geomecánico de la Quebrada de Cojup (25 EMG).**

ITEM	ESTACIÓN	FAMILIAS	ITEM	ESTACIÓN	FAMILIAS
01	EMG-C01	N-S Y E-W	14	EMG-C14	NE-SW Y NW-SE
02	EMG-C02	NE-SW / E-W / NE-SW	15	EMG-C15	NE-SW Y NW-SE
03	EMG-C03	NE-SW	16	EMG-C16	NE-SW Y NW-SE
04	EMG-C04	NE-SW	17	EMG-C17	NW-SE / N-S / NE-SW
05	EMG-C05	NE-SW Y NE-SW	18	EMG-C18	NW-SE / NE-SW / NE-SW
06	EMG-C06	NE-SW Y NE-SW	19	EMG-C19	E-W / NE-SW / N-S
07	EMG-C07	NE-SW	20	EMG-C20	NE-SW / E-W / NW-SE
08	EMG-C08	E-W / NW-SE / NE-SW	21	EMG-C21	N-S / NE-SW / E-W
09	EMG-C09	N-S / NW-SE / E-W	22	EMG-C22	NW-SE / N-S / E-W / NE-SW
10	EMG-C10	E-W Y NE-SW	23	EMG-C23	NW-SE / NE-SW / E-W
11	EMG-C11	-	24	EMG-C24	NW-SE / NE-SW/E-W /NE-SW
12	EMG-C12	E-W / NW-SE / NW-SE	25	EMG-C25	N-S / NW-SE / NE-SW
13	EMG-C13	NE-SW Y NW-SE			

Fuente: INAIGEM, Diciembre hbre 2017.

**Tabla N° 13: Resumen de las Principales Familias de Discontinuidades por cada Estación de Mapeo Geomecánico de la quebrada de Quillcayhuanca (39 EMG).**

ITEM	ESTACIÓN	FAMILIAS	ITEM	ESTACIÓN	FAMILIAS
01	EMG-Q01	NE-SW/NW-SE	21	EMG-Q21	N-S/NW-SE
02	EMG-Q02	NE-SW/NW-SE	22	EMG-Q22	ESE-WSW/NNW-SSE/NE-SW
03	EMG-Q03	NW-SE/ESE-WNW	23	EMG-Q23	NNW-SSE/ENE-WSW
04	EMG-Q04	ENE-WSW/NNE-SSW	24	EMG-Q24	NW-SE/NE-SW
05	EMG-Q05	NNW-SSE/WNW-ESE	25	EMG-Q25	NNW-SSE/NW-SE
06	EMG-Q06	NNE-SSW/E-W/N-S	26	EMG-Q26	ENE-WSW/NW-SE
07	EMG-Q07	N-S/NW-SE/NE-SW	27	EMG-Q27	NW-SE/NE-SW
08	EMG-Q08	NNW-SSE/WSW-ENE	28	EMG-Q28	NE-SW/NNW-SSE
09	EMG-Q09	NW-SE/NE-SW/N-S	29	EMG-Q29	NNE-WSW/ENE-WSW/NNW-SSE
10	EMG-Q10	NNE-SSW/WSW-ESE	30	EMG-Q30	NE-SW/ENE-WSW/NW-SE
11	EMG-Q11	NW-SE/NE-SE/N-S	31	EMG-Q31	NW-SE/NE-SW/NNW-SSE
12	EMG-Q12	NNW-SSE/NE-SW	32	EMG-Q32	NW-SE/NE-SW/E-W
13	EMG-Q13	WNW-SSE/NW-SE/NE-SW	33	EMG-Q33	NE-SW/NW-SE
14	EMG-Q14	NE-SW/NW-SE/NNE-SSW	34	EMG-Q34	E-W/NW-SE/NNW-SSE
15	EMG-Q15	NNW-SSE/WNW-ESE/NE-SW	35	EMG-Q35	NW-SE/E-W/NE-SW
16	EMG-Q16	NE-SW/NW-SE/E-W	36	EMG-Q36	NW-SE/NE-SW
17	EMG-Q17	NNW-SSE/E-W	37	EMG-Q37	NE-SW/NW-SE
18	EMG-Q18	E-W/NW-SE/NE-SW	38	EMG-Q38	ENE-WSW/NW-SE/N-S
19	EMG-Q19	NW-SE/NE-SW	39	EMG-Q39	NW-SE/E-W/NE-SW
20	EMG-Q20	NW-SE/NE-SW/N-S			

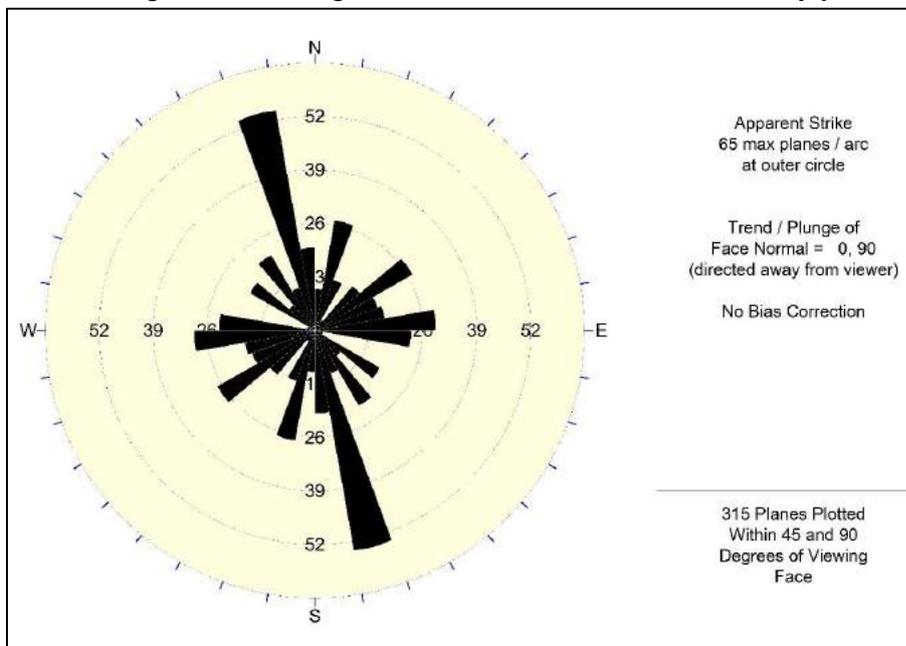
Fuente: INAIGEM, Diciembre 2017.

A continuación en las figuras adjuntas (Figuras N° 21 y 22), se presenta el “Diagrama de Rosetas”, representando a todas las familias de discontinuidades realizadas en las quebradas Cojup y Quillcayhuanca de la subcuenca del río

Año Del Buen Servicio al Ciudadano

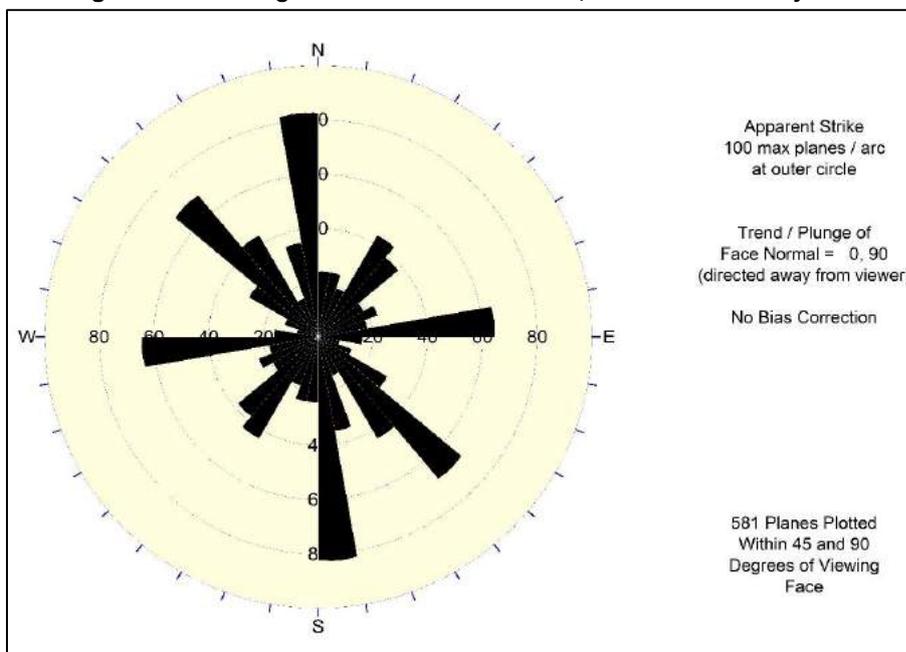
Quillcay, donde se observa tres orientaciones preferentes de discontinuidades: NNW-SSE, E-W y NE-SW para la quebrada Cojup y cuatro orientaciones preferentes para la quebrada Quillcayhuanca: N-S, E-W, y NW-SE y NE-SW.

**Figura N° 213: Diagrama de Rosetas General, Quebrada Cojup.**



Fuente: INAIGEM, Diciembre 2017.

**Figura N° 224. Diagrama de Rosetas General, Quebrada Quillcayhuanca.**



Fuente: INAIGEM, Diciembre 2017.

#### 4.2.1.2 Suelos

Esta unidad está compuesta de material cuaternario, comprendido por: depósitos glaciáricos, depósitos lacustrinos, depósitos aluvionales, depósitos aluviales,

Año Del Buen Servicio al Ciudadano

depósitos fluvioglaciares, depósitos fluviales y depósitos coluviales. Cabe mencionar que, en base a esta clasificación de depósitos cuaternarios y a características como, edad geológica, composición, compacidad y geomorfología, se ha descrito geotécnicamente los suelos, teniendo en esta subcuenca: Suelos de muy baja resistencia (S-V), Suelos de baja resistencia (S-IV), Suelos de resistencia media (S-III) y Suelo de alta resistencia (S-II).

### 4.3 Unidades Geotécnicas

En la tabla adjunta (Tabla N° 14), se describen las siguientes unidades geotécnicas correspondientes a la subcuenca del río Pariac. Estas unidades han sido descritas de acuerdo a sus características geológicas, morfológicas y geomecánicas.

**Tabla N° 14: Descripción de Unidades Geotécnicas.**

UNIDADES GEOTÉCNICAS				
TIPO	UNIDAD		CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICA	DESCRIPCIÓN
Roca		R-II	Roca Intrusiva (Granodiorita-Tonalita)	Roca de alta resistencia
		R-III	Roca Sedimentaria (Areniscas y lutitas metamorizadas)	Roca de resistencia media
		R-IV	Roca Volcánica (Tobas dacítica y de cristales)	Roca de baja resistencia
Suelo		S-II	Depósitos Glaciáricos	Suelo de alta resistencia
		S-III	Depósitos Fluvioglaciares	Suelo de resistencia media
		S-IV	Depósitos Fluviales, Aluviales Y Aluvionales.	Suelo de baja resistencia
		S-V	Depósitos Lacustrinos, Coluviales.	Suelo de muy baja resistencia

Fuente: INAIGEM, Diciembre 2017.



PERÚ

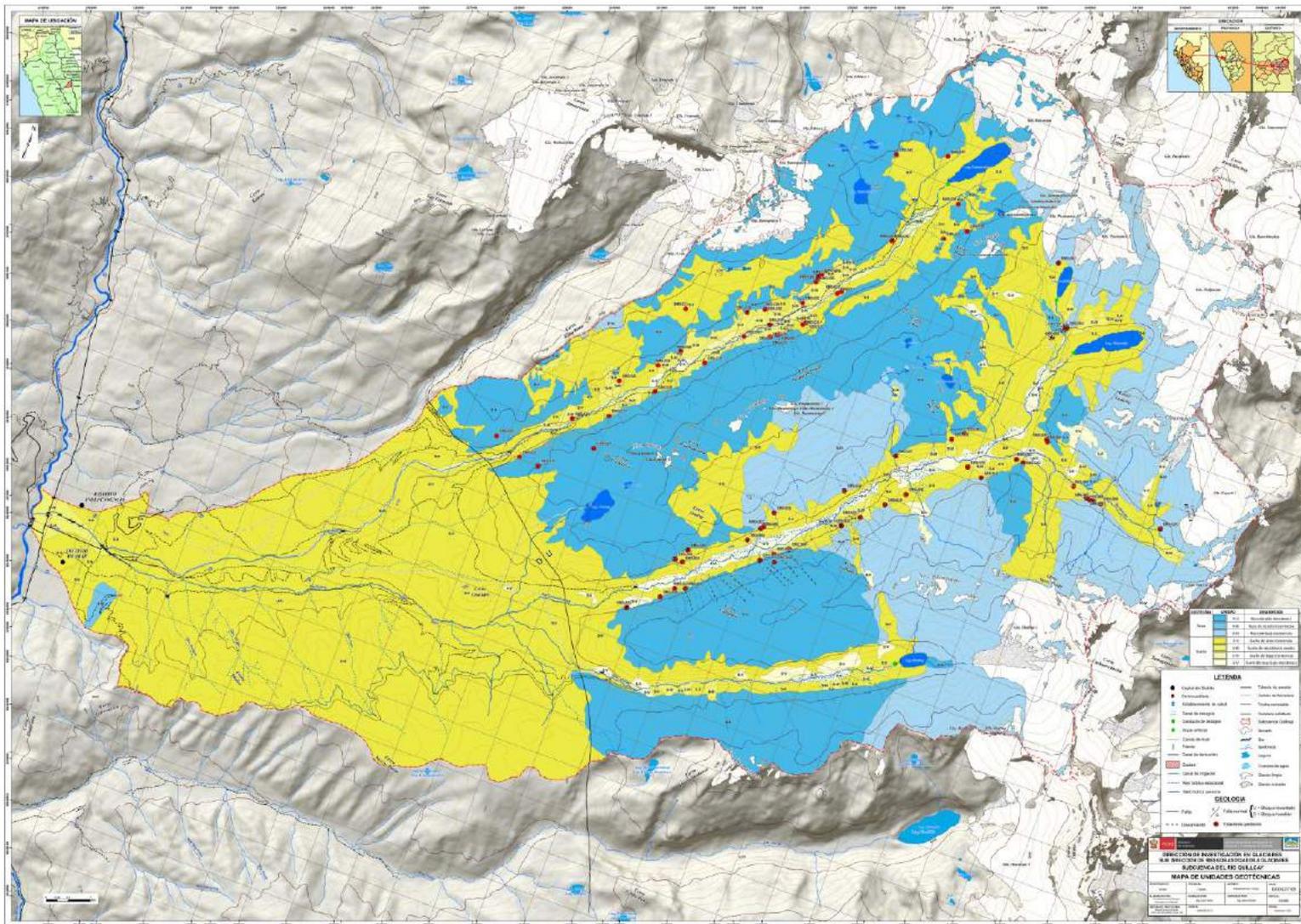
Ministerio del Ambiente

Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña



Año Del Buen Servicio al Ciudadano

Figura N° 235. Mapa de Unidades Geotécnicas



Fuente: INAIGEM, Diciembre 2017

## 5 ASPECTOS AMBIENTALES

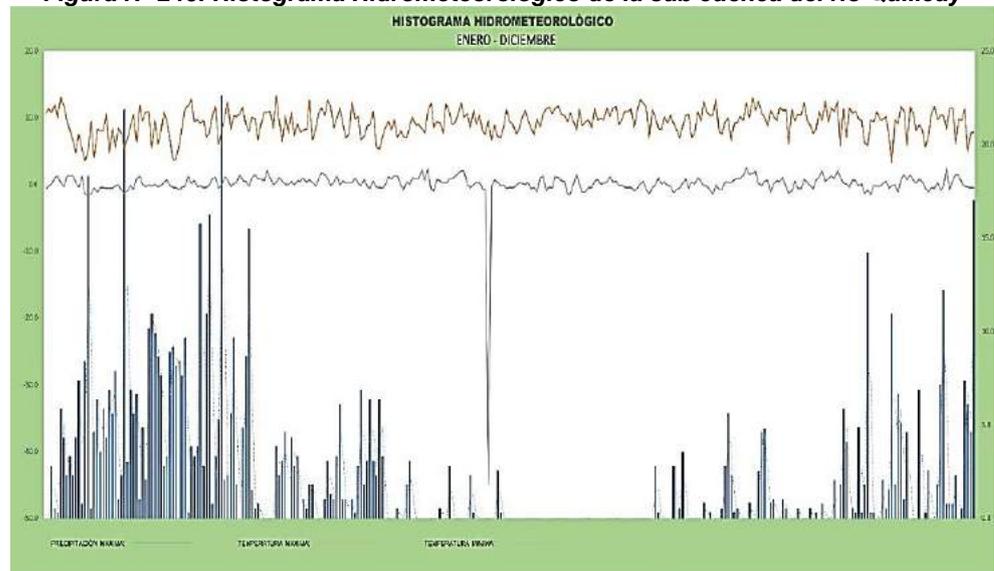
### 5.1 Clima

De acuerdo a información que obra en el SENAMHI, se tiene un clima lluvioso semi frígido. Este tipo climático en la región andina, se extiende entre 3500 y 6000 msnm.

#### 5.1.1 Precipitación

En la actualidad, el INAIGEM realiza un monitoreo permanente de la quebrada Cojup, realizando un control permanente de la estación meteorológica en la laguna Palcacocha; respecto de lo cual, en el año 2017 se tuvieron registros de acuerdo al detalle siguiente:

**Figura N° 246: Histograma Hidrometeorológico de la sub cuenca del río Quillcay**

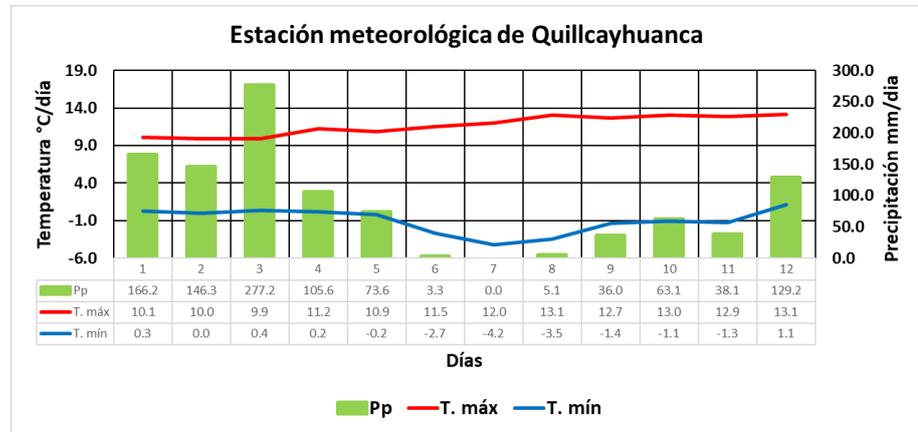


Fuente: INAIGEM 2017

Al respecto, es de precisar que las precipitaciones pluviales más elevadas registradas durante el año 2017 correspondieron a los meses de febrero, marzo y abril, obteniéndose el pico más elevado de 22.6 mm en el mes de abril.

De otra parte, a su vez, el INAIGEM realiza el monitoreo de la estación meteorológica de Quillcayhuanca, cuyos resultados se presentan a continuación.

Año Del Buen Servicio al Ciudadano

**Figura N° 257: Estación Meteorológica Quillcayhuanca**


Fuente: INAIGEM 2017

### 5.1.2 Humedad

De acuerdo a la información registrada en la estación meteorológica de Quillcayhuanca.

Humedad Relativa Máxima: 100%

Humedad Relativa Mínima: 28.9 %

### 5.1.3 Temperatura

De acuerdo a la información registrada en la estación meteorológica de Quillcayhuanca.

Temperatura máxima anual de 11.7 °C en promedio.

Temperatura mínima anual de – 1.0 °C en promedio.

## 5.2 Hidrología

### 5.2.1 Características Hidrológicas

Esta sección describe el análisis de los registros de caudales observados durante el año 2017. Los aforos se realizaron en los ríos de las tres quebradas afluentes principales y en el propio río Quillcay. La distribución de la precipitación media mensual en la región está marcada por la estacionalidad como se muestra en la Figura 24. El periodo húmedo inicia en septiembre y termina entre abril y mayo, siendo junio, julio y agosto los meses secos.

Año Del Buen Servicio al Ciudadano

**Tabla N° 15: Tabla de Caudales Observados.**

Puntos de Monitoreo	Río Quillcay	Río Quillcayhuanca	Río Shallap	Río Cojup (portada)
	ANC_S_QLL	ANC_S_QLLH	ANC_S_SHA	ANC_S_COJ2
Coordenadas	Caudal (m3/s)	Caudal (m3/s)	Caudal (m3/s)	Caudal (m3/s)
	222397	234743	235824	231116
Año-2017	8946598	8949119	8947159	8951026
Enero	8.92	4.43	1.9521	3.53
Febrero	8.26	5.46	2.07	3.68
Marzo				7.48
Abril	12.01	4.2	1.57	4.27
Mayo	9.81	3.52	1.26	2.22
Junio	2.71	1.9	0.63	1
Julio	1.34	1.23	0.76	0.9
Agosto	2.84	2.69	0.53	1.02
Septiembre	4.26	1.25	0.84	1.75
Octubre	4.26	1.25	0.84	1.66
Noviembre	4.09	2.15	0.84	1.61

Fuente: INAIGEM, Noviembre 2017.

### 5.3 Hidrografía

La subcuenca hidrográfica es parte fundamental en el estudio de la respuesta a la precipitación de entrada, en donde ocurren diversos procesos que alteran el escurrimiento de salida. En estos procesos intervienen la geomorfología de la subcuenca en la que la climatología es el factor más importante, el tipo y uso del suelo, la cobertura vegetal o nivel de urbanización.

#### 5.3.1 Parámetros de la Red Hidrográfica

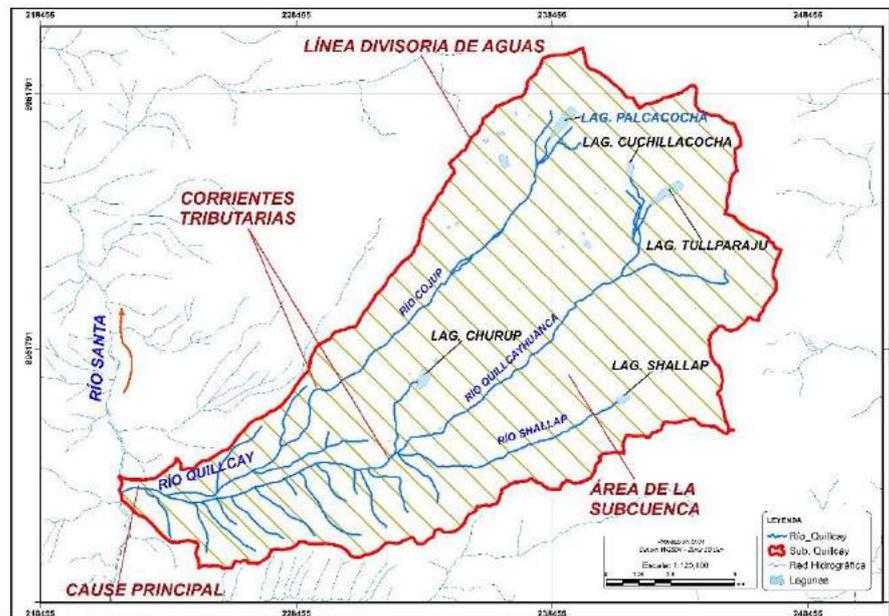
Existen parámetros calculables que consideran la importancia de estos procesos para establecer comparaciones y establecer subcuencas afines de una forma preliminar. Las propiedades geomorfológicas de una subcuenca más estudiadas, se presentan a continuación:

##### 5.3.1.1 Área de la Subcuenca:

Es la superficie del terreno que comprende el área donde las aguas de las precipitaciones que concurren van a un mismo punto de evacuación a través de causas secundarios o quebradas que se unen a un cauce principal. Las aguas de las precipitaciones, lagunas o glaciares que no se han infiltrado dentro del suelo, se denominan escorrentía superficial y se desplazan desde los puntos de mayor elevación hacia los puntos de menor elevación por efecto de la gravedad. Mientras que, las aguas que han sido infiltradas por el suelo se denominan escorrentía subterránea y discurren por su interior similarmente.

La delimitación de la subcuenca hidrográfica del río Quillcay, se realizó a través de una línea imaginaria, denominada divisoria de aguas o “*Divortium aquarium*”, que separa las pendientes opuestas de las cumbres, fluyendo las aguas de las precipitaciones a ambos lados de la divisoria de aguas hacia los cauces principales y/o secundarios de la subcuenca. (Ver Figura N° 27).

Año Del Buen Servicio al Ciudadano

**Figura N° 268: Componentes de la Subcuenca Quillcay**

Fuente: INAIGEM, Diciembre 2017

### 5.3.1.2 Longitud del Cauce Principal:

Este parámetro suele coincidir con la longitud del cauce más largo del río Quillcay, y es un criterio representativo de la longitud de una subcuenca. Puede medirse considerando toda la sinuosidad del cauce o la longitud del eje del mismo. (Ver Figura N° 27).

### 5.3.1.3 Perímetro de la Subcuenca:

Es la longitud de la línea *divisoria de aguas* y conforma el contorno del área de la subcuenca del río Quillcay. Cuando se compara subcuencas de la misma área, este parámetro es útil para diferenciar la forma de la subcuenca. Es decir, si es alargada o redondeada. (Ver Figura N° 27).

### 5.3.1.4 Forma de la Subcuenca:

Para identificar las características de forma se emplean varios parámetros asociados con la relación área, perímetro o la longitud del cauce de agua más largo que se define como la distancia desde el punto de la salida de desembocadura de la subcuenca hasta el punto aguas arriba más alejada. Los índices más usuales son:

#### a. Coeficiente de compacidad o índice de Gravelius:

Establece la relación entre el perímetro de la subcuenca y el perímetro de una circunferencia de área equivalente a la superficie de la subcuenca correspondiente. Este índice representa la forma de la superficie de la subcuenca, según su delimitación, y su influencia sobre los escurrimientos y el hidrograma resultante de una precipitación (López Cadenas de Llano & Mintegui Aguirre, 1987).

Año Del Buen Servicio al Ciudadano

De otra manera, este índice se basa en la comparación con una subcuenca ideal de forma circular con sus cauces dispuestos radialmente y que desembocan en el punto central (López Cadenas de Llano, 1998). Se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$Kc = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

$Kc$  = Coeficiente de compacidad

$P$  = Perímetro de la cuenca en Km

$A$  = Área de la cuenca en Km<sup>2</sup>

Donde:

$A_{\text{QUILLCAY}} = 249.9229 \text{ Km}^2$

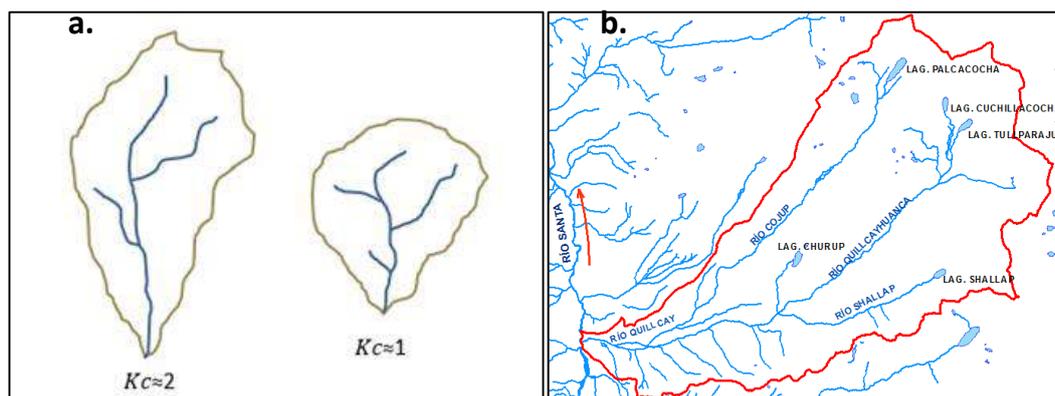
$P_{\text{QUILLCAY}} = 84.2350 \text{ Km}$

Entonces el Coeficiente de compacidad ( $K_c$ ) de la subcuenca del río Quillcay es:

$$K_c = 1.4919$$

Cuando el valor de  $K_c$  tiende a uno, la subcuenca tendrá una forma casi circular. Esto significa que las crecientes tendrán mayor coincidencia debido a que los tiempos de concentración de los diferentes puntos de la cuenca serán iguales. El tiempo de concentración consiste en la duración necesaria para que una gota de agua que cae en el punto más alejado de la subcuenca llegue al punto de salida o desembocadura. En nuestro caso, la subcuenca del río Quillcay, el valor de  $K_c$  tiende a 1 ( $K_c=1.4919$ ) por ende esta subcuenca es ligeramente alargada. (Ver Figura N° 28).

**Figura N° 279: (a.) Comparación de la forma de subcuencas según valores del Coeficiente de Compacidad. (b.) Subcuenca Quillcay con un  $K_c=1.4919$ , con tendencia a 1, caracterizando a esta subcuenca como más o menos circular.**



Fuente: INAIGEM, Diciembre 2017.

Año Del Buen Servicio al Ciudadano

**b. Factor de Forma:**

Es uno de los parámetros que explica la elongación de una subcuenca. Se expresa como la relación entre el área de la subcuenca y la longitud de la misma. El parámetro está definido por la siguiente expresión:

$$Ff = \frac{A}{L^2}$$

*Ff = Factor de forma*  
*A = Área de la cuenca en km<sup>2</sup>*  
*L = Longitud de la cuenca en Km*

Donde:

$$A_{\text{QUILLCAY}} = 249.9229 \text{Km}^2$$

$$L_{\text{QUILLCAY}} = 27.9824 \text{Km.}$$

Entonces el Factor de Forma (**Ff**) de la subcuenca del río Quillcay es:

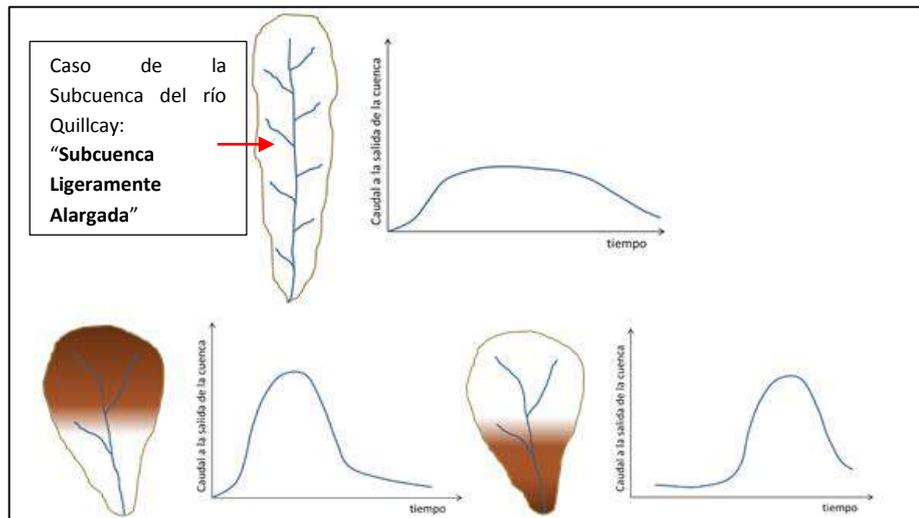
$$Ff = 0.319$$

Es un parámetro adimensional y la longitud de la cuenca puede considerarse según tres criterios diferentes: (a.) la longitud del cauce principal considerando su sinuosidad, (b.) la longitud del cauce principal considerando el eje del mismo, (c.) o la distancia en línea recta entre el punto de control de la subcuenca y el punto más alejado de este. En este informe sobre la subcuenca del río Quillcay, se considera esta última distancia.

Si la forma de la subcuenca es aproximadamente circular, entonces el valor de "**Ff**" se acercará a uno (1). Mientras que, las subcuencas más alargadas, tendrán un "**Ff**" menor. En las subcuencas alargadas, las descargas son de menor volumen debido a que el cauce de agua principal es más largo que los cauces secundarios y los tiempos de concentración para eventos de precipitación son distintos, como se muestra en la Figura 10-3. Este caso es inverso a lo que ocurre con el coeficiente de compacidad. En nuestro estudio de la subcuenca del río Quillcay, el factor de forma (**Ff**) está lejos de acercarse a uno (1), por ende, es una subcuenca "ligeramente alargada".

Año Del Buen Servicio al Ciudadano

Figura N° 30: *Influencia de la configuración de la red hidrológica en las descargas.*



FUENTE: (López Cadenas de Llano & Mintegui Aguirre, 1987)

Por otra parte, en la siguiente tabla se muestra la forma que puede adoptar una subcuenca según rangos aproximados del Factor de Forma (Ver Tabla N° 16).

Tabla N° 16: *Rangos aproximados del Factor de Forma. La subcuenca del río Quillcay se ubicaría entre los valores 0.30 a 0.37 (Ff=0.319); siendo una subcuenca "ligeramente alargada" (color celeste).*

Factor de forma (valores aproximados)	Forma de la cuenca
<0.22	Muy alargada
0.22 a 0.30	Alargada
0.30 a 0.37	Ligeramente alargada
0.37 a 0.45	Ni alargada ni ensanchada
0.45 a 0.60	Ligeramente ensanchada
0.60 a 0.80	Ensanchada
0.80 a 1.20	Muy ensanchada
>1.20	Rodeando el desagüe

Fuente: Pérez, 1979

### 5.3.1.5 Sistema de drenaje

El sistema de drenaje de la subcuenca del río Quillcay está constituido por un cauce principal y sus cauces tributarios. Mientras más largo es el cauce de agua principal, más ramificaciones tiene la red de drenaje. Los parámetros más representativos son:

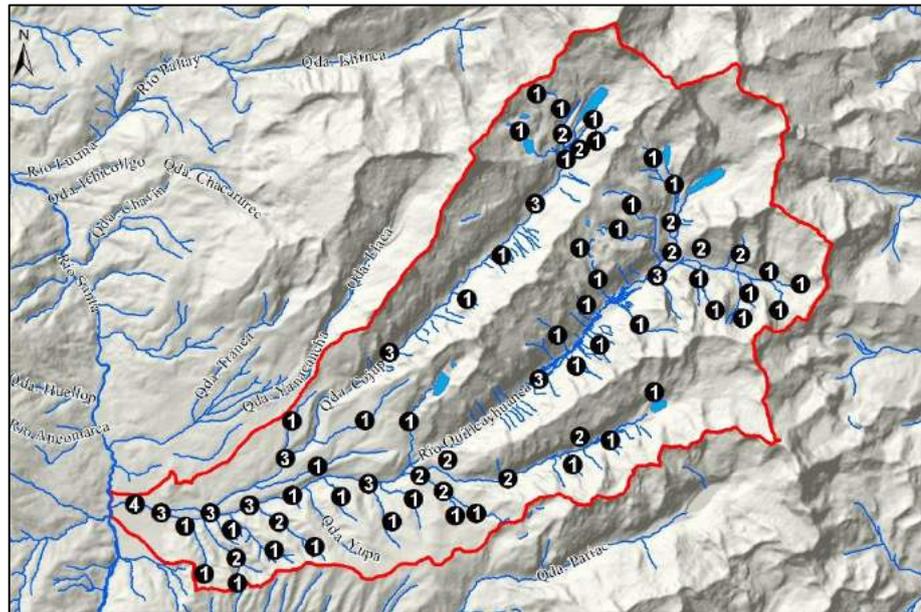
#### a) Orden de los cauces

Existen diversos criterios desarrollados para establecer el orden de los cauces para cuantificar la magnitud de la red de drenaje en la escorrentía superficial directa. El criterio empleado en este estudio, se basa en el modelo de "Strahler" que consiste en asignarle un número a cada uno de los cauces tributarios en forma creciente, desde el inicio de la línea divisora de aguas hasta llegar al cauce principal de manera que el número final señale el orden de la red de drenaje en la subcuenca (Ver Figura N° 30).

Año Del Buen Servicio al Ciudadano

Las subcuencas altamente “disectadas” tienen un orden de cauce alto y los suelos son relativamente impermeables; entonces, la respuesta a una tormenta es rápida (Aparicio, F, 1996). La subcuenca del río Quillcay está fuertemente disectada, sobre todo en la parte baja de la subcuenca, originado geofomas de cárcavas y surcos, con un orden de cauce tres (3), por lo tanto, tiene un orden de cauce alto.

**Figura N° 281: Ramificación de cauce principal del río Quillcay, según el modelo de Strahler.**



Fuente: INAIGEM, Diciembre 2017

### b) Razón de bifurcación

Es un parámetro que resulta de la relación entre el número de cauces de un orden dado y el número de cauces del orden inmediatamente superior (Aparicio, F, 1996). Su razón es la siguiente:

$$Rb = \frac{N_n}{N_{n+1}}$$

*Rb = Razón de bifurcación*

*N<sub>n</sub> = Número de cauces de un orden dado*

*N<sub>n+1</sub> = Número de cauces del orden inmediatamente superior*

Donde:

**N<sub>n</sub>**= 45 (Número de cauces de orden 1).

**N<sub>n+1</sub>** = 13 (Número de cauces de orden 2).

Entonces la Razón de Bifurcación (Rb) de la subcuenca del río Quillcay es:

$$Rb = 3.5$$

El valor de la Razón de Bifurcación del río Quillcay es relativamente alta, el cual está determinado a terrenos escarpados, los suelos son muy erosionables. Además, que, esta subcuenca presenta una amplia red hidrográfica con muchos cauces tributarios con rápida respuesta a la precipitación.

## 5.4 Ecosistemas de Montaña

### 5.4.1 Caracterización de los ecosistemas

Los ecosistemas de la microcuenca Quillcayhuanca constituyen uno de los recursos naturales de mayor importancia en materia de almacenamiento y regulación hídrica. Tienen vegetación todo el año por lo que las comunidades y poblaciones rurales alto-andinas, se benefician de la provisión de pastos. Por otro lado, constituyen hábitats especiales para varias especies de animales y plantas; por lo tanto, tiene un alto valor ecológico, científico, recreacional y paisajístico. Asimismo, pueden retener agua durante la temporada lluviosa, amortiguando las inundaciones y manteniendo reservas para la temporada seca. Además, son trampas naturales para la retención de sedimentos; aportan agua a los acuíferos; surten de agua a ríos y manantiales; mejoran la calidad del agua gracias a su capacidad filtradora.

A pesar de la importancia de los ecosistemas, hoy son áreas amenazadas y se han perdido o alterado como consecuencia del drenaje, sobre pastoreo, construcción de infraestructura, contaminación y otras formas de intervención en el sistema ecológico e hidrológico.

A continuación, se describe los principales ecosistemas encontrados en la microcuenca Quillcayhuanca, que han sido identificados a través de imágenes de satélite y trabajos de campo del ETIEM.

### 5.4.2 Bosque relicto altoandino (Br-al)

Este bosque se encuentra distribuido a manera de pequeños parches en la región altoandina del país, sobre terrenos montañosos con pendientes empinadas hasta escarpadas, casi inaccesibles y excepcionalmente formado parte de la vegetación ribereña de ciertos ríos y quebradas, aproximadamente entre 3500 y 4900 m. s. n. m. Ocupa en la microcuenca Quillcayhuanca una superficie de 141.7 ha que representa el 2.7 % del total.

Este bosque considerado como “relicto” debido a su baja representatividad (reducida superficie), alta fragmentación y poca accesibilidad, está representado por el género *Polylepis* conocido localmente como “Queñoal”, “Quinual” o “Quenual”, de las siguientes especies: (preguntar) *Polylepis Canoi*, *P. Flavipila*, *P. Incana*, *P. Incarum*, *P. Lanata*, *P. Microphylla*, *P. Multijuga*, *P. Pauta*, *P. Pepei*, *P. Racemosa*, *P. Reticulata*, *P. Rugulosa*, *P. Serícea*, *P. Subsericans*, *P. Subtusalbida*, *P. Tarapacana*, *P. Tomentella*, *P. Triacotandra* y *P. Weberbaueri*.

La altura de los árboles está limitada por la humedad, alcanzando el bosque alturas máximas de hasta 10 m en sitios húmedos. En el estrato inferior del bosque se desarrolla un tapiz herbáceo típico de la vegetación de puna, donde son comunes algunas Poáceas como *Stipa* y *Festuca*, así como algunas especies arbustivas como *Lupinus Balianus*, *Diplstiphyum*, *Baccharias Tricuneata*, *Ribes Sp.*, *Chuquiraga Huamanpinta*, etc. (MINAM, 2015)

### 5.4.3 Pajonal andino (Pj)

Este tipo de cobertura vegetal está conformado mayormente por herbazales ubicado en la porción superior de la cordillera de los andes, aproximadamente entre 3800 y 4800 m. s. n. m. Se desarrolla sobre terrenos que van desde casi planos



Año Del Buen Servicio al Ciudadano

hasta empinados o escarpado. En la microcuenca Quillcayhuanca ocupa una superficie de 956.9 ha, que representa el 18.5 % del total.

En esta gran unidad de cobertura vegetal está integrado según el Mapa Nacional de Cobertura vegetal (MINAM, 2015), en 3 subunidades, fisonómicamente y florísticamente diferentes, tales como: pajonal (hierbas en forma de manojos de hasta 80 cm de alto), césped (hierbas de porte bajo hasta de 15 cm de alto) y Tolar (arbustos de hasta 1,20 m de alto).

En el denominado subtipo “pajonal” se identifica principalmente el *Stipa lchu*. En el subtipo “césped”, está dominado por gramíneas y graminoides. El subtipo “Tolar” se caracteriza por el predominio de comunidades arbustivas sobre las herbáceas.

#### **5.4.4 Plantación forestal (PF)**

Esta cobertura corresponde a todas las áreas reforestadas ubicadas en tierras con aptitud forestal, desde aproximadamente 3000 a 3800 m. s. n. m. En la microcuenca Quillcayhuanca ocupa una superficie de 59.8 ha que representa el 1.2 % del área total.

En la microcuenca Quillcayhuanca se han establecido plantaciones de *Polilepys* que conforman una masa boscosa y que tiene un diseño, tamaño y especies definidas para cumplir objetivos específicos como por ejemplo el de regulación hídrica y protección del suelo.

#### **5.4.5 Bofedal (Bo)**

El bofedal llamado 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. En la microcuenca Quillcayhuanca ocupa una superficie de 321.3 ha que representa el 39.7 % del total. Este humedal altoandino se encuentra ubicado en el fondo de valle fluvio-glacial. Se alimentan del agua proveniente del deshielo del circo glaciar de la quebrada, del afloramiento de agua subterránea y de la precipitación pluvial.

## 6 ASPECTOS GLACIOLÓGICOS

### 6.1 Introducción

En el Perú y en los trópicos fundamentalmente, venimos observando cambios en cuanto al clima, los cuales están afectando de forma directa e indirecta a la población. Uno de estos efectos es el retroceso de los glaciares. Estas masas se formaron por las condiciones climatológicas durante las glaciaciones (Pleistocénica y Holocénica) y por tanto su variabilidad también depende del clima y de acuerdo a la tecnología actual es posible determinar las condiciones climáticas del pasado, analizado desde diferentes puntos de vista una muestra de hielo (testigo de hielo glaciar), que almacena data de las condiciones del clima de la época en la cual se precipito la nieve originaria del hielo formado.

En el Perú se tiene la mayor parte de glaciares tropicales con una extensión de 1114.11 km<sup>2</sup> y en la Cordillera Blanca se encuentra aproximadamente el 40.3% (448.81 Km<sup>2</sup>) de dichas áreas glaciares (*Fuente INAIGEM, Diciembre 2017*). Por este motivo, los dos flancos de esta cadena montañosa (Cordillera Blanca) han sufrido las consecuencias de la variabilidad dinámica de esta masa de hielo, básicamente relacionadas con el retroceso glaciar que ha originado la formación de nuevas lagunas, siendo algunas de ellas evidentemente peligrosas, por presentar ciertas condiciones.

La mayor parte de los glaciares de la Cordillera Blanca, de acuerdo a la tipología, son de tipo glaciar de montaña y glaciar de valle, estando la mayor parte sobre parámetros rocosos de muy fuerte pendiente.

### 6.2 Glaciares

#### 6.2.1 Definición

El Panel Intergubernamental de Cambio Climático (Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC), 2001), definió como glaciar: “*Masa de hielo terrestre que fluye pendiente abajo (por deformación de su estructura interna y por el deslizamiento de su base), encerrado por los elementos topográficos que lo rodean, como las laderas de un valle o las cumbres adyacentes*”.

Esta definición concuerda con los lineamientos generales dados por el World Glacier Monitoring Service (WGMS) y la International Permafrost Association (IPA).

#### 6.2.2 Partes de un Glaciar

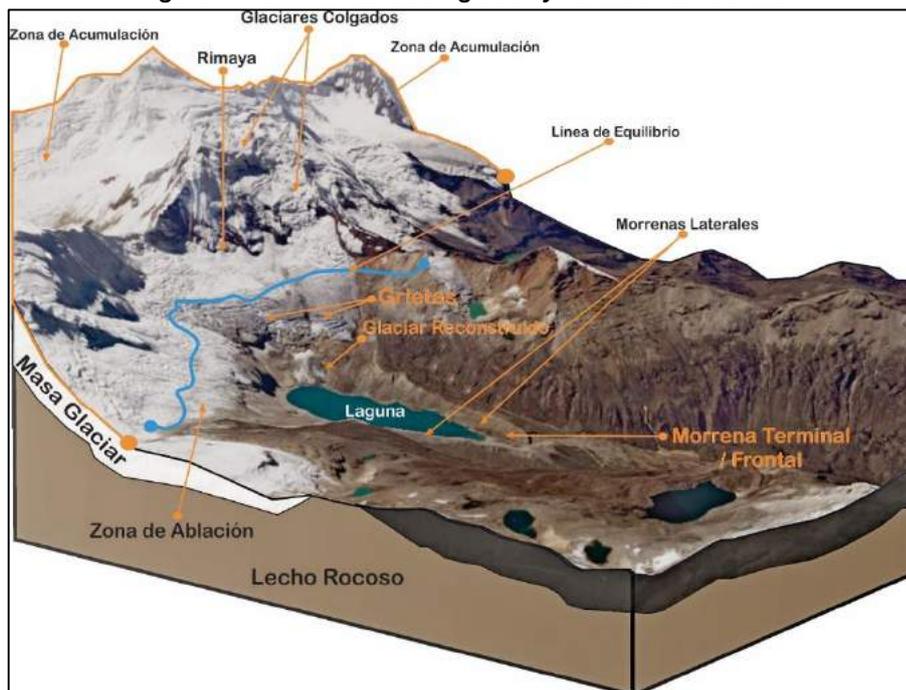
- a) **Zona de Acumulación:** Es aquella con cantidad de nieve y hielo acumulada a lo largo de un año hidrológico. Proporciona información acerca de la cantidad de precipitaciones sólidas recogidas por el glaciar durante un año hidrológico (Francou, B, 2004) y ( Pouyaud, 2008).
- b) **Zona de Ablación:** Es la predominancia de procesos de fusión (pérdida de hielo en forma líquida), evaporización, sublimación y desprendimiento de masas de hielo. (Francou, B, 2004) y ( Pouyaud, 2008).
- c) **Altitud de la Línea de Equilibrio (ELA):** Es la línea teórica que separa la zona de acumulación y la zona de ablación. En la primera zona predominan los procesos de ganancia, que propician la conservación de la nieve y su

Año Del Buen Servicio al Ciudadano

transformación en hielo; en la segunda zona prevalecen la fusión y la sublimación que favorecen la pérdida de masa glaciar. (Ubeda, J, 2010).

(Andrews, J.T, 1975 ) Sostuvo que “los parámetros cuantificables más usados para la identificación de la variabilidad climática de los glaciares es la Altitud de la Línea de Equilibrio (siglas en inglés, ELA)”; y los glaciares, a su vez, son indicadores muy sensibles al cambio climático, permitiendo analizar la influencia climática y caracterización ambiental de las zonas con presencia de cobertura glaciar. Ver figura

**Figura N° 292: Partes de un glaciar y zonas circundantes.**



Fuente: INAIGEM, Noviembre 2017.

### 6.2.3 Tipos de Glaciares

Pese a que a simple vista los glaciares pueden percibirse como homogéneos o similares entre ellos, en realidad son diferentes. Con el paso de los años los glaciólogos han tratado de agruparlos bajo distintos criterios y, a partir de sus análisis, han observado que las formas, las dinámicas y la localización de las masas de hielo son aspectos que permiten diferenciar los tipos de glaciares.

De esta manera se han definido distintas tipologías para clasificar las diferentes masas de hielo del mundo, que responden a criterios específicos en cada caso. En la Tabla N° 17, se presenta una síntesis de diferentes autores.

Año Del Buen Servicio al Ciudadano

**Tabla N° 17: Tipologías más recurrentes para la clasificación de glaciares.**

Parámetro de clasificación	Tipo	Descripción
<b>Morfología</b>	Valle	Son glaciares que siguen la trayectoria de un valle preexistente, la lengua glaciar es alargada.
	Montaña	Masas de hielo adheridas a las paredes de las montañas, cuyo frente glaciar se encuentran alejadas de los valles, distribuidas generalmente en endientes pronunciadas.
	Glaciaretos	Pequeñas masas de hielo, cuyas zonas de acumulación y ablación no son claramente detectables, este tipo de glaciar generalmente se presenta en glaciares fragmentados.
	Capa de hielo	Masa glaciar en forma de domo, cuyo flujo es en forma radial.
<b>Temperatura</b>	Templados	La temperatura del hielo es de 0°C. Existe agua entre la masa de hielo y una probabilidad más alta de deformación. Estos glaciares se desplazan sobre los flujos de agua líquida de la base
	Fríos	Glaciares por debajo del punto de fusión, sin agua basal y poco aporte superficial
<b>Dinámica</b>	Activos	Glaciares con movimiento rápido y evacuación de detritos
	Pasivos	Glaciares que fluyen lentamente, lo cual dificulta la evacuación de rocas y la conformación de morrenas. Asociados a masas de hielo en retroceso
	Estáticos	Glaciares que no tienen alimentación y presentan lenta fusión del hielo. Pueden considerarse como "relictos sin movimiento"
<b>Contenido de impurezas</b>	Limpio	Glaciares "Blancos" con cobertura superficial característica de nieve y hielo
	Cubiertos	Glaciares cubiertos parcial o total por restos adyacentes (detritos y/o fragmentos de rocas) erosionados en su área terminal
	De roca	Denominados también glaciares Rocosos, presentan una acumulación lenta de restos rocosos (angulares), generalmente con un patrón de cresta / surco distintivo y pendientes empinadas y laterales, cuya longitud es generalmente mayor que su ancho (en forma de lengua) existente en un valle de montaña.
<b>Localización</b>	Polares	Ubicados en latitudes altas o zonas polares
	Ecuatoriales / Tropicales	Ubicados cerca de la línea ecuatorial
	Intertropicales internos	Ubicados entre los trópicos y cercanos a la línea ecuatorial (por ejemplo, Colombia y Ecuador)
	Intertropicales externos	Ubicados entre los trópicos y alejados de la línea ecuatorial (por ejemplo, glaciares de Perú y Bolivia)

Fuentes: (IDEAM, 2012), (Frank, Mauz, Singh Khalsa, & Raup, 2005) (Bijeesh, Sebastián, Shanshan, & Pedro, 2016), (Rice, 1982), (Leet y Judson, 1997), (Strahler, 1981) y (Marangunic, 2008a)

En el caso de los glaciares peruanos, las formas especiales que tienen se deben a la posición geográfica y, naturalmente, al clima imperante en la zona. A causa de la posición geográfica los glaciares son de tipo Ecuatorial, el clima imperante en esta región, hace que exista una fuerte ablación sobre los ventisqueros, que no permiten la formación de corrientes de hielo hacia niveles bajos (Morales, 1961). En este contexto, podemos encontrar algunas clasificaciones frecuentemente usadas en el territorio peruano para la identificación de los glaciares, siendo los siguientes:

Año Del Buen Servicio al Ciudadano

- a. **Glaciares Colgados.** Estos son los que, al llegar su frente a un punto donde por el brusco cambio de pendiente, su masa de hielo ya no puede sostenerse; quedando ésta suspendida en forma de un farallón del que caen según su avance grandes bloques de hielo, mermándose de esta manera el glaciar.
- b. **Glaciares Muertos.** Estos glaciares están cubiertos por una importante “morrena de ablación”, sin tener casi alimentación en su parte superior; razón por la que se inmovilizan y comienzan a mermarse lentamente por toda su superficie; quedando al final una capa más o menos uniforme de detritos, y no formando en ningún caso un arco morrénico. Los depósitos de estos glaciares están ligeramente diferenciados en dos capas. La capa inferior que corresponde a la “morrena de fondo” está constituida por piedras angulosas, y la superficial, constituida de cantos rodados, corresponde a la “morrena de ablación”. Algunas veces quedan en el seno de estos depósitos masas de hielo abandonadas denominadas “hielo muerto” o “hielo fósil”, no vistos en otras latitudes.
- c. **Glaciares Reconstituidos.** Son aquellos que no tienen una fuente directa de alimentación, estando formados por la acumulación de bloques de hielo desprendidos de los glaciares colgados. Estos bloques, al unirse nuevamente en las partes bajas del talud (se sueldan entre sí), forman una nueva corriente glaciar, supeditada a la continua caída de aludes de hielo. Ejemplo de este tipo lo encontramos en las partes inferiores del nevado Copa (Cordillera Blanca), donde durante el día ocurren grandes desprendimientos de hielo que producen un sordo ruido en la estrecha quebrada.

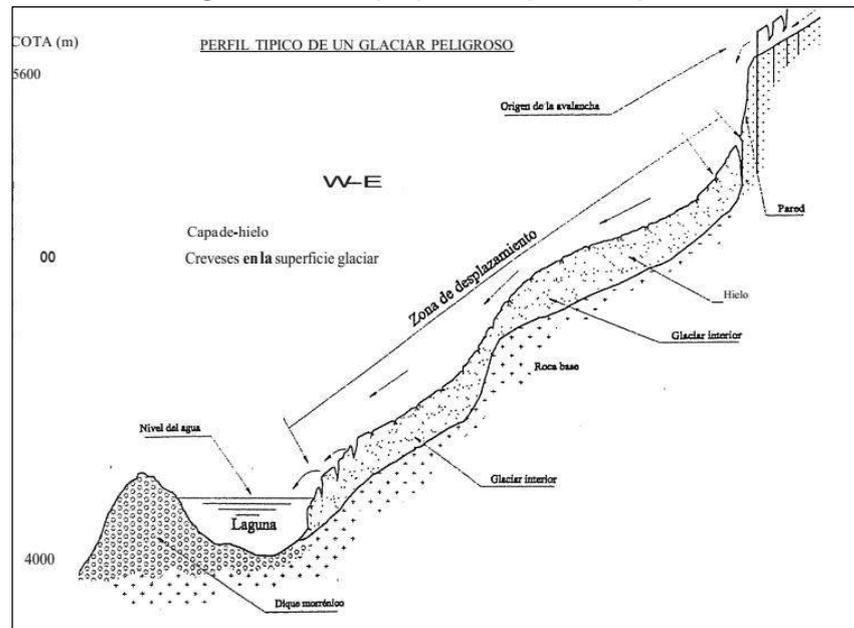
#### 6.2.4 Glaciares Peligrosos:

Los glaciares generalmente se encuentran en áreas montañosas remotas. Sin embargo, algunos se encuentran cerca de ciudades o pueblos y a veces representan un problema para las personas que viven cerca de estas áreas (Caso de pobladores que viven en las quebrada de Cojup, Quillcayhuanca y Shallap, C.P. de Mariam, etc.; relativamente cerca del área de influencia de los nevados Pucaranra, Pacaraju, Chinchey, Tullparaju y Chopiraju). Las lagunas formadas en la parte baja de éstos glaciares durante el retroceso glaciar debido al cambio climático, pueden causar desembalses, aluviones e inundaciones.

Un glaciar de valle, se cataloga como “*peligroso*”, cuando el hielo que cae del glaciar representa un peligro, ya que al caer sobre la laguna formada por el retroceso glaciar, en forma de avalancha, genera un ola que podría rebasar el dique natural o presa de seguridad, originando una posible brecha del dique y desembalse de la laguna; para luego continuar en forma de aluvión (agua de la laguna + bloques de hielo en proceso de fusión, generado de la avalancha + material suelto inconsolidado - depósitos cuaternarios), inundando con agua y flujos de lodo el área por donde se desplaza.

A continuación, en la figura adjunta, se presenta un perfil típico de un glaciar peligroso, que para ser catalogado como “*peligroso*” tiene que cumplir ciertas características descritas en la figura N° 32.

Año Del Buen Servicio al Ciudadano

**Figura N° 303: Perfil típico de un glaciar Peligroso.**

Fuente: La dinámica glaciar en lagunas de la Cordillera Blanca. M. Zapata 2002.

### Glaciares Colgados:

En relación a los glaciares colgados, se tomó en cuenta la información generada por la sub dirección de Investigación Glaciológica (SDIG) de la institución, de noviembre de 2017, la cual corresponde al “Modelamiento de Posibles Avalanchas de Hielo Mediante el Modelo (MFS)”, correspondiente a los glaciares Palcaraju, Pucajirca (Oeste) Tullparaju y Pucaranra, al 2016.

En ese contexto, dicho informe, presenta el modelamiento de posibles avalanchas, con el uso de información del monitoreo realizado por la institución en el año 2016, identificando la ubicación de zonas de glaciares colgados más importantes, en función a su pendiente, orientación y grado de exposición; condicionante de la predisposición al desprendimiento y generación de avalanchas.

La información precedente, fue tomada como base para el “Modelamiento de Posibles Avalanchas de Hielo Mediante el Modelo (MFS)”, y es detallada a continuación:

#### **Determinación del volumen de partida máximo probable:**

*Siguiendo el procedimiento de evaluación utilizado, el volumen de partida máximo probable, para cada una de las posibles zonas de inicio determinadas, se estimó teniendo en consideración el área de cada zona de inicio (calculada en el ArcMap), y un espesor máximo aproximado de desprendimiento de la masa glaciar (Huggel, Haerberli, et al. 2004), en las zonas de estudio, como glaciares de tipo acantilado.*

Los resultados de volumen de partida máximo probable, para zonas de inicio de avalancha consideradas en el glaciar Palcaraju, Pucaranra y Tullparaju, son detallados a continuación:

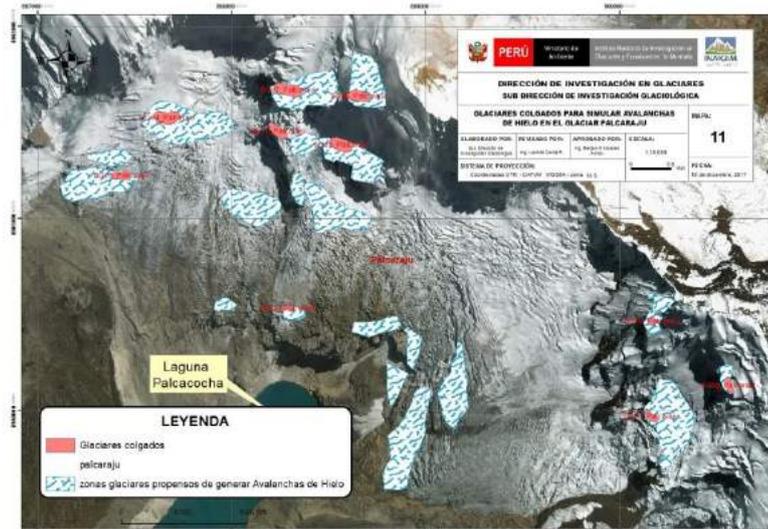
#### **a. Zona de Estudio Palcaraju**

Teniendo como base la información de monitoreo e inspección realizada por personal del INAIGEM, de la situación de la laguna glaciar Palcacocha, año 2016, para el glaciar Palcaraju y la cara este del glaciar Pucaranra, se identificaron 22 áreas glaciares con probabilidad de desprendimiento sobre la

Año Del Buen Servicio al Ciudadano

laguna de Palcacocha, de los cuales en función a la pendiente y grado de exposición se priorizaron 8 zonas, como propensas a desprenderse y generar avalancha de hielo. Ver Figura N° 33.

**Figura N° 314: Ubicación de zonas de glaciares colgados en el glaciar Palcaraju.**



Fuente: INAIGEM

En ese contexto, los resultados de volumen de partida máximo probable, para zonas de inicio de avalancha consideradas para el glaciar Palcaraju se muestran en la Tabla 18.

**Tabla 178. Volumen aproximado de avalancha del glaciar de Palcaraju**

Zona de inicio	Área (m <sup>2</sup> )	Espesor (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
BQ02_Palcaraju	1,317.91	60.00	11,054.72
BQ03_Palcaraju	1,424.73	60.00	31,345.65
BQ04_Palcaraju	7,253.24	60.00	230,211.64
<b>Total</b>			<b>272,612.01</b>

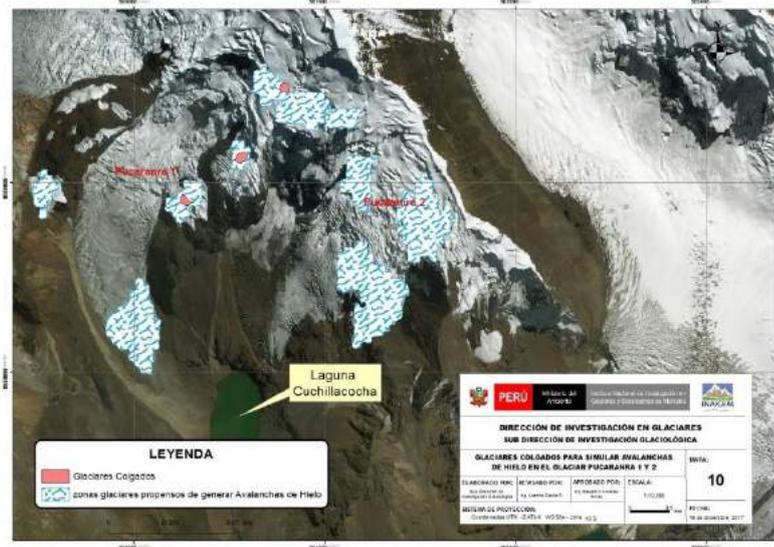
Fuente: INAIGEM

**b. Zona de estudio Pucaranra**

Según la información de las inspecciones de monitoreo de glaciares para en 2016, en el glaciar Pucaranra, se identificaron 10 zonas de glaciares colgados que podrían desprenderse y generar oleajes que sobrepasen el dique de seguridad existente, con posterior desborde de las aguas de la laguna. De los cuales, en función a su pendiente, orientación y grado de exposición, fueron priorizadas 3 zonas, como propensas a desprendimiento y generación de avalanchas de hielo, tal como se muestra en la figura.

Año Del Buen Servicio al Ciudadano

**Figura N° 325: Ubicación de zonas de glaciares colgados en el glaciar Pucaranra.**



Fuente: INAIGEM

Los resultados de volumen de partida máximo probable, para zonas de inicio de avalancha consideradas para el glaciar Pucaranra, se muestran en la Tabla 19.

**Tabla 189. Volumen aproximado posible de avalancha del glaciar de Pucaranra.**

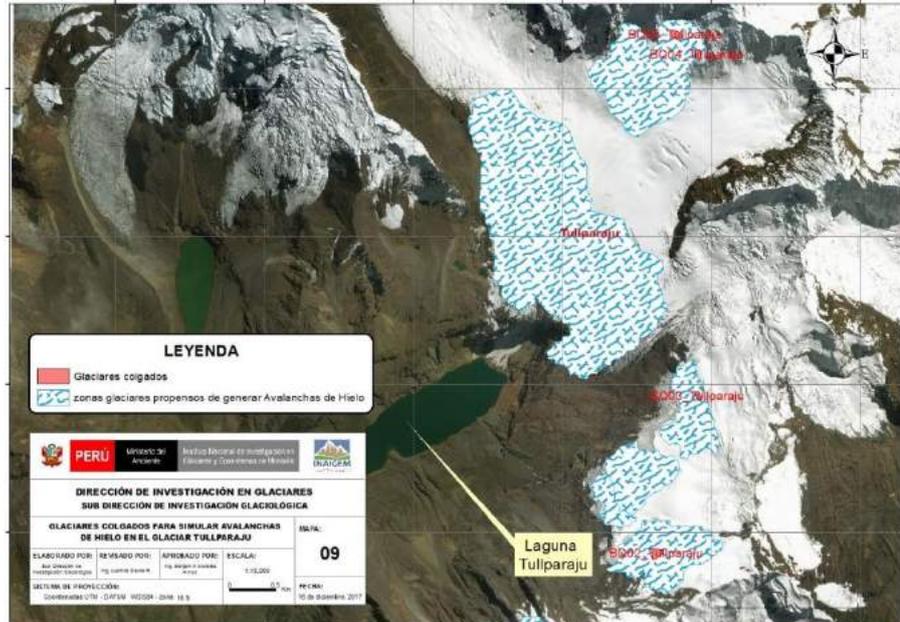
Zona de inicio	Área (m <sup>2</sup> )	Espesor (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
BQ01_Pucaranra	2,014.57	1.50	2,982.20
BQ02_Pucaranra	2,614.65	7.70	20,035.71
BQ03_Pucaranra	1,973.62	17.30	34,114.05
<b>Total</b>			<b>57,131.95</b>

Fuente: INAIGEM

**c. Zona de estudio Tullparaju**

Para el mapeo de zonas de glaciares colgados, se utilizó información sobre las inspecciones técnicas y de monitoreo realizadas por el INAIGEM, para el 2016, donde para el glaciar Tullparaju, se han identificado 07 zonas grandes de glaciares colgados. De los cuales, en función a su pendiente, orientación y grado de exposición, se priorizo 05 zonas, como propensas a desprendimiento y generación de avalancha de hielo.

Figura N° 336: Ubicación de zonas de glaciares colgados en el glaciar Tullparaju.



Fuente: INAIGEM

Los resultados de volumen de partida máximo probable, para zonas de inicio de avalancha consideradas para el glaciar de Tullparaju, se muestran en la Tabla 20.

Tabla 20. Volumen aproximado de posible avalancha del glaciar Tullparaju.

Zona de inicio	Área (m <sup>2</sup> )	Espesor (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
BQ01_Tullparaju	2,128.75	13.30	9,466.70
BQ02_Tullparaju	3,644.81	1.60	2,000.20
BQ03_Tullparaju	1,717.94	43.30	24,789.50
BQ04_Tullparaju	2,454.41	35.90	29,335.50
BQ05_Tullparaju	3,354.74	73.30	81,919.00
<b>Total</b>			<b>147,510.90</b>

Fuente: INAIGEM

En resumen, se advierte que, el glaciar Palcaraju, posee 3 glaciares colgados con un volumen probable de avalancha de 272 612,01 m<sup>3</sup>; de otra parte, el glaciar Pucaranra, 3 glaciares colgados con un volumen probable de avalancha de 57 131,95 m<sup>3</sup>; y el glaciar Tullparaju, 5 glaciares colgados con un volumen probable de avalancha de 147 510,9 m<sup>3</sup>; identificándose que el glaciar que posee un mayor volumen probable de avalancha es el Palcaraju, con 272 612,01 m<sup>3</sup>, orientados hacia la laguna Palcacocha, no siendo de menor importancia los correspondientes a los glaciares Pucaranra y Tullparaju.

La situación descrita, denota que los glaciares evaluados poseen un considerable peligro, teniendo en cuenta los elevados volúmenes probables de avalancha y la

Año Del Buen Servicio al Ciudadano

ubicación de lagunas en su entorno; no contando con obras de seguridad acorde a las condiciones actuales, que garanticen su adecuado comportamiento ante una probable avalancha. En ese contexto, ello representa un peligro inminente, más aun considerando que la zona de ubicación de dicha laguna, está expuesta a eventos detonantes como sismos, además, el estado del macizo rocoso que subyace a dichos glaciares es desconocido.

### 6.3 Lagunas

Debido al retroceso de los frentes glaciares, se han originado numerosas lagunas que están ubicadas al pie de los nevados. Sus diques, naturales en su mayoría, son de material glaciárico y en algunos casos de material rocoso.

Las lagunas son depósitos naturales de agua que están alimentados por aguas del deshielo de los frentes glaciares de los principales nevados existentes en el área de estudio. En la subcuenca del río Quillcay tenemos las siguientes lagunas:

“**Palcacocha**”, localizada en la cabecera de la quebrada Cojup, es alimentada principalmente por los deshielos del frente glaciar Palcaraju y Pucaranra.

“**Perolcocha**”, localizada en la parte alta de la margen derecha del río Cojup, asentada sobre roca, alimentada de los deshielos del nevado de Ranrapalca.

“**Churup**”, localizada en el término del valle glaciar, sobre la margen derecha del río Quillcayhuanca, drenando sus aguas a este río. El agua que alimenta a esta laguna proviene del deshielo del nevado Churup.

“**Tullparaju**” fue originada por el retroceso del frente glaciar del nevado Tullparaju y el nevado Chinchey. Alimenta a la laguna Tullparaju.

“**Cuchillacocha**” originada por el retroceso glaciar del nevado Pucaranra, cerca de la quebrada de Cayesh, las aguas drenadas de esta laguna se juntan con las aguas de la laguna Tullparaju, originando la quebrada Quillcayhuanca.

“**Pacsacocha**”, Ubicada en la parte superior de la margen derecha del río Quillcayhuanca, asentada sobre macizo rocoso, drena sus aguas a la quebrada Quillcayhuanca.

“**Shallap**” ubicada en la cabecera de la quebrada del mismo nombre, es alimentado principalmente por los deshielos del nevado San Juan.

#### 6.3.1 Lagunas Peligrosas

La disminución de los glaciares fue de un 43 % desde mediados de los 80, según determinó un estudio realizado por el glaciólogo de la Universidad Metropolitana de Manchester en Inglaterra (Simon Cook, 2016). Esta situación, en el futuro, podría causar problemas de escasez de agua en las principales ciudades del Perú.

Debido a esta variación climática, el retroceso de los glaciares abrió paso a trece (13) *lagunas peligrosas* de la cordillera Blanca (Ver Tabla N° 18), dentro de estas lagunas peligrosas se encuentra la laguna Palcacocha perteneciente a la subcuenca del río Quillcay (UGRH-ANA, 2014), que podrían desbordarse

Año Del Buen Servicio al Ciudadano

y causar inundaciones catastróficas para la región Ancash y el país. Además, debido a este problema, otros países como Bolivia y Nepal, ya están actuando para contrarrestar peligros similares con medidas como el drenaje de las lagunas glaciales y construcción de obras de seguridad.

La principal razón es que las lagunas han aumentado de tamaño significativamente en las últimas tres décadas y ahora tienen de 3 a 5 veces su volumen. Siendo la laguna Palcacocha, de origen glaciar, la que más preocupa, sobre la ciudad de Huaraz y comunidades asentadas sobre la subcuenca del río Quillcay.

*“Los glaciares son grandes erosionadores, es como si dieran mordiscos o dentelladas al terreno”, explicó (Simon Cook, 2016) y agregó que, “el problema es que cuando se retiran, esas hondonadas que han tallado debajo de sí mismos en la tierra se llenan de agua. Y si se produce una avalancha de rocas, nieve y hielo hacia estas lagunas, el efecto sería similar a cuando nos zambullimos de golpe en una piscina y se produce una gran ola que desborda”.*

**Tabla N° 191: Lagunas de la Cordillera Blanca, consideradas como “Lagunas Peligrosas”.**

Fuente: UGRH-ANA.

## 7 OBRAS DE SEGURIDAD EN LAGUNAS

### 7.1 Introducción

La Dirección de Investigación de Glaciares del Instituto Nacional de Investigación de Glaciares y Ecosistemas de Montaña, como parte de sus actividades programadas, viene desarrollando la “Evaluación del riesgo en la sub cuenca del río Quillcay, lagunas Palcacocha, Tullparaju y Cuchillacocha”, dentro de lo cual, entre otros, se ha desarrollado la evaluación de las obras de seguridad y entorno de las lagunas Palcacocha, Cuchillacocha y Tullparaju, en razón de que se encuentran ubicadas en la sub cuenca del río Quillcay, y el desemboque de sus aguas atraviesa zonas pobladas de la ciudad de Huaraz; en ese sentido un eventual alud, afectaría a esta ciudad y su entorno, generando tanto pérdidas de vidas humanas, como pérdidas económicas.

Al respecto, es de precisar que previo a la inspección de campo, se recopiló información documentaria de la Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos de la Autoridad Nacional del Agua, la misma que sirvió como referencia de las obras existentes, y fueron contrastada in situ.

### 7.2 Antecedentes

#### **Laguna Palcacocha:**

##### **Año 1941:**

El 13 de diciembre de 1941, se produjo la ruptura de parte del dique morrénico de la laguna Palcacocha, originando el aluvión que destruyó la tercera parte de la



Año Del Buen Servicio al Ciudadano

ciudad de Huaraz, ocasionando la muerte de aproximadamente 4000 personas<sup>1</sup>, y afectando, entre otros, la infraestructura vial, energética, agrícola y turística de todo el Callejón de Huaylas.

Debido a este desastre, el estado peruano envió a un grupo de especialistas a dicha zona, con el objetivo de evaluar las lagunas peligrosas de la Cordillera Blanca, así como plantear medidas de mitigación frente a la amenaza que ello significaba; en ese contexto, en la década de 1940, se inició la construcción de obras de desagüe y seguridad en lagunas de origen glaciar consideradas peligrosas.

**Año 1943:**

La Dirección de Aguas e Irrigación del Ministerio de Fomento y Obras Públicas, procedió a desaguar la laguna Palcacocha, bajando su nivel.

**Año 1970:**

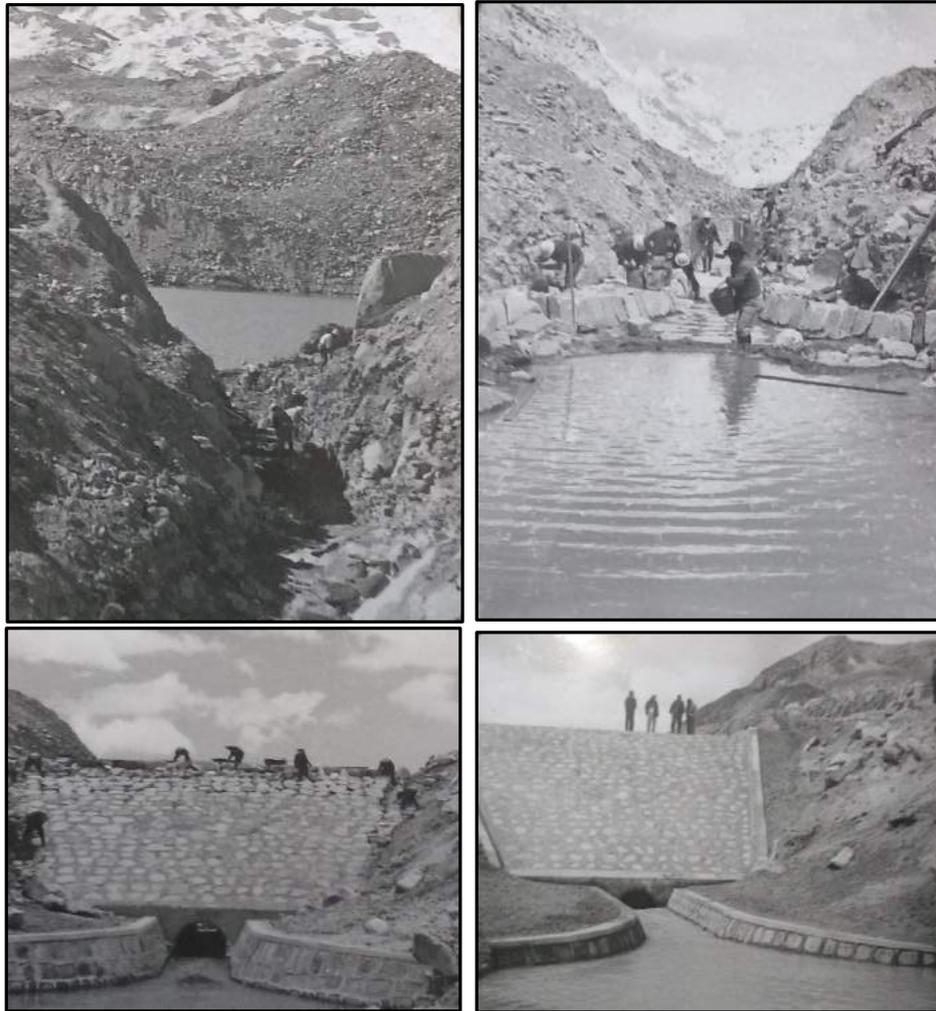
Posterior a ello, el sismo del 31 de mayo de 1970 afectó las obras de seguridad en varias lagunas entre ellas las construidas en la laguna Palcacocha, motivo por el cual la Unidad de Glaciología y Seguridad de Lagunas de Electro Perú S.A ejecutó nuevas obras, las mismas que terminaron en el año 1974. Según detalle de vistas fotográficas:

---

<sup>1</sup>Los Glaciares Fatales del Perú, Ramiro Escobar La Cruz, 2015.

Año Del Buen Servicio al Ciudadano

**Fotografía N° 65: Muestra la construcción de las obras de seguridad de la laguna Palcacocha. (1974).**



Fuente: Liquidación Consolidación de la Laguna Palcacocha, año 1974 (UGRH)

**Año 2003:**

Se produjo un deslizamiento de tierra del talud izquierdo interior del dique natural morrénico de la laguna, ocasionando un rebalse de sus aguas, afectando seriamente al dique auxiliar, además de ocasionar la crecida del río Quillcay y por consiguiente alarma en la población de Huaraz.

**Año 2009:**

Es de precisar que, del año 1972 al año 2009, el volumen de agua almacenada en la laguna Palcacocha, se incrementó de 500 000,00 m<sup>3</sup> a 17 000 000,00 m<sup>3</sup> (34 veces mayor); situación que se agrava por el incremento de glaciares colgantes inestables, más aún, teniendo en cuenta que las obras de seguridad existentes, no son suficientes para garantizar la seguridad de la ciudad de Huaraz, y parte de la cuenca del río Santa.

**Año 2011:**

Al respecto, en el año 2011, la laguna Palcacocha fue declarada en estado de emergencia, debido a que su volumen había alcanzado nuevamente volúmenes

Año Del Buen Servicio al Ciudadano

alarmantes, amenazando con un aluvión que podría alcanzar rápidamente la ciudad de Huaraz, ocasionando una gran devastación y la pérdida de numerosas vidas humanas.

#### **Año 2014:**

En el año 2014, se presentó el Modelo de Inundación por Potencial, Aluvión desde la Laguna Palcacocha, Huaraz, Perú; por la Mesa de Palcacocha de la Presidencia del Consejo de Ministros.

El análisis de los peligros de origen glaciar para la ciudad de Huaraz consistió en modelos físicos de cada proceso de las cadenas de eventos que resulta en:

- Un aluvión de una laguna glaciar.
- Una avalancha de hielo y rocas;
- La generación de oleaje, su propagación y el desborde de morrenas;
- La brecha morrénica terminal y el drenaje de la laguna;
- El aluvión aguas abajo, así como los impactos en la ciudad de Huaraz.
- Se simularon dos escenarios de erosión de morrenas:
- Un evento grave con una brecha de 56m de ancho, y
- Un evento de erosión más leve de 22.5m de ancho.

Las simulaciones de ambos escenarios mostraron que un eventual aluvión alcanzaría la ciudad de Huaraz en tiempos de 1:06 y 1:20 horas respectivamente, generando inundaciones que sobrepasarían una altura de 1.0 m, sobre todo en la zona aledaña al cauce del río Quillcay.

#### **Laguna Cuchillacocha:**

##### **Año 1942:**

En este año, las autoridades locales, intervinieron con trabajos en la laguna Cuchillacocha, debido a su peligro de desembalse, realizando la excavación de un canal a tajo abierto en la morrena frontal, a fin de bajar el nivel del espejo de agua en 14 metros.

##### **Año 1953**

En el año 1956, la Comisión de Control de Lagunas de la Cordillera Blanca instaló en la laguna Cuchillacocha una tubería de 42 pulgadas de diámetro, sobre el cual se construyó un dique de 4 metros de altura en una presa de tierra apisonada.

##### **Año 1972:**

Entre 1971 y 1974, la Corporación Peruana del Santa y Electro Perú S.A. ejecutaron la obra de seguridad en la laguna Cuchillacocha que consistió en: Corte a tajo "abierto" para bajar el nivel de agua en 5 m, construcción del conducto cubierto de 76 m de longitud y ejecución de una presa de tierra de 16 m de altura.

#### **Laguna Tullparaju:**

##### **Año 1942:**

Debido al evento ocurrido el año 1941 en la laguna Palcacocha, la laguna Tullparaju representaba un peligro inminente para la ciudad de Huaraz, en ese sentido en el año 1942 se procedió a desaguar la laguna de Tullparaju, bajando en 18 m la altura del nivel de su espejo de agua; posterior a ello, en el año 1950, la Oficina de Control de Lagunas del Ministerio de Fomento y Obras Públicas concluyó la construcción

Año Del Buen Servicio al Ciudadano

de 226.34 m. de túnel de desagüe de la laguna Tullparaju, cuya finalidad era evitar sobre elevaciones del nivel de agua. (UGRH, 1973)

#### **Año 1953**

Posterior a ello, en el año 1953, laguna Tullparaju sufrió un desborde, a causa de un deslizamiento de la morrena lateral hacia el vaso de la laguna.

#### **Año 1959:**

El 8 de diciembre de 1959, la laguna Tullparaju, nuevamente sufrió un desborde a causa de grandes deslizamientos de los taludes interiores de su dique morrénico, produciendo oleajes, consecuentemente sobrecarga aguas abajo, así como erosión de su cauce. No obstante, no se produjo la ruptura total del dique, tampoco se reportaron víctimas mortales, solo daños menores en terrenos de cultivo.

#### **Año 1970:**

A consecuencia del terremoto acaecido el 31 de mayo de 1970, la estructura de desagüe de la laguna fue dañada seriamente, presentándose fisuras y grietas por donde filtra el agua proveniente de lluvias y de filtraciones de la laguna. Previendo la ocurrencia de tal fenómeno, se proyectó revestir el túnel actual de concreto armado, evitando su destrucción, lo que permitiría una mayor seguridad de desagüe de la laguna. (UGRH, 1973).

### **7.3 Obras de Seguridad**

#### **7.3.1 Laguna Palcacocha**

##### **Descripción**

##### **Información Obtenida de la UGRH – ANA**

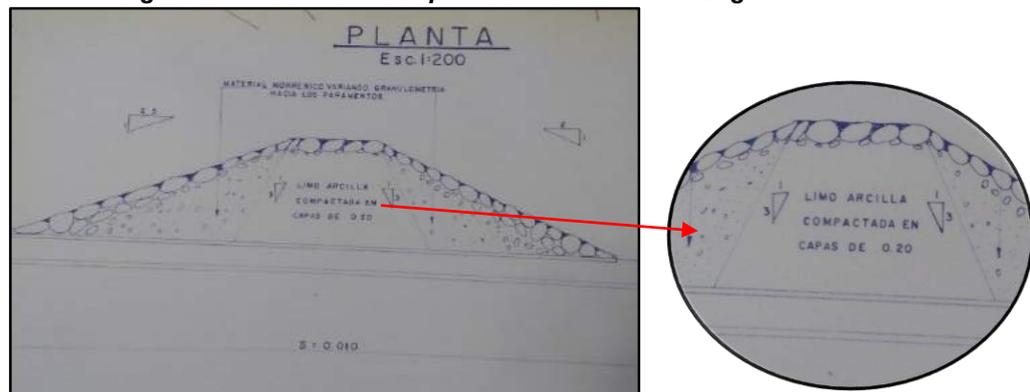
Liquidación de la Obra Consolidación de la Laguna Palcacocha:

A continuación, se detalla la información identificada que resulta relevante para nuestro análisis: La obra fue concluida el 26 de noviembre de 1974,

Metas: Construcción de 17 km. de camino de herradura; mantenimiento de 15 km. de caminos de herradura; excavación de 1 306,00 m<sup>3</sup> en la morrena frontal para bajar en 1.0 m el nivel de la laguna; evacuación de 67 000,00 m<sup>3</sup> de agua; construcción de un conducto de tubería ARMCO de 36” y un dique artificial de tierra de 8 m de altura.

Al respecto, en el referido documento se identificaron los planos en los cuales se visualiza el perfil del dique artificial de tierra construido, y se muestra a continuación:

Año Del Buen Servicio al Ciudadano

**Figura N° 347: Perfil del Dique Artificial de Tierra – Laguna Palcacocha.**

Fuente: UGRH-2017.

Se visualiza que se trata de material morrénico variando granulometría hacia los paramentos, con núcleo de limo arcilla compactada en capas de 0.80 m; el talud anterior del paramento posee una pendiente de 1:2.5, y el talud posterior de 1:2; de otra parte, se visualiza que los taludes del núcleo de arcilla son de 1:3.; se tiene una altura de 8 m, de la corona, respecto del nivel del espejo de agua.

De otra parte, es de precisar, que a la fecha el proyecto ha superado el periodo de vida útil para el que fue diseñado, situación que no garantiza el comportamiento adecuado de sus estructuras en las condiciones actuales.

Año Del Buen Servicio al Ciudadano

## **Estado Actual de la Obras de Seguridad y Entorno de la Laguna Palcacocha**

### **Laguna:**

En los registros del año 2009, la laguna Palcacocha registró un volumen de 17 325 206.6 m<sup>3</sup>, profundidad de 73 m y área de 518 425.90 m<sup>2</sup>

En la vista fotográfica siguiente, a aproximadamente a 100 m del dique de protección aguas abajo, se visualiza un punto de filtración (afloramiento de flujo hídrico), el cual drena sus aguas de manera subterránea a otro punto aguas abajo.

**Figura N° 358: Ubicación de la Laguna / Dique de Protección y Puntos de Afloramiento de Flujo Hídrico Aguas Abajo.**



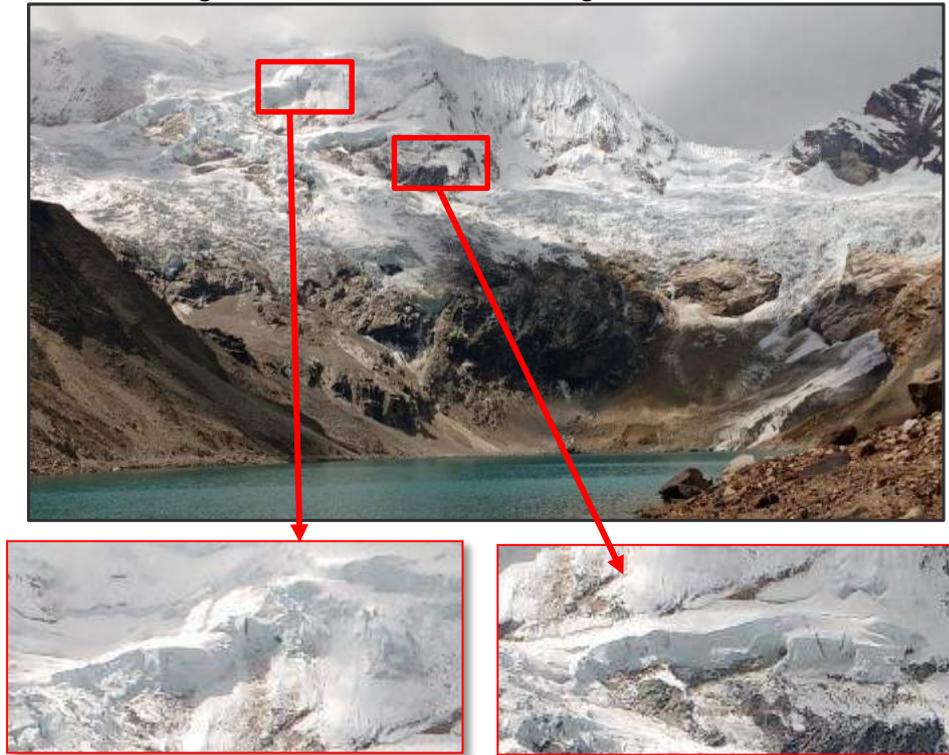
Fuente: Google Earth, 2017.

La situación descrita denota la existencia estratos permeables en la base de la presa de protección de la laguna.

### **Glaciar:**

En la inspección realizada en campo, se identificó que en el nevado Pucaranra, anterior a la laguna Palcacocha, se visualizan 3 masas glaciares colgantes, las cuales están bien definidas y se muestran en las vistas fotográficas siguientes. La situación descrita denota el riesgo de desprendimiento que dichas masas representan, considerando que producirían una avalancha y consecuente sobre oleaje de la laguna; por ende, es necesario el monitoreo permanente del movimiento de los glaciares con tecnología de avanzada (georadar).

Año Del Buen Servicio al Ciudadano

**Fotografía N° 66: Masas Glaciares Colgantes – Nevado Pucaranra.**

Fuente: INAIGEM 2017.

**Fotografía N° 67: Entorno de la Laguna Palcacocha.**

Fuente: INAIGEM 2017.

### Flanco Derecho

El flanco derecho del vaso de almacenamiento de la laguna Palcacocha, está compuesto por un depósito glaciar de fragmentos de roca en matriz de limos y arenas de compacidad de media a baja, visualizándose tamaños de fragmentos de roca que van de 5 a 500 cm, cuyo desprendimiento es constante debido a las

Año Del Buen Servicio al Ciudadano

variaciones de temperatura entre el día y la noche, así como a los fuertes vientos; siendo importante precisar que dicho depósito glaciar no ha alcanzado su ángulo de reposo. Según detalle de vistas fotográficas.

**Fotografía N° 68: Flanco Derecho, observándose que el depósito glaciar derecho aún no ha alcanzado su ángulo de reposo, por ende, se visualizan deslizamientos permanentes.**



Fuente: INAIGEM 2017.

**Fotografía N° 69: Se visualiza el estado de la morrena lateral derecha, compuesta por fragmentos de roca en matriz de limos y arenas de compacidad de media a baja.**



Fuente: INAIGEM 2017.

De otra parte, es de precisar que el depósito glaciar lateral derecho se desarrolla en una longitud promedio de 70 m, con una inclinación de 40°, constituyéndose en

Año Del Buen Servicio al Ciudadano

una zona de depósito de material de desprendimiento de la parte alta del depósito, el mismo que posee un talud semi vertical en una altura promedio de 30 m, según vista fotográfica.

**Fotografía N° 70: Vista panorámica del depósito glaciárico lateral derecho.**



Fuente: INAIGEM 2017.

### Flanco Izquierdo

El flanco izquierdo del vaso de almacenamiento de la laguna Palcacocha, está compuesta por un depósito glaciárico compuesto por fragmentos de roca en matriz de limos y arenas, de compacidad de media a alta, cuyo desprendimiento es constante debido a las variaciones de temperatura y los fuertes vientos; siendo importante precisar que dicho talud no ha alcanzado su ángulo de reposo. Según detalle de vistas fotográficas.

**Fotografía N° 71: En el flanco izquierdo, se visualiza un talud elevado de inclinación aproximada 70°, de material conglomerado de fragmentos de roca en matriz de arena limosa de compacidad de media a baja.**



Año Del Buen Servicio al Ciudadano



Fuente: INAIGEM 2017.

### Zona de Salida del Conducto de Desagüe de la Laguna:

En la inspección física realizada al área de emplazamiento de las obras de seguridad de la laguna Palcacocha, se identificó que en la zona de salida del conducto de desagüe se tiene la presencia de taludes laterales estrechos, semi verticales, de una elevación promedio de 20 m, visualizándose en el talud del flanco izquierdo signos visibles de la aparición de una grieta de tensión vertical, según detalle de vistas fotográficas.

**Fotografía N° 72:** En la vista fotográfica se visualiza, la zona de salida de los sifones, visualizándose en el talud del flanco izquierdo signos visibles de la aparición de una grieta de tensión vertical, con riesgo de colapso.



Año Del Buen Servicio al Ciudadano



Fuente: INAIGEM 2017

La situación descrita, genera el riesgo de que, en un probable desplome del talud, este produzca el bloqueo de las tuberías que conducen el agua del sifonaje, obstruyendo de manera total el conducto de desagüe y control de la laguna Palcacocha, por ende, la sobre elevación del nivel de agua de la laguna.

De otra parte, en relación a las deformaciones que se visualizan en las tuberías de salida del sifón, este fenómeno corresponde a la cavitación que se viene dando en las mismas, a causa de la baja contrapresión generada por las condiciones físicas en que fueron instaladas; situación que además viene generando la erosión interna de las tuberías, y vibraciones que cuyo efecto debe ser evaluado.

**Fotografía N° 73: En la vista fotográfica se visualiza el efecto de cavitación producido en las tuberías correspondientes a los sifones, situación que genera erosión interna y vibración de la misma, identificándose signos de aplastamiento.**

Año Del Buen Servicio al Ciudadano



Fuente: INAIGEM 2017

### Obras de Seguridad

En la inspección in situ realizada, se identificaron las características y estado de las obras de seguridad que se emplazan en la laguna Palcacocha, lo cual se detalla a continuación:

#### Dique de Seguridad (Ubicado al lado Derecho aguas abajo)

Respecto al dique de seguridad ubicado al lado derecho aguas abajo, se identificó que el mismo consta de una presa de tierra cubierta por un emboquillado de piedra en mezcla de mortero de concreto.

**Fotografía N° 74:** En la vista fotográfica se visualiza el dique de seguridad de la laguna Palcacocha, ubicado en la parte derecha de la zona frontal de la misma.

Año Del Buen Servicio al Ciudadano



Fuente: INAIGEM 2017

Verificado el estado actual del referido dique, se advirtieron signos visibles de colapso de la estructura y base del dique, siendo que en la corona de la presa se muestra una grieta transversal de 1 cm de espesor que se desarrolla a lo largo de 3m. según detalle de vistas fotográficas:

**Fotografía N° 75 : En la vista fotográfica se visualizan las grietas visibles en la corona de la presa, situación que evidencia el asentamiento del cuerpo de tierra de la presa.**



Fuente: INAIGEM 2017

De otra parte, en la zona central de la cara anterior del dique, se visualiza una depresión de profundidad máxima de 30 cm, en un área aproximada de 50 m<sup>2</sup>, la misma que evidencia el asentamiento de la base de la presa de tierra por erosión regresiva que conduce a la tubificación; condición que además es evidenciada por

Año Del Buen Servicio al Ciudadano  
los antecedentes de filtración (Dávila Roller, Vilca Gómez, Inga Espinoza, 2016). A  
continuación, se detalla las condiciones actuales de la presa de seguridad:

**Fotografía N° 76: Se visualiza el asentamiento en la zona anterior de la presa de  
protección.**



Fuente: INAIGEM 2017

Año Del Buen Servicio al Ciudadano

**Dique de Regulación** (Ubicado al lado Izquierdo aguas abajo)

**Fotografía N° 77: Vista Panorámica de la Presa de Tierra – Laguna Palcacocha y Canal de Salida.**



Fuente: INAIGEM 2017

Respecto al dique de regulación, se identificó que el mismo consta de una presa de tierra cubierta por un emboquillado de piedra en mezcla de concreto, advirtiéndose visualmente en el mismo, el uso de agregados de la zona (de acuerdo a las características visuales). Dicha presa posee un conducto de desagüe, con canales de ingreso y salida; a través del cual pasan 10 tuberías de HDPE de 10" (5 se encuentran en funcionamiento), las mismas que cumplen la función de sifones entre el vaso de almacenamiento y la zona posterior al dique de regulación; dichas tuberías al cubrir un área aproximada del 70% de la sección del conducto, limitan su funcionamiento total, más aun considerando que podrían darse situaciones como las sucedidas en el año 2003<sup>2</sup>, en cuyo suceso se dio el trabajo al 100% del conducto de salida, así como el transporte de grandes bloques de hielo a la superficie del dique; es así que, en caso de producirse un oleaje que llegue a nivel de dique, el funcionamiento de los sifones sería bloqueado, además de anularse la posibilidad de evacuación vía conducto, generando un mayor impacto contra el dique, así como un exceso de empuje con probables problemas de turificación y colapso de la estructura.

Al respecto, es de precisar que el día de la visita se advirtió el funcionamiento de únicamente 5 sifones, estando los 5 restantes fuera de funcionamiento.

---

<sup>2</sup> **Año 2003:** En la Laguna de Palcacocha se produjo un deslizamiento de tierra del talud izquierdo interior del dique natural morrénico de la laguna, ocasionando un rebalse de sus aguas, afectando seriamente al dique auxiliar con el desplazamiento de bloques de hielo, además de ocasionar la crecida del río Quillcay y por consiguiente alarma en la población de Huaraz.

Año Del Buen Servicio al Ciudadano

**Fotografía N° 78 : Vista Panorámica del Canal de Ingreso, dispuesto con las 10 Tuberías HDPE de 10" (Sifones)**



Fuente: INAIGEM 2017

De otra parte, se visualiza que, el conducto de concreto armado dispuesto con tubería metálica TMC, muestra deterioro en su estructura externa, visualizándose el acero estructural expuesto con muestras de corrosión; de otra parte, se visualiza la corrosión total en la parte inferior de la tubería metálica, al nivel de haber provocado la rotura del mismo, según detalle de vistas fotográficas.

**Fotografía N° 79: Vista del Conducto Cubierto del Dique de Regulación de la Laguna Palcacocha).**



Fuente: INAIGEM 2017

Año Del Buen Servicio al Ciudadano

De otra parte, en relación al dique de regulación y su entorno, se identificó que, dicho dique tiene un frente de 14.50 m, ancho de corona de 5.30 m, inclinación de caras anterior y posterior de 23°, y altura estimada en 7m; identificándose que dicha estructura posee un cuerpo de tierra recubierto de mampostería de piedra. Visualizándose a su vez, que aguas arriba los depósitos glaciares adyacentes al dique poseen una topografía uniforme y alineada al dique; no obstante, agua abajo se visualiza un alto grado de erosión de los depósitos glaciares de ambos lados del dique, situación que ha dejado expuesta parte del cuerpo de la presa, en alturas máximas de 0.87 m al lado derecho y 1.55 m al lado izquierdo, con longitudes de 10.7m y 14.6 m respectivamente. Según detalle:

**Fotografía N° 80: Presa de Tierra – Aguas Abajo**



Fuente: INAIGEM 2017

**Fotografía N° 81: Margen Derecho de la Presa.**



Año Del Buen Servicio al Ciudadano



Fuente: INAIGEM 2017

En las vistas previas se advierte la zona expuesta del cuerpo de la presa (lado derecho aguas abajo), identificándose que dicho material está compuesto por fragmentos de roca en matriz de limos y arenas, de compacidad de media a baja; situación que pone en riesgo la estructura de la presa, ante la persistencia característica de las precipitaciones pluviales de la zona.

De otra parte, en el lado izquierdo de la presa, aguas abajo, se visualiza la exposición de la zona lateral del cuerpo de la presa, advirtiéndose una zona erosionada adyacente a la presa de tierra, según detalle de vistas fotográficas.

**Fotografía N° 82: Margen Izquierdo de la Presa de Tierra.**

Año Del Buen Servicio al Ciudadano



Fuente: INAIGEM 2017

La situación descrita, denota que al lado izquierdo del cuerpo de la presa, aguas abajo, se visualiza la exposición de fragmentos de roca en matriz de limos y arenas, de compacidad de media a baja, situación que pone en riesgo la estabilidad de su estructura en el tiempo, siendo que se encuentra en una zona de precipitaciones pluviales persistentes, a lo cual se suma el debilitamiento de la masa del suelo por el cambio de volumen de agua existente en las cavidades del suelo (por congelamiento y deshielo).

Año Del Buen Servicio al Ciudadano

**Fotografía N° 83: Margen Izquierdo de la Presa de Tierra.**

Fuente: INAIGEM 2017

### 7.3.2 Laguna Cuchillacocha

#### Características de la laguna

La laguna Cuchillacocha tiene forma elíptica y es el inicio de la quebrada Quillcayhuanca, determinando un valle de origen glaciar con fuerte pendiente en la parte inferior de la laguna y algo moderada al aproximarse a la planicie. De acuerdo a la Batimetría 2005, realizada por la UGRH, las dimensiones de esta laguna son de 732 m de longitud, 272 m de ancho y 27,3 m profundidad; con una superficie de 145 732 m<sup>2</sup> y un volumen de 2 138 936 m<sup>3</sup>; encontrándose el nivel del espejo de agua en 4 650 msnm.

Esta laguna se ha formado por acción erosiva del glaciar y control estructural, estando cerrado por depósitos morrénicos de considerable altura: dos morrenas laterales inestables y una morrena frontal de menor altura, emplazándose en esta última las obras de seguridad de la laguna.

En esta laguna, la Corporación Peruana del Santa y ELECTROPERU entre los años 1971 y 1974 construyeron un dique de seguridad Canal de entrada de mampostería de 37,70 m de largo, conducto cubierto de 76 m de longitud y 60" de diámetro (concreto armado y TMC) y canal de salida y rápida de mampostería de piedra de 19,70 m de longitud; presa de tierra y enrocado - emboquillado de 16 m de altura, y corona de 24 m de longitud con 7 m de ancho. Esta laguna desagua continuamente a través del ducto de drenaje.

Año Del Buen Servicio al Ciudadano

Se identifica que, en los planos contenidos en el Expediente de Liquidación de la obra “Consolidación de la Laguna Cuchillacocha” (UGRH), se muestra que la presa de tierra posee las siguientes características:

Altura de Dique: 16 m.

Inclinación de los paramentos del dique:

Paramento Anterior : 2.5 : 1

Paramento Posterior : 2.0 : 1

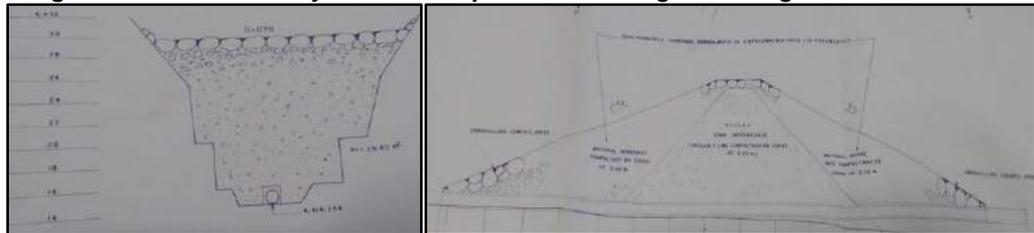
Ancho de Corona : 6.0 m.

Ancho de Base : 78 m.

Emboquillado Superficial Cemento: Arena (C:A).

Composición del Dique: Material morrenico compactado en capas de 20 cm, con núcleo central de Arcillas y Limos compactados (material Impermeable); cambia gradualmente su granulometría hacia los paramentos.

**Figura N° 3936: Sección y Perfil del Dique - Obra de Seguridad Laguna Cuchillacocha.**

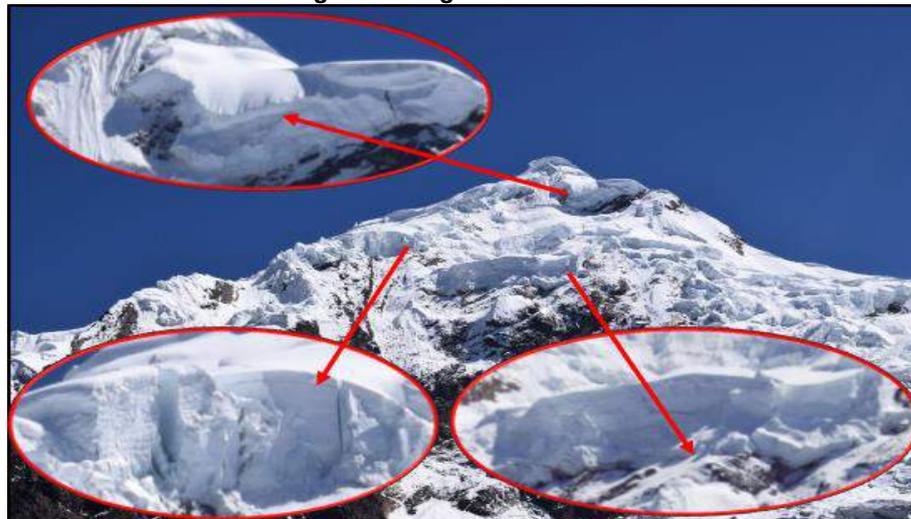


Fuente: Liquidación de la Obra “Consolidación de la Laguna Cuchillacocha” - UGRH

### Glaciar

En la inspección realizada en campo, se identificó que en el glaciar anterior a la laguna Cuchillacocha, se visualizan 3 masas glaciares colgantes, las cuales están bien definidas y se muestran en las vistas fotográficas siguientes. La situación descrita denota el riesgo de desprendimiento que dichas masas representan, considerando que producirían una avalancha y consecuente sobre oleaje de la laguna.

**Fotografía N° 84: En las vistas fotográficas se visualizan las masas glaciares colgantes del glaciar Pucaranra.**



Fuente: INAIGEM 2017

Año Del Buen Servicio al Ciudadano

**Laguna:**

A la fecha de inspección se advirtió que la laguna Cuchillacocha registraba un nivel de 0.35 m por encima del nivel del fondo del canal de desagüe.

**Fotografía N° 85: Vista panorámica de la Laguna Cuchillacocha.**



Fuente: INAIGEM 2017

**Obras de Seguridad Existentes en el Entorno de la Laguna Cuchillacocha:**

Se identificó un dique de tierra con recubrimiento de emboquillado de piedra y cemento; respecto de lo cual, se visualizó que existen zonas en las cuales ha crecido vegetación menor, situación que denota el resquebrajamiento del recubrimiento del dique, permitiendo el crecimiento de dicha vegetación.

**Fotografía N° 86: Obras de Seguridad Emplazadas en la Laguna Cuchillacocha.**



Año Del Buen Servicio al Ciudadano

Fuente: INAIGEM 2017

### Estado Actual del Conducto Cubierto:

En la inspección in situ, se advirtió que el nivel del agua ingresaba al conducto cubierto a una altura de 0.35m del fondo del canal, situación que permitió el represamiento del ingreso de agua a dicho conducto, pudiéndose ingresar a su interior y realizándose la verificación del estado del mismo, según detalle.

Se identificó un conducto cubierto de concreto, con recubrimiento interior parcial superior de tubería TMC, el mismo que se encuentra en buen estado, no visualizándose deformaciones por exceso de carga; únicamente se visualizaron muestras de oxidación en la zona de contacto con el espejo de agua, así como la acumulación de partículas blanquecinas; de otra parte, en relación a la parte inferior de las paredes y el piso del conducto, se visualizó que el mismo presenta algún deterioro a consecuencia del impacto de las partículas de arrastre hídrico.

**Fotografía N° 87: Conducto Cubierto del dique de la laguna Cuchillacocha.**



Se visualiza la acumulación de partículas blanquecinas y oxido en paredes del conducto.

Fuente: INAIGEM 2017

De acuerdo a estudio realizados por el (MINAM , 2014), se ha tomado conocimiento que el PH del agua de esta laguna se encuentra por debajo de los límites permisibles, lo cual le da la característica de Agua Acida, asimismo estas aguas tienen exceso de aluminio, fierro y manganeso, lo cual se traduce en la acumulación

Año Del Buen Servicio al Ciudadano  
de partículas blancuecinas y oxidación de las paredes del canal, así como  
acumulación de óxido en paredes y piso del conducto cubierto.

**Fotografía N° 88: Conducto Cubierto del dique de la laguna Cuchillacocha.**



Fuente: INAIGEM 2017

En las vistas fotográficas finales se visualiza el canal de salida del conducto de desagüe, visualizándose que este se encuentra con algunas obstrucciones que impiden el flujo adecuado del agua; las mismas que además deterioran la base y paredes de dicho canal.

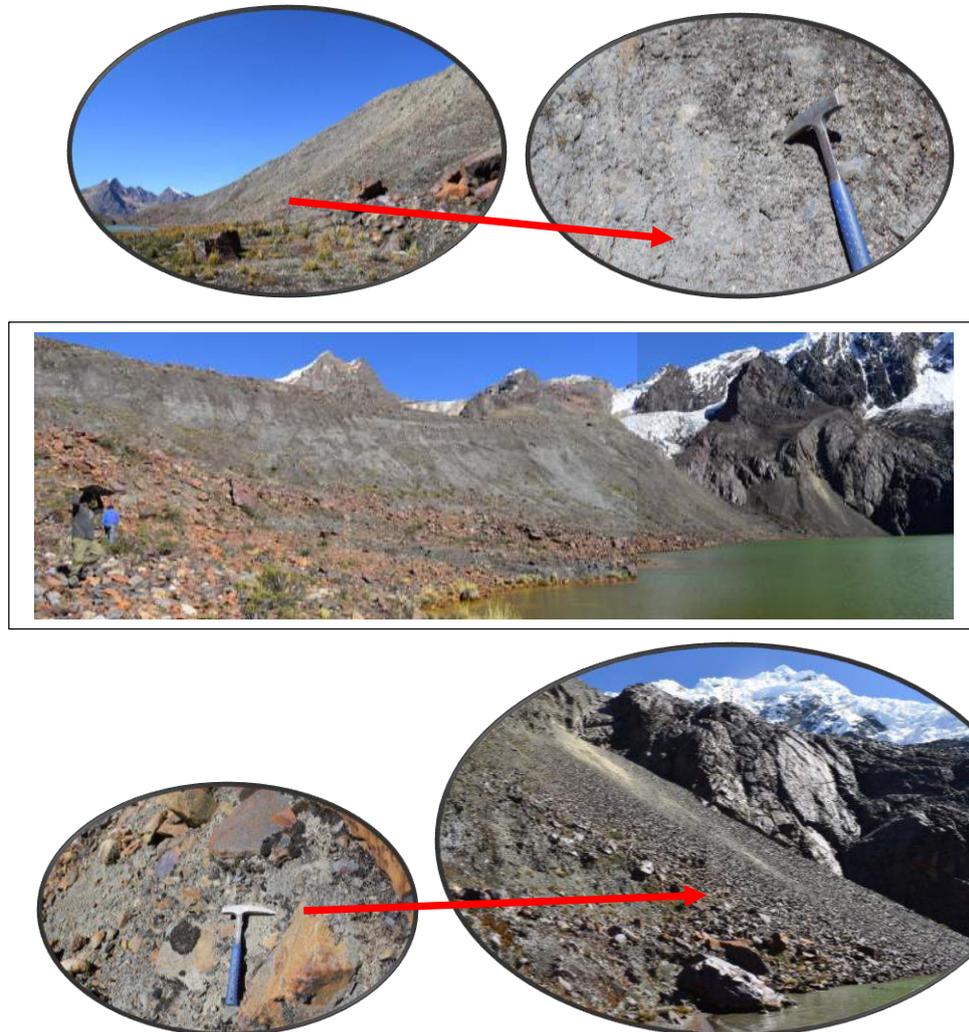
### **Estado situacional de los Depósitos Glaciáricos Laterales y Frontal, en relación a su entorno**

#### **Depósito Glaciárico Lateral Derecho:**

Se identificó que el depósito glaciar lateral derecho está compuesto por un conglomerado de fragmentos de roca en matriz de limos y arenas, de compacidad de media a baja, visualizándose además que dicho talud aún no ha alcanzado su ángulo de reposo, situación que deviene en deslizamiento de material de manera constante.

Año Del Buen Servicio al Ciudadano

**Fotografía N° 89: Vista panorámica del flanco derecho de la laguna, se visualiza un tramo con material de conglomerado de fragmentos de roca en matriz de arenas y limos de compacidad media.**



Fuente: INAIGEM 2017

Al respecto, es de precisar que el depósito glacial lateral derecho en un primer tramo (zona norte), posee una inclinación elevada, no existiendo zona de acumulación, por tanto, el material producto de deslizamiento es depositado directamente al vaso de la laguna. De otra parte, del tramo medio al final, se identificó un talud de conglomerado de fragmentos de roca en matriz limos y arenas de compacidad media.

### **Depósito Glaciar Lateral Izquierdo**

Se identificó que el depósito glacial lateral izquierdo está compuesto por un conglomerado de fragmentos de roca en matriz arena limosa de compacidad de media a baja, visualizándose además que dicho talud aún no ha alcanzado su ángulo de reposo, situación que deviene en deslizamiento de material de manera constante.

Año Del Buen Servicio al Ciudadano

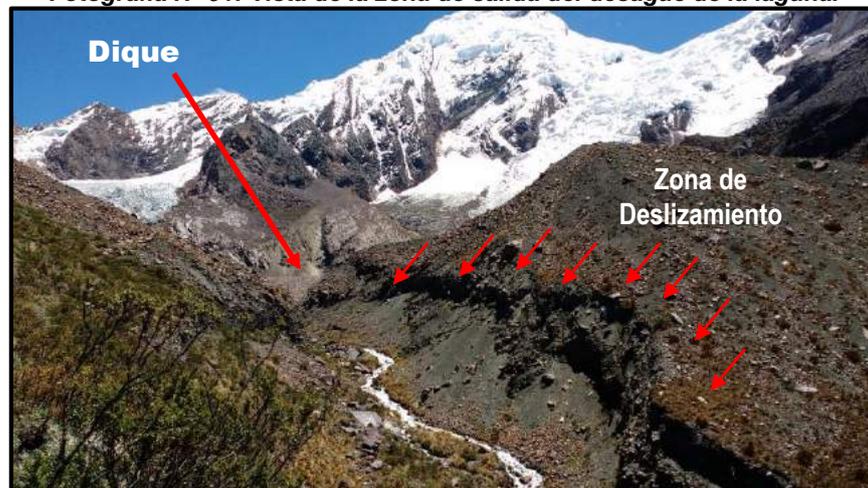
**Fotografía N° 90: Vista del Depósito Glaciar Lateral Izquierdo.**



Fuente: INAIGEM 2017

De otra parte, en la zona posterior al conducto de salida del desagüe de la laguna, se visualiza que el talud izquierdo aún no ha alcanzado su ángulo de reposo, mostrándose signos visibles de desprendimiento de material de los depósitos. Según detalle de vistas fotográficas.

**Fotografía N° 91: Vista de la zona de salida del desagüe de la laguna.**



Fuente: INAIGEM 2017

### **7.3.3 Laguna Tullparaju**

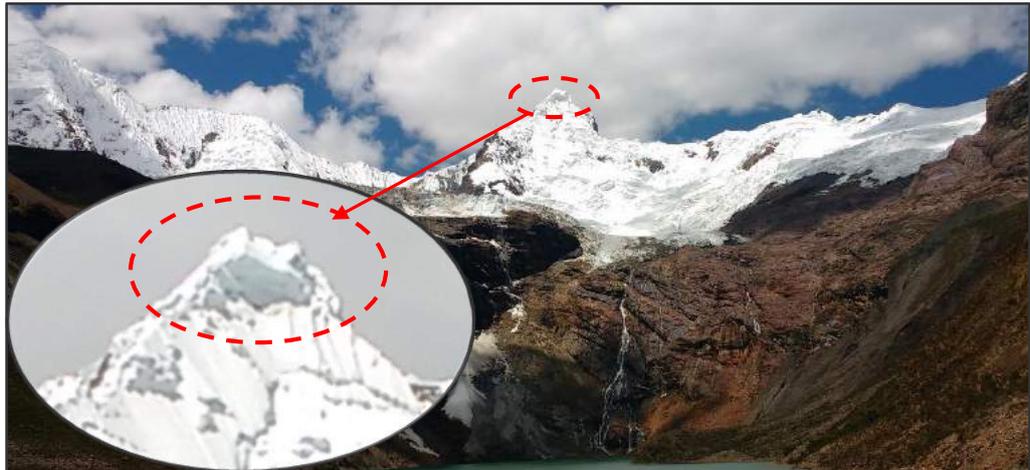
#### **Estado Actual**

#### **Glaciar:**

En la inspección realizada en campo, se identificó que en el nevado Tullparaju, anterior a la laguna Tullparaju, se visualiza masas glaciares colgantes, de las cuales, 1 se encuentra bien definida y se muestra en las vistas fotográficas siguientes.

Año Del Buen Servicio al Ciudadano

**Fotografía N° 92: Masa Glaciar colgante, Glaciar Tullparaju.**



Fuente: INAIGEM 2017

La situación descrita denota el riesgo de desprendimiento que dicha masa representa, considerando que produciría una avalancha y consecuente sobre oleaje de la laguna.

**Estado Situacional de los Flancos Laterales y Frontal:**

**Fotografía N° 93: Vista Panorámica de la Laguna Tullparaju**

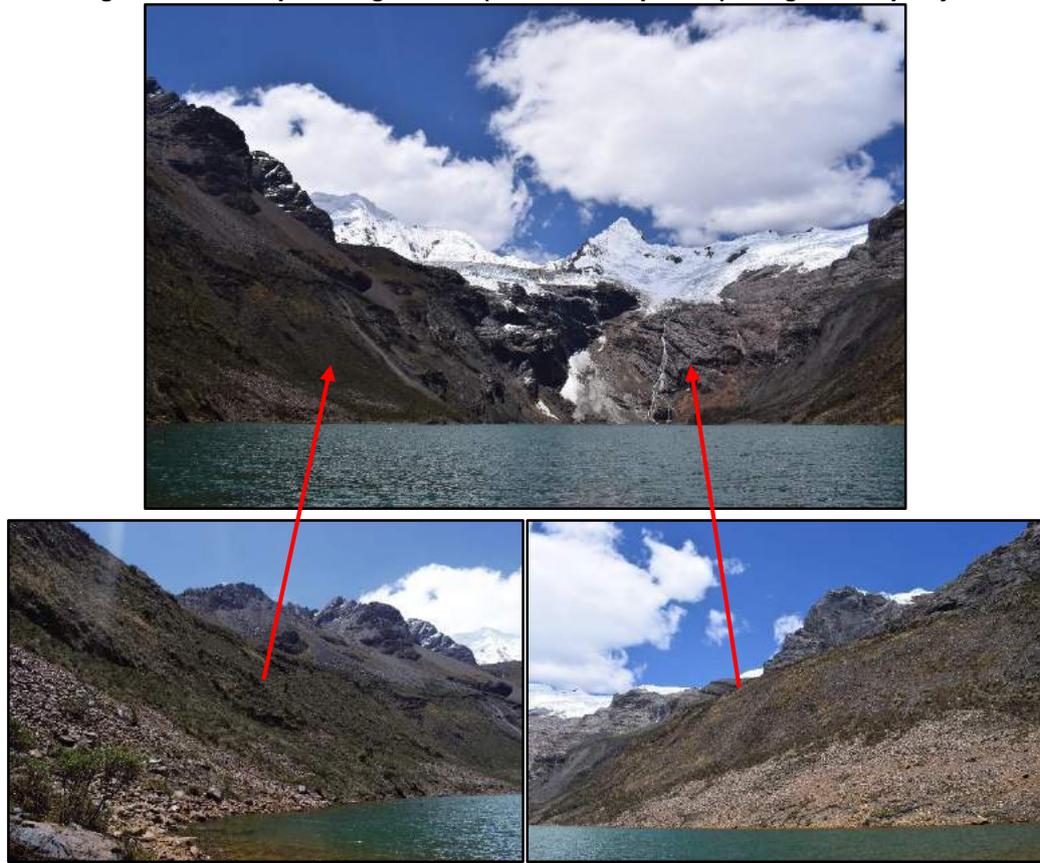


Fuente: INAIGEM 2017

**Depósitos Glaciares Laterales:**

Se identificó que el depósito glaciar lateral derecho está compuesto por un conglomerado de fragmentos de roca en matriz de limos y arenas de compacidad de media a baja, con cobertura vegetal menor, con un ángulo de inclinación de  $45^\circ$  en la zona norte y  $60^\circ$  en la zona sur, visualizándose además que dicho talud aún no ha alcanzado su ángulo de reposo, situación que deviene en deslizamiento de material de manera constante.

Año Del Buen Servicio al Ciudadano

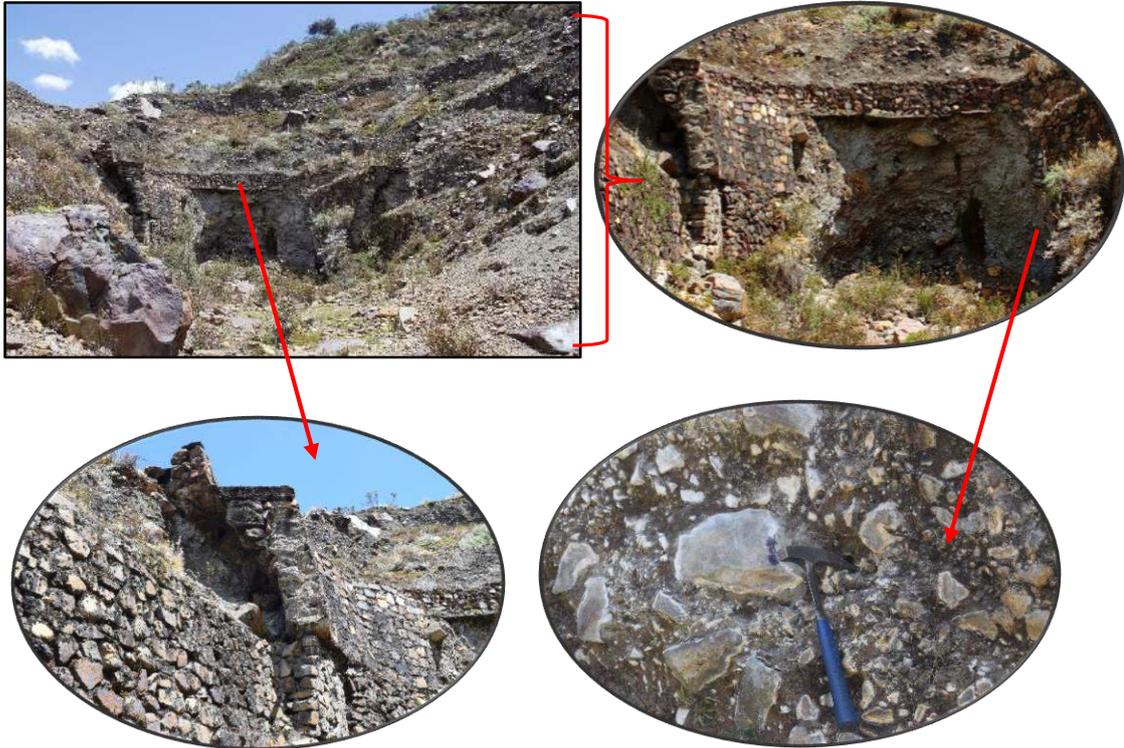
**Fotografía N° 94: Depósitos glaciares (Derecho e Izquierdo) – Laguna Tullparaju**

Fuente: INAIGEM 2017

**Estado del Depósito Glaciar Frontal:**

Se visualizó que el depósito glaciar frontal está compuesto de un conglomerado de fragmentos de roca en matriz de limos y arenas de compacidad de media a alta, verificándose la existencia de estructuras tipo muro de contención de piedra asentada al lado derecho del dique, la misma que actualmente se encuentra en ruinas, habiendo dejado un corte vertical de longitud aproximada de 12 m y 5 m de alto. No obstante, es de precisar que el referido corte vertical se muestra competente.

Año Del Buen Servicio al Ciudadano

**Fotografía N° 95: Se Visualiza las Características del Depósito Glaciar Frontal**

Fuente: INAIGEM 2017

De otra parte, es de precisar que, en la zona terminal del flanco derecho (zona adyacente derecha al dique) se visualizan corrimientos verticales sucesivos locales, situación que evidencia que dicho talud aún no ha alcanzado estabilidad, según detalle de vistas siguientes:

**Fotografía N° 96: En la zona terminal del flanco derecho (zona adyacente derecha al dique) se visualizan corrimientos verticales sucesivos locales.**

Fuente: INAIGEM 2017

Año Del Buen Servicio al Ciudadano

**Obras de Seguridad:**

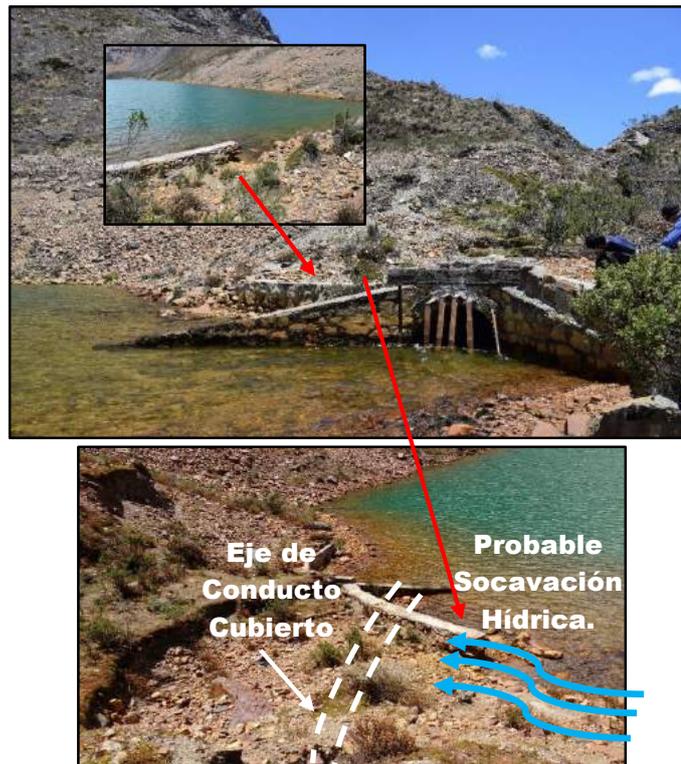
En la inspección in situ realizada el 20 de setiembre de 2017, se identificó la existencia de un dique de tierra con revestimiento de mampostería de piedra y cemento, el mismo que se visualiza en condiciones estables; visualizándose únicamente el crecimiento de vegetación menor en diversas partes del revestimiento de mampostería, a consecuencia de la acumulación de material finos en las hendiduras de su superficie. La situación descrita denota la necesidad de un mantenimiento permanente en el dique en referencia, a fin de que la aparición de fisuras y el crecimiento de vegetación en ellas no facilite el ingreso del agua al cuerpo del dique, dañando su estructura en el tiempo.

**Fotografía N° 97: Crecimiento de vegetación en las hendiduras de superficie de revestimiento de dique.**

Fuente: INAIGEM 2017

Asimismo, se advirtió que el nivel del agua venía ingresando al conducto cubierto a una altura de 0.72m del fondo del canal, situación que no permitió el represamiento del ingreso de agua a dicho conducto, por ende, no se tiene los detalles del estado situacional del conducto cubierto. No obstante, verificado el estado de las zonas de ingreso y salida a dicho conducto, se advierte que el tramo inicial de dicho conducto se encuentra vulnerable a una eventual elevación del nivel de agua, o a un sobre oleaje, situación que deviene de la socavación de la aleta izquierda de la zona de entrada al conducto. Según detalle de vistas fotográficas.

Año Del Buen Servicio al Ciudadano

**Fotografía N° 98: Zona de ingreso al conducto cubierto – Presa Laguna Tullparaju**

Fuente: INAIGEM 2017

En la vista fotográfica anterior, se visualiza la zona de ingreso del agua por elevación del nivel del espejo de agua de la laguna, y probable socavación y daño del conducto cubierto; situación que generaría la interrupción del conducto de desagüe de la laguna, por ende, la sobre elevación del nivel del espejo de agua, consecuentemente daño a las estructuras de protección. Más aun considerando que dichas obras ya han cumplido su periodo de vida (construidas en la década de los años 70).

De otra parte, en la zona de salida del conducto cubierto, se visualizaron muestras de socavación en la base de la pared de las aletas de salida, según detalle de vista fotográfica siguiente.

**Fotografía N° 99: Socavación de pared de canal de salida – Presa Laguna Tullparaju**

Fuente: INAIGEM 2017

Año Del Buen Servicio al Ciudadano

### Área de Salida del Conducto Cubierto:

En relación a la zona de salida del conducto cubierto, se visualiza que esta atraviesa taludes verticales laterales de conglomerado de fragmentos de roca en matriz de limos y arenas de alta compacidad, visualizándose algunos signos de desplome del talud izquierdo.

**Fotografía N° 100: Zona posterior a la presa, depósitos glaciares laterales elevados, en cortes verticales naturales de conglomerado de fragmentos rocosos en matriz de limo arenoso, de compacidad alta.**



Fuente: INAIGEM 2017

## 8 ANÁLISIS DEL NIVEL DE PELIGRO

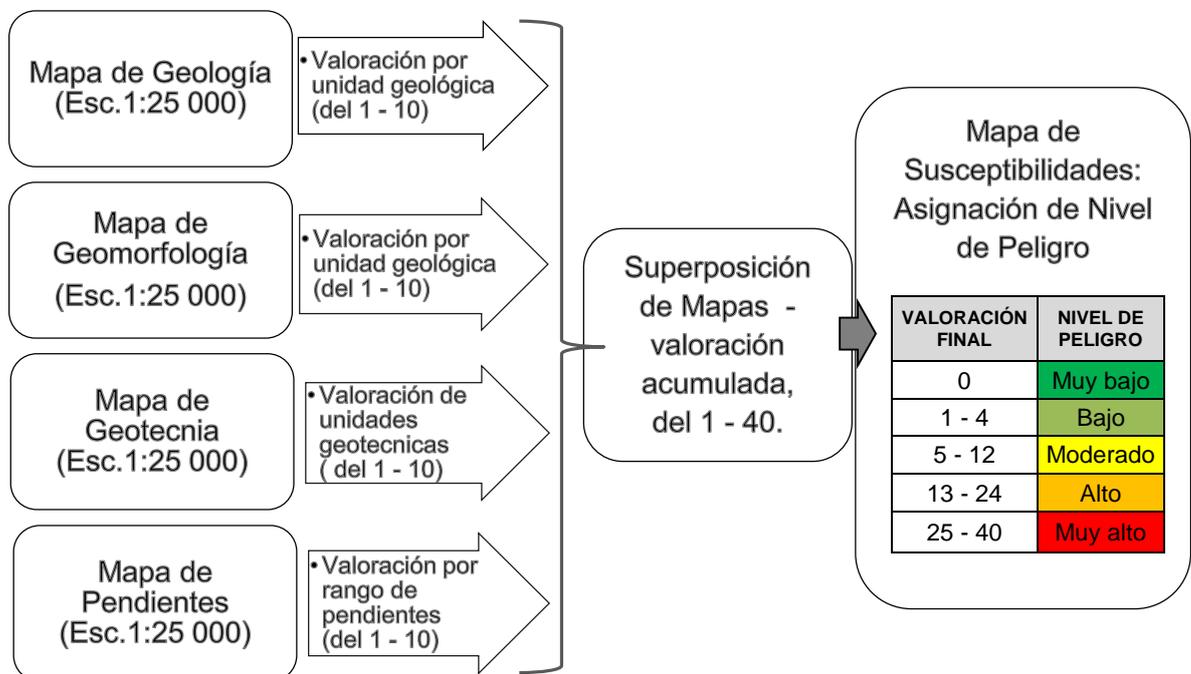
### 8.1 Análisis Geoespacial Multicriterio para la Determinación de Niveles de Peligro de la Sub Cuenca del Río Quillcay

En el desarrollo de esta investigación, se utilizó el método de evaluación geoespacial multicriterio para la determinación de niveles de peligro de la sub cuenca del río Quillcay, que analiza aspectos geológicos, geomorfológicos, geotécnicos y de pendientes; partiendo de la creación de mapas temáticos, permitiendo realizar un análisis espacial con escalabilidad territorial de 1:25 000. Para la definición de los criterios se emplearon, diferentes variables de peligrosidad en base a opinión de especialistas, datos obtenidos en campo e imágenes satelitales.

La información base para la elaboración de los mapas por criterio, fue obtenida in situ, por los especialistas del INAIGEM; quienes caracterizaron las unidades geológicas, geoformas, unidades geotécnicas y geodinámica externa de la sub cuenca, información complementada con estudios petrográficos y mineralógicos de dicho entorno.

Una vez que se contó con toda la información base, y habiéndose elaborado los mapas por criterio, a través de herramientas GIS, asignando la valoración establecida la metodología (del 1-10), se realizó su superposición, generando una valoración acumulada, por ende, los niveles de peligro en cada área de la sub cuenca. Ver Figura N° 39.

**Figura N° 40: Modelo de Análisis Multicriterio para la Determinación de Niveles de Peligro de la Sub Cuenca del Río Quillcay**



Fuente: Elaborado por el INAIGEM

La metodología y tipo de análisis aplicado, permitió obtener información confiable, respecto de las características de la subcuenca, lo cual permitirá realizar un

Año Del Buen Servicio al Ciudadano

modelamiento cuasi-real de aluviones en ella, consecuentemente el mapa de riesgos de la sub cuenca del río Quillcay.

## 9 RESULTADOS

### 9.1 Zonificación y Niveles de Peligro

Mediante la aplicación de un análisis geoespacial multicriterio para la determinación de niveles de peligro de la sub cuenca del río Quillcay, se determinaron los niveles de peligro en toda la superficie comprendida en la sub cuenca del río Quillcay; información que fue plasmada en el “Mapa de Susceptibilidad a Movimiento de Masas de la Sub Cuenca del Río Quillcay” (Ver Figura N° 40), y es detallada a continuación.

#### Niveles de Peligro Sub Cuenca del Río Quillcay:

##### Muy Alto

Cabe precisar que, a niveles bajos de la quebrada Cojup, predominan los niveles de peligro de alto a muy alto; situación que es visualizada entre otros, en el entorno de la laguna Palcacocha, siendo que, por las características físicas de los materiales circundantes, se presenta un nivel de peligro, predominantemente muy alto. De otra parte, en la ladera derecha de la misma quebrada, se presentan niveles de peligros de altos a muy altos, que van del nivel del río (4 200 m.s.n.m, promedio), hasta la cima de las laderas (5 200 m.s.n.m); condición distinta es apreciada en la ladera izquierda de la quebrada Cojup, en la cual se determinó que, los niveles de peligro de altos a muy altos, únicamente llegan hasta los 4 600 m.s.n.m, a partir de dicha cota se identifican materiales, cuyo nivel de peligro va de moderado a bajo.

En el entorno de la laguna Tullparaju, se determinaron niveles de peligro muy altos, condición determinada por sus características físicas y de formación. Estando enmarcada dicha laguna en la quebrada Quillcayhuanca, se identificó que, entre las cotas 3 900 y 4 600 m.s.n.m aguas abajo de las lagunas, se presentan niveles de peligros de alto a muy alto, y a partir de los 4 600 m.s.n.m, en ascenso; situación que es determinada por las características físicas y de formación del entorno.

En la quebrada Shallap, se determinó que, entre los 4 000 y 4 500 m.s.n.m, se tienen niveles de peligro de alto a muy alto, siendo la zona de mayor peligro, la ladera derecha aguas abajo.

##### Alto

En torno a la laguna Cuchillacocha, se visualiza un nivel de peligro alto; estando enmarcada dicha laguna en la quebrada Quillcayhuanca, se identificó que, entre las cotas 3 900 y 4 600 m.s.n.m aguas abajo de las lagunas, se presentan niveles de peligros de alto a muy alto, y a partir de los 4 600 m.s.n.m, en ascenso; situación que es determinada por las características físicas y de formación del entorno.

De otra parte, se identifica que casi la totalidad del área de la sub cuenca, comprendida entre el Sector Nueva Florida y los puntos de ingreso a las quebradas de Cojup, Quillcayhuanca y Shallap, posee un nivel de peligro alto, situación determinada por las características físicas y de formación del entorno.

##### Moderado a Bajo



Año Del Buen Servicio al Ciudadano

En la quebrada Shallap, se determinó que, a partir de los 4 500 m s.n.m hasta la cima (5 200 m s.n.m), se determinaron niveles de peligro de moderados a bajos.

En la quebrada Cojup, se aprecia que, en la ladera izquierda, a partir de los 4 600 m s.n.m se identifican materiales, cuyo nivel de peligro va de moderado a bajo.

### **Muy Bajo**

Las zonas que presentan niveles de peligro muy bajos, únicamente se presentan en la quebrada Cojup, no obstante, esta posee un área mínima.

Cabe destacar que el nivel de peligro en las quebradas Cojup, Quillcayhuanca y Shallap, va descendiendo conforme se va ganado altura en los flancos laterales, concordando ello con la situación de que, en dichas zonas se tiene afloramiento rocoso que le dan la condición de mayor estabilidad.



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

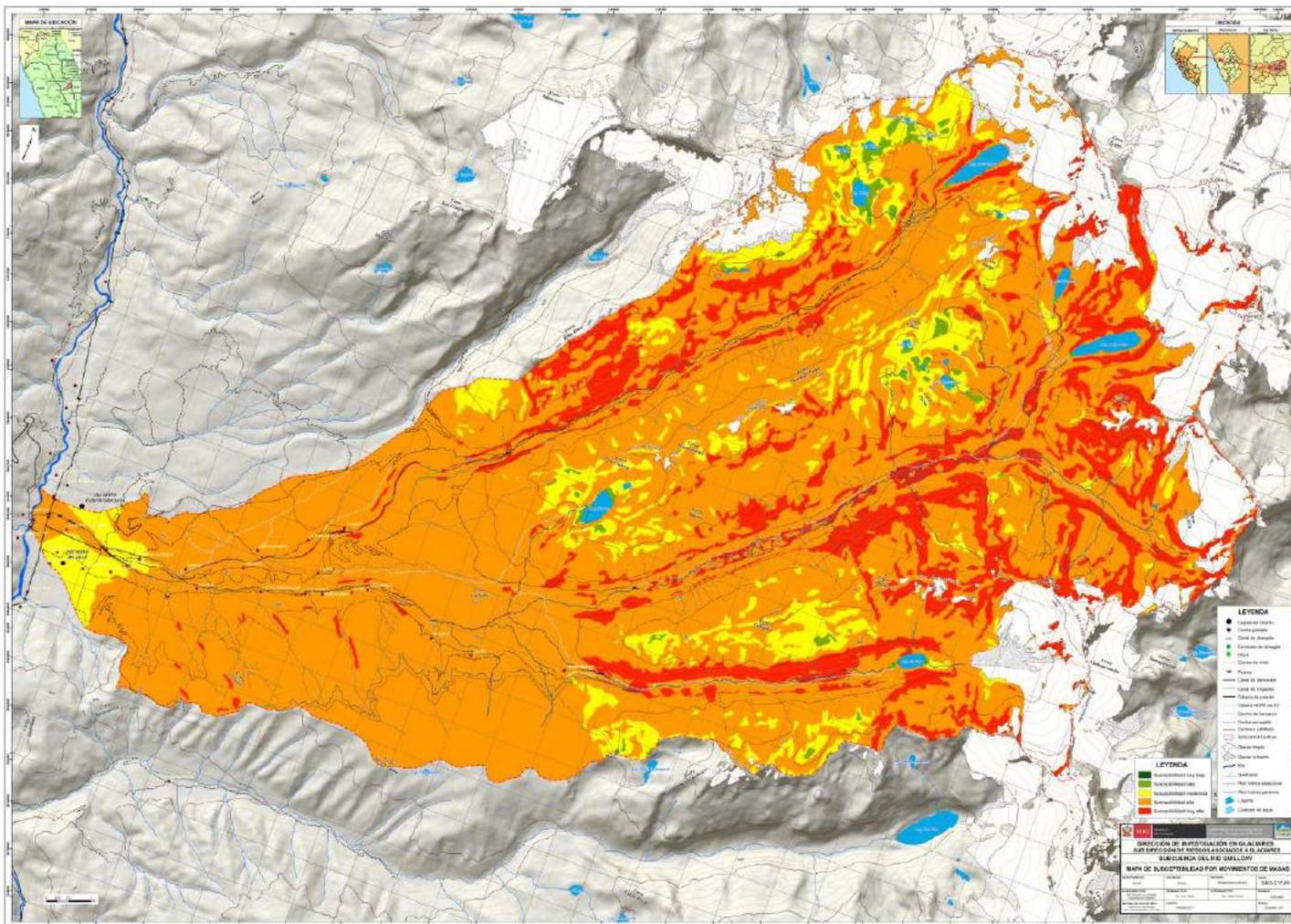
Instituto Nacional de Investigación  
en Glaciares y Ecosistemas de Montaña



Año Del Buen Servicio al Ciudadano



Figura N° 371: Mapa de Susceptibilidad a Movimiento de Masas de la Sub Cuenca del Rio Quillcay



Fuente: Elaborado por el INAIGEM

## 10 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 10.1 Conclusiones

1. Las obras de seguridad de la laguna Cuchillacocha, muestran condiciones aparentemente estables, identificándose deterioros menores en cuanto al revestimiento externo e interno de las estructuras; visualizándose que el conducto cubierto no muestra deformaciones por exceso de carga, únicamente deterioro en el piso y oxidación de la tubería; no obstante, al haber variado las condiciones para las que fueron diseñadas y habiéndose superado su periodo de vida útil, no existe garantía de su adecuado comportamiento ante eventos detonantes.
2. De las obras de seguridad de la laguna Palcacocha, se visualiza que el dique complementario, ubicado al lado derecho de la morrena frontal, muestra signos visibles de agrietamientos en la corona, así como asentamiento de la cara anterior del cuerpo de la presa, a consecuencia de la pérdida de finos en conductos de ubicación inferida, por un proceso de turificación; situación que denota que dicha estructura no presta la garantía de un adecuado comportamiento de darse la sobre elevación del nivel del espejo de agua de la laguna; más aún si se encuentra en riesgo de colapso progresivo por filtraciones en su suelo de base.

El dique de seguridad ubicado en la parte central de la morrena frontal, tiene zonas laterales expuestas, aguas abajo, como consecuencia de la erosión de los taludes a ambos lados del dique, mostrándose expuesto parte del cuerpo de la presa, en alturas que van de 1 m a 1.5 m y longitudes promedio de 10 a 15 m respectivamente; situación que pone en riesgo la estructura de la presa, ante la persistencia característica de las precipitaciones pluviales de la zona.

Se evidencia el fenómeno de cavitación en las tuberías correspondientes a los sifones instalados en la laguna Palcacocha, situación que viene generando la erosión interna de las tuberías, y vibraciones cuyo efecto debe ser evaluado.

3. Los flancos laterales correspondientes al vaso de almacenamiento de la laguna Palcacocha, formados por depósitos glaciares, de fragmentos de roca en matriz de limos y arenas, sufren desprendimientos constantes debido a las variaciones de temperatura y fuertes vientos; situación que genera el incremento del volumen de sedimentos en el vaso de almacenamiento de la laguna, y por ende la elevación progresiva de su nivel. De otra parte, la existencia de depósitos glaciares de taludes elevados en la zona de salida de los sifones de la laguna, genera el riesgo de que, un probable desplome produzca el bloqueo de las tuberías que conducen el agua del sifonaje, obstruyendo de manera total dichas tuberías, consecuentemente la sobre elevación del nivel de la laguna y probable daño a las estructuras de protección y entorno circundante.
4. En la laguna Tullparaju, el dique de tierra se visualiza en condiciones estables; no obstante, presenta vegetación menor en diversas partes de su superficie, a consecuencia de la acumulación de sedimentos en las hendiduras de la superficie de la mampostería; situación que denota la urgencia de un mantenimiento, a fin de que la aparición de fisuras y el crecimiento de

Año Del Buen Servicio al Ciudadano

vegetación en ellas no facilite el ingreso del agua al cuerpo del dique, dañando su estructura con el tiempo. El tramo inicial del conducto de rebose de la laguna, se encuentra vulnerable, debido a la presencia de daños en una de las aletas de ingreso, lo cual facilita el ingreso de agua, por ende, podría provocar erosión y colapso del mismo.

5. En la laguna Tullparaju, los depósitos glaciares que se emplazan en torno a la laguna, están conformados por conglomerados de fragmentos de roca en matriz de limos y arenas, de compacidad media, con taludes que aún no han alcanzado su ángulo de reposo, situación que deviene en deslizamientos constantes.
6. En conclusión, se advierte que, el glaciar Palcaraju, posee 3 glaciares colgados con un volumen probable de avalancha de 272 612,01 m<sup>3</sup>; de otra parte, el glaciar Pucaranra, 3 glaciares colgados con un volumen probable de avalancha de 57 131,95 m<sup>3</sup>; y el glaciar Tullparaju, 5 glaciares colgados con un volumen probable de avalancha de 147 510,9 m<sup>3</sup>; identificándose que el glaciar que posee un mayor volumen probable de avalancha es el Palcaraju, con 272 612,01 m<sup>3</sup>, orientados hacia la laguna Palcacocha, no siendo de menor importancia los correspondientes a los glaciares Pucaranra y Tullparaju.
7. La aplicación de una metodología, con el uso de análisis multivariantes, permitió evaluar el área enmarcada en la sub cuenca del río Quillcay, quebradas Cojup, Quillcayhuanca y Shallap, desde el punto de vista geológico, geomorfológico, geotécnico y de pendientes, determinando los niveles de peligro existentes en toda el área de la subcuenca, cuya valoración permitió diferenciar el nivel de peligro, entre, Muy Bajo, Bajo, Moderado, Alto y Muy alto.
8. De acuerdo a los parámetros evaluados, a lo largo de la sub cuenca del río Quillcay, se identificó que en las zonas bajas de la quebrada Cojup, predominan los niveles de peligro de alto a muy alto; situación que es visualizada en el entorno de la laguna Palcacocha, siendo que, por las características físicas de los materiales circundantes, se presenta un nivel de peligro, predominantemente muy alto. De otra parte, en la ladera derecha de la quebrada Cojup, se identificaron niveles de peligros de altos a muy altos, que van del nivel del río (4 200 m.s.n.m, promedio), hasta la cima de las laderas (5 200 m.s.n.m); condición distinta es apreciada en la ladera izquierda de dicha quebrada, en la cual se determinó que, los niveles de peligro de altos a muy altos, únicamente llegan hasta los 4 600 m.s.n.m, a partir de dicha cota se identifican materiales, cuyo nivel de peligro va de moderado a bajo.
9. En torno a la laguna Cuchillacocha, se visualiza un nivel de peligro alto; situación distinta es visualizada en el entorno de la laguna Tullparaju, en la cual se determinaron niveles de peligro muy altos, condición determinada por sus características físicas y de formación. Estando enmarcadas dichas lagunas en la quebrada Quillcayhuanca, se identificó que, entre las cotas 3 900 y 4 600 m.s.n.m aguas abajo de las lagunas, se presentan niveles de peligros de alto a muy alto, y a partir de los 4 600 m.s.n.m, en ascenso; situación que es determinada por las características físicas y de formación del entorno.

Año Del Buen Servicio al Ciudadano

10. En la quebrada Shallap, se determinó que, entre los 4 000 y 4 500 m.s.n.m, se tienen niveles de peligro de alto a muy alto, siendo la zona de mayor peligro la ladera derecha aguas abajo; a partir de los 4 500 m.s.n.m hasta la cima (5 200 m.s.n.m) se determinaron niveles de peligro de moderados a bajos.
11. Cabe destacar que el nivel de peligro en la sub cuenca, va descendiendo conforme se va ganado altura en los flancos laterales de las quebradas, concordando ello con la situación que en dichas zonas se tiene afloramiento rocoso, que le dan la condición de mayor estabilidad.
12. El mapa final de susceptibilidades a movimiento de masas de la sub cuenca del rio Quillcay, es puesto a disposición de la población y sus autoridades; y es base para la elaboración del mapa de riesgos a ser elaborado el presente año por nuestra institución.

## 10.2 Recomendaciones

1. Se recomienda el monitoreo y control permanente de los glaciares Pucaranra y Palcaraju, con el uso de geo radar; determinando la dinámica de las masas glaciares colgantes con riesgo de desprendimiento hacia la laguna Palcacocha.
2. Se recomienda la evaluación a detalle de la permanencia de los sifones en la laguna Palcacocha, considerando que obstruyen en un gran porcentaje la sección del conducto de desagüe de la misma, más aún, si las condiciones en que fueron instaladas generan el fenómeno de cavitación, consecuentemente erosión y vibraciones en las mismas.
3. Se recomienda la aplicación de métodos de estabilización de taludes, tanto en los depósitos glaciares laterales, como en las zonas adyacentes a la zona de salida del conducto de desagüe de la laguna Palcacocha.
4. Se recomienda la ejecución de obras de seguridad en la zona frontal de la laguna Palcacocha, aplicando técnicas avanzadas (con instrumentación: piezómetros, inclinómetros, extensómetros y otros), que garanticen su adecuado comportamiento y el monitoreo del mismo, considerando el máximo nivel de embalse que alcanzará la laguna durante el paso de la avenida extrema y a causa de desplomes de masas glaciares en riesgo; asimismo se deberá considerar los estudios sísmicos a través de los cuales se conocerá el efecto del suelo de fundación y de la topografía, en las características del movimiento sísmico, consecuentemente las acciones sísmicas sobre la estructura.
5. De otra parte, siendo conocedores que el recurso hídrico proveniente de la laguna Palcacocha, es aprovechada para consumo humano, y diversas actividades productivas y energéticas, se recomienda gestionar con las entidades competentes, la ejecución un proyecto de afianzamiento hídrico aguas debajo de la laguna, a fin de distribuir el almacenamiento del recurso hídrico, por ende, reducir el riesgo de desembalse en la laguna Palcacocha. En ese sentido, es de precisar que, de ejecutarse estas estructuras de



Año Del Buen Servicio al Ciudadano

contención aguas abajo, estas servirían, además, como disipadores de energía en caso de eventos extremos.

6. En la laguna Tullparaju, se recomienda realizar trabajos de protección del tramo inicial del conducto cubierto de la obra de seguridad, a fin de evitar la socavación y garantizar su adecuado funcionamiento en caso de sobre elevación del nivel del espejo de agua de la laguna.



## Bibliografía

- Pouyaud. (2008). *Balance de Masa de un Glaciar. pdf, publicacion.*
- Andrews, J.T. (1975 ). *Glacial systems: An approach to glaciers and their environments.* North Scituate. Duxbury.
- Aparicio, F. (1996). *Fundamentos de Hidrología de Superficie.* México: 4ta. Edición. Limusa S.A. PP 303.
- Auboin, J.A., et. al. (1973). *Esquisse paleogeographique et structurale des Andes Meridionales.* Revue de Géographie Physique et de Geologie Dynamique. Paris.
- Bijeesh, K., Sebastián, R. F., Shanshan, W., & Pedro, T. (2016). Un análisis comparativo del retroceso glaciar en los Andes Tropicales usando teledetección. *Investig. Geogr. Chile.*, 51: 3 - 36.
- Burns, P., & Nolin, A. (2014). Using atmospherically-corrected Landsat imagery to measure glacier area change in the Cordillera Blanca, Peru from 1987 to 2010. En *Remote Sensing of Environment* (págs. 140, 165-178). <http://doi.org/10.1016/j.rse.2013.08.026>.
- Carey, M., Huggel, C., Bury, J., Portocarrero, C., & Haerberli, W. (2012). An integrated socio-environmental framework for glacier hazard management and climate change adaptation: lessons from Lake 513, Cordillera Blanca, Peru. *Climatic Change.* <http://doi.org/10.1007/s10584-011-0249-8>.
- Dávila Roller, Vilca Gómez, Inga Espinoza. (2016). *INFORME TECNICO DE LA SITUACION ACTUAL DE LA LAGUNA GLACIAR PALCACOCHA.* Huaraz.
- Dozier, Jeff. (1989). Spectral signature of alpine snow cover from the Landsat Thematic Mapper . En *Remote Sensing Environmental* (págs. 28:9-22).
- Francou et. al. (2004). *Juournal of Geophysical Research, 109.*
- Francou, B. (2004). *Glacier shrinkage and water resources in the Andes. Meeting report of Huaraz.*
- Frank, P. &. (2012). Modeling of glacier bed topography from glacier outlines, central branch lines, and a DEM. *International Journal of Geographical Information Science*, 1-18.
- Frank, R., Mauz, F., Singh Khalsa, S., & Raup, B. (2005). *Illustrated GLIMS Glacier Classification Manual.*
- Frey, H., Machguth, H., Huss, M., Huggel, C., Bajracharya, S., Bolch, T., ... Stoffel, M. (2014). Estimating the volume of glaciers in the Himalayan–Karakoram region using different methods. *The Cryosphere.* <http://doi.org/10.5194/tc-8-2313-2014>.
- Hidrandina S.A. (1989). Unidad de Glaciología e Hidrología. Inventario de Glaciares del Perú. 1ra Parte. Huaraz, Perú: Concytec.
- IDEAM. (2012). *Glaciares de Colombia, más que montañas con hielo.* Bogotá.



Año Del Buen Servicio al Ciudadano

- IGP. (2001). Evaluación de la Sismicidad y Distribución de la Energía Sísmica en Perú. En I. BERNAL, & H. & TAVERA. Lima: Boletín de la Sociedad Geológica del Perú.
- INAIGEM. (2017). "Reportes Técnicos Internos de Avances de la Subcuenca del Río Santa Cruz". En S. d. Montaña. Lima.
- INGEMMET. (1996). *Geología de los Cuadrángulos de Huaraz, Recuay, La Unión, Chiquian y Yanahuanca. Hojas: 20h-20i-20j-21i y 21j*. Lima: INGEMMET [Boletín N° 76. Serie A: Carta Geológica Nacional].
- INGEMMET. (1986). Estudio Geológico de los Andes del Perú Central. En Dalmayrac. Estudios Especiales, Bol. 8.
- INGEMMET. (1995). *Geología del Perú*. Lima: INGEMMET [Boletín N° 55. Serie A: Carta Geológica Nacional].
- INGEMMET. (2009). Riesgos Geológicos en la Región Ancash. En B. Zavala, P. Valderrama, W. Pari, & G. & Luque. Lima: INGEMMET [Boletín 38. Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica].
- INGEMMET. (2009). Síntesis Descriptiva del Mapa Neotectónico 2008. En C. B. José Macharé Ordóñez. Lima: INGEMMET [Boletín N° 40. Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica].
- Jour. GesP. Soc . (1990 ). En E. S. Jaillard. London, 147.
- Linsbauer, A. P. (2012). Modeling glacier thickness distribution and bed topography over entire mountain ranges with GlabTop: Application of a fast and robust approach. En *Journal of Geophysical Research*. 117(F3), F03007: <http://doi.org/10.1029/2011JF002313>.
- López Cadenas de Llano & Mintegui Aguirre. (1987). *Hidrología de Superficie*. Madrid, España: Salazar. PP 222.
- Mark, B. G. (2005). Evaluation of recent glacier recession in the Cordillera Blanca, Peru (AD 1962-1999): Spatial distribution of mass loss and climatic forcing. En *Quaternary Science Reviews*. 24(20-21), 2265–2280: <http://doi.org/10.1016/j.quascirev.2005.01.003>.
- Mcfeters, S.K. (1996). The use of normalized difference water index (NDWI) in the delineation of open water features. *International Journal of Remote Sensing*,17.
- MINAM . (2014). *Calidad de Agua en Cabeceras de Cuencas Alto Andinas en el Contexto de Cambio Climático*. Nota Técnica 2.
- MINAM. (2015). *Mapa Nacional de Cobertura vegetal*.
- Morales. (1961).
- Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC). (2001). *Cambio Climático y Biodiversidad*.



Año Del Buen Servicio al Ciudadano

- Paul, F., Frey, H., & Le Bris, R. (2011). A new glacier inventory for the European Alps from Landsat TM scenes of 2003: challenges and results. *Annals of Glaciology*. 52(59), 144–152: <http://doi.org/10.3189/172756411799096295>.
- Rabatel, A., Francou, B., Soruco, A., Gomez, J., Cáceres, B., Ceballos, J. L., ... Wagnon, P. (2013). Current state of glaciers in the tropical Andes: a multi-century perspective on glacier evolution and climate change. *The Cryosphere*. <http://doi.org/10.5194/tc-7-81-2013>.
- Racoviteanu, A. E., Arnaud, Y. ., Williams, M. W., & Ordoñez, J. (2008). Decadal changes in glacier parameters in the Cordillera Blanca, Peru, derived from remote sensing. *Journal of Glaciology*.  
<http://www.ingentaconnect.com/content/igsoc/jog/2008/00000054/00000186/art00013>
- Rau, F., Mauz, F., Vogt, S., Jodha, S., Khalsa, S., & Raup, B. (2005). Illustrated GLIMS Glacier Classification Manual. [http://www.glims.org/MapsAndDocs/assets/GLIMS\\_Glacier-ClassificationManual\\_V1\\_2005-02-10.pdf](http://www.glims.org/MapsAndDocs/assets/GLIMS_Glacier-ClassificationManual_V1_2005-02-10.pdf).
- Raup, B., Racoviteanu, A., Khalsa, S. J. S., Helm, C., Armstrong, R., & Arnaud, Y. (2007). The GLIMS geospatial glacier database: A new tool for studying glacier change. *Global and Planetary Change*. <http://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2006.07.018>.
- Salzmann, N., Huggel, C., Rohrer, M., Silverio, W., Mark, B. G., Burns, P., & Portocarrero, C. (2013). Glacier changes and climate trends derived from multiple sources in the data scarce Cordillera Vilcanota region, southern Peruvian Andes. *The Cryosphere*.  
<http://doi.org/10.5194/tc-7-103-2013>.
- Servicio de Geología y Minería. (1967). Geología de los Cuadrángulos de Mollebamba, Tayabamba, Huaylas, Pomabamba, Carhuaz y Huari. Hojas: 17-h, 17-i, 18-h, 18-i, 19-h y 19-i. Lima: Servicio de Geología y Minería [Serie A. Boletín N°16].
- Simon Cook. (2016). *Glacier Change and Glacial Lake outburst flood risk in the Bolivian Andes, The Cryosphere*.
- Úbeda, J. (2010). *El impacto del cambio climático en los glaciares del complejo volcánico Nevado Coropuna (Cordillera Occidental de los Andes Centrales)*. Madrid.
- UGRH. (1973). Revestimiento del Túnel de la Laguna Tullparaju, Obras Civiles.
- UGRH-ANA. (2014). Inventario de glaciares del Perú. Huaraz.
- Vuille, M. (2013). Climate Change and Water Resources in the Tropical Andes. IDB Technical Note, (515). <http://link.springer.com/article/10.1007/s00382-014-2114-8>.
- Vuille, M., Francou, B., Wagnon, P., Juen, I., Kaser, G., Mark, B. G., & Bradley, R. S. (2008). Climate change and tropical Andean glaciers: Past, present and future. *Earth-Science Reviews*. <http://doi.org/10.1016/j.earscirev.2008.04.002>.



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Instituto Nacional de Investigación  
en Glaciares y Ecosistemas de Montaña



Año Del Buen Servicio al Ciudadano

WGMS. (2008 ). Global Glacier Changes : facts and figures Contents. Zurich: (W. G. M. Service, Ed.)  
(UNEP).



Año Del Buen Servicio al Ciudadano

**GLOSARIO DE TÉRMINOS**

1. Ablación: pérdida de masa de un glaciar, generalmente como fusión y descarga de agua de fusión, pero también por dispersión de nieve por ventiscas y desprendimiento de bloques de hielo.
2. Afloramiento: todo tipo de roca, mineral (filones, vetas), agua, etc. que se observa en la superficie terrestre.
3. Aglomerado: conjunto de fragmentos rocosos, heterogéneos en cuanto a forma, tamaño y composición, consolidados generalmente por materiales finos (arena, limo, arcilla).
4. Aguas abajo: el concepto de aguas arriba y aguas abajo, se utiliza para denominar la ubicación de un elemento en relación a un cuerpo de agua en movimiento; denominando aguas arriba, al sitio de donde viene, y aguas abajo, al sitio hacia donde va.
5. Albedo: medida de la reflectividad de una superficie. Un albedo de 60 para la nieve, significa que esta refleja 60% de la radiación.
6. 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 una 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.
7. Amenaza: peligro inminente. Peligro natural o inducido por el hombre anunciado por una predicción.
8. Análisis de Vulnerabilidad: identificación y determinación del grado de resistencia y/o exposición (física, social, económica y política) de un elemento o conjunto de elementos en riesgo, como ocurrencia de un peligro de origen natural o inducido por el hombre, en una determinada área.
9. Andesita: roca ígnea volcánica (intermedia) de textura afanítica o porfirítica, generalmente de color verde, pudiendo variar a rojizo y otros colores.
10. Anfibolita: roca metamórfica ultrabásica con predominio de minerales de anfíbol, esencialmente hornblendas. Presenta colores oscuros.
11. Anticlinal: plegamiento en el cual las rocas estratificadas buzan en sentido contrario (divergen) a partir de un plano denominado axial.
12. Arcillita: roca sedimentaria clástica, se forman en depósitos lacustres, lagunares y marinos. Producto de la alteración de las rocas preexistentes.
13. Arenisca: roca sedimentaria clástica, resultado de la consolidación y diagénesis de la acumulación de arena.
14. Arenisca Arcosa: denominación dada a la arenisca por su contenido en partículas de cuarzo.
15. Arenisca Limolítica: arenisca con cementante limonítico, se presenta en bandas, pero no coincidente con los estratos.

Año Del Buen Servicio al Ciudadano

16. **Avalancha:** desprendimiento violento, en un frente glaciar, pendiente abajo, de una gran masa de nieve o hielo acompañado en algunos casos de fragmentos rocosos de diversos tamaños y sedimentos de diferente granulometría.
17. **Balizas de Ablación:** son estacas de madera de 2 m. de alto que se integran una a otra a través de amarres en sus extremos con alambres delgados. La unión de estas pueden tener de 8 a 12 m. de largo que se introducen en perforaciones hechas en la superficie glaciar y que sirven para medir periódicamente durante un año el espesor de hielo que se ha derretido en la zona de ablación.
18. **Batimetría:** se realiza a fin de determinar el volumen y morfología del fondo de lagos, ríos, puertos y océanos. Se utiliza un equipo de posicionamiento GPS y un eco sonda digital con recolección de datos. Con la ayuda de un bote, se emite la eco sonda y por rebote de ondas se determina las profundidades y volúmenes respectivos.
19. **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 Km<sup>2</sup>).
20. **Bloques Erráticos:** son los bloques transportados por las corrientes de hielo y dejadas muy lejos de los glaciares.
21. **Bofedal:** es un humedal de altura y se considera una pradera nativa poco extensa con permanente humedad.
22. **Caliza:** roca sedimentaria, formada por la precipitación del carbonato de calcio de los fondos marinos.
23. **Cambio Climático:** cambio observado en el clima a escala global, regional o subregional, causado por procesos naturales y/o inducidos por el hombre.
24. **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.
25. **Cárcava:** surcos formados por el movimiento de las aguas provenientes de lluvias torrenciales, alcanzando algunas veces proporciones espectaculares en los terrenos inclinados.
26. **Circo Glaciar:** cuenca excavada por un glaciar, generalmente con paredes escarpadas en la cabecera.
27. **Colina:** término usado para señalar pequeñas elevaciones de terreno con pendientes suaves.
28. **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.
29. **Cordillera:** cadena de montañas que presentan una orientación definida, siguiendo una estructura geológica principal.
30. **Cuenca:** estructura geológica cóncava. Depresión de la tierra donde se realiza la sedimentación.

Año Del Buen Servicio al Ciudadano

31. Dacita: roca ígnea volcánica, ácida, equivalente de la granodiorita, tiene textura afanítica.
32. 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.
33. 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.
34. Depósito Fluvial: están constituidos por sedimentos que se acumulan a partir de la actividad de los ríos y los procesos de deslizamiento.
35. 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.
36. Depósitos Glaciar: material depositado y acumulado por los glaciares, tales como las morrenas, los tills, los kames, los drumlins y los eskers. El depósito glaciar se caracteriza por la gran heterogeneidad de sus fragmentos tanto en la forma como en el tamaño.
37. Depósito Lacustrino: depósitos acumulados en un ambiente lagunar, cuya presencia se encuentra restringida en algunas zonas.
38. Deslizamiento: pérdida de estabilidad, que puede ser por saturación de agua, presencia de materiales arcillosos que actúan como lubricantes, fuertes inclinaciones de las vertientes u otras causas.
39. Desprendimiento (CALVING): proceso de desprendimiento de bloques de hielo de los bordes de un glaciar. Esto ocurre generalmente cuando un glaciar termina en una masa de agua.
40. Detritus: partículas o fragmentos desagregados de otras rocas.
41. Diorita: roca ígnea plutónica de textura granular constituida por plagioclasas y ferromagnesianos, contiene cuarzo hasta 5%.
42. Dique: es una construcción para evitar el paso del agua. Puede ser natural o construido por el hombre; de tierra, mampostería de piedra, u hormigón; y tanto paralelo como perpendicular al curso del río o al borde del mar.
43. Domo: estructura geológica de forma de una semiesfera, dando lugar a una montaña redondeada, producto de la erosión de rocas masivas.
44. Drenaje: trazo efectuado por las aguas de escorrentía o fluviales que modelan el paisaje.
45. Drumlins: montículos redondeados, generalmente de tilita depositada debajo del glaciar y alargada paralelamente en la dirección del flujo.
46. Ecosistema: vivencia de animales y plantas en comunidad, combinación y asociación con los factores medio ambientales.

Año Del Buen Servicio al Ciudadano

47. 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.
48. Espejo de Agua: es el nivel de la superficie del cuerpo de agua.
49. Esquisto: producto del metamorfismo de las rocas volcánicas de textura afanítica o de las rocas sedimentarias de grano fino. Generalmente presentan estructuras bandeadas.
50. Esquistos micáceos: esquisto de alto grado de metamorfismo, contiene micas (muscovita) y nódulos calcáreos y silíceos.
51. Estrías Glaciares: se encuentran en superficies de rocas que han sido aisladas por la acción erosiva del hielo en aquellas regiones afectadas en el pasado o en el presente por la deglaciación local o continental.
52. Falla: desplazamiento de un bloque rocoso con respecto a otro. Son producto de esfuerzos tectónicos. Una falla ocasiona discontinuidad de las estructuras geológicas.
53. Fenómeno "EL NIÑO": fenómeno oceánico atmosférico caracterizado por el calentamiento de las aguas superficiales del Océano Pacífico ecuatorial, frente a las costas de Ecuador y Perú, con abundante formación de nubes cumuliformes principalmente en la región tropical (Ecuador y Norte del Perú), con una intensa precipitación y cambios ecológicos marinos y continentales.
54. Filitas: producto del metamorfismo intenso de las arcillas y lutitas.
55. 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.
56. Frente glaciar: constituye el límite inferior de un glaciar, cuyo control de medición representa la magnitud del retroceso glaciar anual.
57. Geodinámica: estudia los fenómenos geológicos que provocan modificaciones en la superficie terrestre por acción de los esfuerzos tectónicos internos (geodinámica interna) o esfuerzos externos (geodinámica externa).
58. 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.
59. Glaciación: proceso geológico de formación de glaciares en una determinada región y en diversas épocas de la historia de la tierra.
60. Glaciar: es un cuerpo constituido de hielo y nieve ubicado en las cabeceras de cuencas 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.
61. Glaciar Blanco: es la parte del glaciar que está cubierta de nieve sin ninguna partícula, guijarro o polvo que la oscurezca.
62. Glaciar Colgado: glaciar generalmente pequeño que se encuentra adherido a las cumbres de los glaciares y que significan peligros glaciológicos.

Año Del Buen Servicio al Ciudadano

63. Glaciar Muerto: están cubiertos por una importante “morrena de ablación”, sin tener casi alimentación en su parte superior; razón por la que se inmovilizan y comienzan a mermarse lentamente por toda su superficie; quedando al final una capa más o menos uniforme de detritos, y no formando en ningún caso un arco morrénico.
64. Glaciar Negro: es el glaciar que está cubierto por guijarros, polvo y rocas que oscurece al hielo que se encuentra bajo estas impurezas, no siempre es posible distinguir un glaciar de rocas o negro.
65. Gneis: roca metamórfica producto de la recristalización de las rocas ígneas sedimentarias o de las mismas metamórficas. Presenta textura bandeada.
66. Granito: roca ígnea plutónica, ácida. Formada principalmente por cuarzo, feldespato, plagioclasa y mica. Textura fanerítica.
67. Granodiorita: roca ígnea plutónica, textura fanerítica o granular.
68. 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.
69. Grietas Chevron (Sardineta): serie de grietas a lo largo de los bordes de un glaciar, producidos generalmente por una combinación de flujo compresivo y fricción lateral.
70. Horn: pico alto, subpiramidal, con taludes pronunciados formado por la intersección de varios circos glaciares, que se deshuelan coetáneamente.
71. Hornfels: roca metamórfica de grano fino, producto del metamorfismo de contacto a temperaturas por encima de 650°C.
72. 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.
73. Ignimbritas: tobas incandescentes, reconsolidadas en el lugar por efecto de la plasticidad de los minerales y por la acción de los gases.
74. Intrusión: penetración de rocas ígneas plutónicas o volcánicas entre rocas pre-existentes.
75. Inundación: terreno aledaño al cauce de un río, que es cubierto por las aguas después de una creciente.
76. Lahares: depósitos de flujo volcánico-glaciar poco consolidado.
77. 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.
78. Lengua glaciar: es la superficie de un glaciar dentro de la cuenca glaciar, que tiene forma de una lengua. El área superior es la zona de acumulación y su tramo inferior más angosto es la zona de ablación.
79. Limolita: roca compuesta por fragmentos de limo, consolidados y diagenizados. Es de origen sedimentario, clástico.
80. 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,

Año Del Buen Servicio al Ciudadano

teniendo una cota variable de acuerdo a las condiciones climáticas, como resultado las pérdidas de masa anuales varían con esta línea.

81. Lodolitas: Roca formada por la consolidación de partículas finas, arcillas de color gris oscuro, a veces verdoso.
82. Lutita: roca formada por la consolidación de partículas muy finas (arcillas).
83. Macizo rocoso: es el conjunto de los bloques de matriz rocosa y de discontinuidades.
84. Mapa de Peligros: representación gráfica de una determinada área del territorio, que se encuentra expuesta a la probabilidad de ocurrencia de un peligro(s) de origen natural o inducidos por el hombre.
85. Margas: Es una roca calcárea compuesta por minerales de calcita y arcilla.
86. Meridional: punto cardinal más conocido como Sur o también Austral.
87. Meseta: superficie topográfica acentuadamente plana y que se halla bastante elevada con respecto a los terrenos aledaños.
88. Meteorización: conjunto de factores externos que intervienen sobre una roca produciendo alteraciones mecánicas y químicas.
89. Micaesquisto: producto del metamorfismo de las rocas ígneas volcánicas con alto contenido de micas, cuarzo y feldspatos o de otras rocas sedimentarias que contienen estos minerales.
90. Mineralización: proceso mediante el cual los minerales son introducidos en la roca, dando como resultado la formación de yacimientos minerales de rendimiento económico.
91. Mitigación: reducción de los efectos de un desastre, principalmente disminuyendo la vulnerabilidad.
92. Monitoreo: proceso de observación y seguimiento del desarrollo y variaciones de un fenómeno, ya sea instrumental o visualmente, y que podría generar un desastre.
93. Montaña: gran elevación natural del terreno, constituida por una agrupación o cadena de cerros. La Orogénesis es la parte de la geología que estudia el origen y formación de las montañas.
94. Morfogénesis: es el estudio del origen, desarrollo y evolución de las formas de los paisajes terrestres.
95. Morrena: depósito glaciar heterogéneo en cuanto a forma y tamaño de los fragmentos, apilados a lo largo de los costados y frente de un glaciar o debajo de este. Marca la separación de hielo sucio.
96. Morrena de Fondo: escombros rocosos depositados en el lecho del glaciar.
97. Morrena Lateral: morrena formada en el extremo o borde de un glaciar. Está constituida por derrubios, parte de los cuales cayeron como un talud procedente de las laderas montañosas, mientras que la otra habiendo sido arrastrados dentro del hielo, volvieron a la superficie por deslizamiento o fusión superficial (ablación).
98. Morrena Terminal: es una cresta de escombros al frente del glaciar, marcando su máximos avance o posición de reavance.

Año Del Buen Servicio al Ciudadano

99. Nevado: es una 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.
100. Nódulo: concreciones que se forman en las rocas sedimentarias por acumulación de ciertas sustancias. Adquieren formas características tales como lentejas, riñones, bolas, etc.
101. Obras de Seguridad: son obras que se ejecutan para garantizar la seguridad ante posibles sobre oleajes en las lagunas, por ejemplo: diques, canales y conductos de desagüe, etc.
102. Oleada (SURGE): movimientos muy rápidos y periódicos de grandes masas de hielo en un glaciar, alternados con largos periodos de estancamiento.
103. Pelita: roca criptocristalina de origen sedimentario, clástico, formado por partículas muy finas, arcillas, lodos, fangos, etc.
104. Peligro: probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural o inducido por el hombre, potencialmente dañino, para un periodo específico y una localidad o zona conocidas. Se identifica, en la mayoría de los casos, con el apoyo de la ciencia y tecnología.
105. 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.
106. Permafrost: son suelos congelados que se forman por efecto de las temperaturas negativas en las regiones periglaciares y que constituyen una reserva importante de agua para las cabeceras de las cuencas hidrográficas.
107. Pirita: Mineral 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"
108. 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.
109. 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.
110. 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.
111. Planicie: extensión de terreno más o menos plana donde los procesos de agradación superan a los de degradación.
112. Plegamiento: deformación de las rocas estratificadas, debido a los esfuerzos de compresión, a las propiedades plásticas de éstas, tomando formas onduladas.
113. Plutón: afloramiento de roca ígnea, plutónica o volcánica de extensiones menores que el batolito.

Año Del Buen Servicio al Ciudadano

114. Polimíctico: Roca sedimentaria derivada de varios tipos de rocas, es decir que los depósitos provienen de dos o más fuentes.
115. Pórfido: roca ígnea con minerales desarrollados.
116. Presa de regulación: es una barrera fabricada de piedra, hormigón o materiales sueltos, que se construye habitualmente en una cerrada o desfiladero sobre un río o arroyo. Con la finalidad de embalsar el agua en el cauce fluvial para derivarla mediante canalizaciones de riego, en eliminación de avenidas (evitar inundaciones de aguas debajo de la presa) o para la producción de energía.
117. Prevención: conjunto de actividades y medidas diseñadas para proporcionar protección permanente contra los efectos de un desastre.
118. Relieve Colinoso: es una elevación natural del terreno con desnivel inferior a 300 m, cuyas laderas con pendientes suaves, se inclinan en promedio con valores superiores a 16% de pendiente.
119. Relieve Montañoso: se define como una gran elevación natural del terreno y es la modificación de la superficie que propician las montañas. El relieve montañoso es de diverso origen: principalmente de origen tectónico, así como de origen erosivo y sedimentario, con más de 300 metros de desnivel, cuya cima puede ser aguda, sub aguda, semi redondeada, redondeada o tabular y cuyas laderas regulares, irregulares a complejas, presentan un declive promedio superior al 30%.
120. Remoción en masa: acción geológica de los agentes erosivos (agua, viento, hielo, gravedad, etc.) de remover los materiales de la superficie terrestre para posteriormente transportarlos a otro lugar.
121. 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 por el retroceso de los frentes glaciares.
122. Riesgo: es la exposición a una situación donde hay una posibilidad de sufrir un daño o de estar en peligro. Vulnerabilidad o amenaza a que ocurra un evento y sus efectos sean negativos y que alguien o algo puedan verse afectados por él.
123. Riodacita: roca ígnea volcánica intermedia entre riolita y dacita.
124. Roca Ígnea: roca formada a partir de la consolidación del magma (rocas intrusivas y volcánicas)
125. Roca Sedimentaria: roca formada por la consolidación y litificación de materiales originados a partir de una roca pre existente.
126. Roca Metamórfica: roca resultante de las transformaciones ocurridas en los minerales y en rocas pre-existentes, por acción del proceso de metamorfismo.
127. 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.
128. Septentrional: punto cardinal más conocido como Norte o también boreal.
129. Sinclinal: es un pliegue de tipo cóncavo que generalmente forma una depresión sobre la cual se ubican los valles subsecuentes.

Año Del Buen Servicio al Ciudadano

130. Sismología: ciencia que estudia el origen, intensidad y todos los aspectos y efectos relacionados con los temblores y terremotos.
131. Sobreescurrecimientos: Falla inversa de bajo ángulo donde una formación más antigua sobreyace sobre una formación más joven.
132. Stocks: estructura geológica masiva de material magmático, generalmente plutónico, cuyo afloramiento en la superficie terrestre abarca extensiones mayores de 10 Km<sup>2</sup> y menores de 100 Km<sup>2</sup>.
133. Susceptibilidad: Definida como una medida relativa de probabilidad de ocurrencia o inicio de un peligro desde un sitio determinado, basada en las características y propiedades intrínsecas de aquel lugar. Tiene una relación inversa con la estabilidad, es decir, a mayor susceptibilidad, menor estabilidad del territorio y viceversa.
134. Terraza: superficie más o menos plana, horizontal o levemente inclinada, generalmente limitada por dos declives pronunciados. Las terrazas pueden ser terrazas de erosión o terrazas de sedimentación o compuestas.
135. Textura Afanítica: textura de las rocas constituidas por minerales o partículas muy finos que sólo pueden ser discriminados al microscopio.
136. Textura Porfirítica: minerales desarrollados sobresalientes dentro de una masa fina microgranular.
137. Till (Tillita): material glaciar que no muestra estratificación o más bien de estratificación oscura y de carácter irregular.
138. Toba: roca ígnea volcánica, producto de la consolidación de los materiales piroclásticos con material sedimentario. Contiene muchos poros.
139. Tonalita: roca ígnea plutónica intermedia, minerales esenciales: plagioclasas, cuarzo (menos de 10%), anfíboles, biotita. Se usa como roca ornamental.
140. Traquiandesitas: roca ígnea volcánica, intermedia entre traquita y andesita.
141. Traquidacitas: roca ígnea volcánica intermedia entre traquita y dacita.
142. 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.
143. Valle: depresión de los terrenos de forma longitudinal, de muchos kilómetros de extensión y sobre cuyos fondos (lechos fluviales) discurren los ríos.
144. Valle en forma de "U": valle que muestra en su perfil la forma de una U, labrada por erosión de los glaciares antiguos.
145. Yeso: mineral sedimentario, es incoloro, transparente, blanco gris amarillento. Dureza 2 en escala de Mohs, ligero, no elástico.
146. Zona de Ablación: es la zona donde no hay acumulación de nieve y donde la superficie de hielo se ablaiona o derrite durante parte del año y constituye la pérdida de masa del glaciar expresada en equivalente de m<sup>3</sup> de agua al año.
147. Zona 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 equivalente de m<sup>3</sup> de agua al año.



Año Del Buen Servicio al Ciudadano

## SIGLAS

1. INAIGEM: Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña.
2. INGEMMET: Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico.
3. IGN: Instituto Geográfico Nacional
4. MINAM: Ministerio del Ambiente
5. ONERN: Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales
6. ANA: Autoridad Nacional del Agua
7. UGRH: Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos
8. CENEPRED: Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres
9. INDECI: Instituto Nacional de Defensa Civil
10. WGS: World Geodetic System
11. ELA: Altitud de la Línea de Equilibrio
12. GLIMS: Global Land Ice Measurements from Space (Consortio Internacional establecido para adquirir imágenes de satélites de los glaciares del mundo)
13. UTM: United States Geological Survey (Servicio Geológico de los Estados Unidos)
14. USGS: United States Geological Survey (Servicio Geológico de los Estados Unidos)
15. ASTER: Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer
16. SRTM: Shuttle Radar Topography Mission
17. SIG: Sistemas de Información Geográfica
18. PALSAR: Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar
19. ALOS: Advanced Land Observation Satellite
20. DEM: Modelos digital de elevación
21. Ma: Millones de años antes de ahora.
22. Max: máximo
23. Min: mínimo